Ayuda a personas mayores con un robot social: Estimulación cognitiva

por

Esther Salichs San José

Tesis depositada en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de Doctor en

Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática

Universidad Carlos III de Madrid

Directores:

Prof. Miguel Ángel Salichs Sánchez-Caballero
Prof. María Ángeles Malfaz Vázquez

Tutor:

Prof. Miguel Ángel Salichs Sánchez-Caballero

Octubre, 2019

Esta tesis se distribuye bajo licencia "Creative Common **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**".

La aventura de la vida es aprender.
El objetivo de la vida es crecer.
La naturaleza de la vida es cambiar.
El desafío de la vida es superarse.
La esencia de la vida es cuidar.
El secreto de la vida es atreverse.
La belleza de la vida es dar.
La alegría de la vida es amar.

-William Waed-

AGRADECIMIENTOS

A mis directores de tesis, sin los cuales esto no hubiese sido posible. María, gracias por tu esfuerzo y paciencia en este largo pero bonito camino.

A mi padre, porque has sido mi guía tanto en lo personal como en lo laboral. Sé que no siempre es fácil mezclar los roles, pero creo que al final todo el esfuerzo ha dado su fruto.

A mi madre, la cual me aguanta todo los días y es la que mejor conoce cuánto me ha costado el trabajo de estos años. Muchas gracias por toda tu paciencia, cariño y mimos.

A Alex, porque estás ahí en las buenas y en las malas. Porque sabes sacarme una sonrisa sea cual sea el momento. Porque me has ayudado hasta la saciedad y porque eres el mejor. Te quiero peque.

A mi familia, mi hermano Juan, mi tía, Vilma, Ara ... y por supuesto, a mi ángel de la guarda que sé que me está viendo esté donde esté.

A mis amigos Dani, Richi, Patri e Isa. Porque me aguantáis después de todo este tiempo y siempre se agradece pasar el tiempo con vosotros. A Reyes, por todos estos años de sudor, carreras, pesas, charlas y muchos buenos momentos.

Y a mis compañeros y amigos, Edwin y Juanmi, por todos esos cafés que hemos compartido contándonos nuestras penas y alegrías. Chicos, ¡que lo hemos conseguido!

CONTENIDOS PUBLICADOS Y PRESENTADOS

Publicaciones en revistas

1. M. A. Salichs, I. P. Encinar, **E. Salichs**, A. Castro-González and M. Malfaz. Study of Scenarios and Technical Requirements of a Social Assistive Robot for Alzheimer's Disease Patients and Their Caregivers. *International Journal of Social Robotics*,vol: 8, number: 1, pages: 85-102. 2016. DOI: 10.1007/s12369-015-0319-6. **JCR-2018: 2.559**; **Q1** in Computer Science (miscellaneous).

   **El material de esta fuente ha sido parcialmente incluido en esta tesis en el Capítulo 4. El material de esta fuente incluido en la tesis está señalado por medios tipográficos y una referencia explícita.*

Publicaciones en congresos

1. **E. Salichs**, E. Fernandez, J.C. Castillo, A. Castro-Gonzalez, M. Malfaz, M.A. Salichs. A social robot assisting in cognitive stimulation therapy. 16th International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems. Toledo (Spain). Wednesday, 20 June, 2018. **1st Prize** of the IBM Award of Scientific Excellence to the Best Demostration.

   **El material de esta fuente ha sido parcialmente incluido en esta tesis en los Capítulos 5 y 6. El material de esta fuente incluido en la tesis no está señalado por medios tipográficos ni referencias.*

2. **E. Salichs**, M. Malfaz, J.C. Castillo, E. Fernandez, M.A. Salichs. Ayuda a personas mayores mediante robots sociales. Jornadas Nacionales de Robótica 2018. Valladolid (Spain). 14-15 June 2018.

   **El material de esta fuente ha sido parcialmente incluido en esta tesis en los Capítulos 4, 5 y 8. El material de esta fuente incluido en la tesis no está señalado por medios tipográficos ni referencias.*

3. E. Fernández, A. Castro-González, J.C. Castillo, M.A. Salichs, **E. Salichs**. Diseño de la Interacción Multimodal Basado en Actos Comunicativos Modulares en Robots Sociales. Jornadas Nacionales de Robótica 2018. Valladolid (Spain). 14-15 June 2018.

   **El material de esta fuente no ha sido incluido en esta tesis.*

4. M.A. Salichs, F. Alonso, M. Malfaz, J.C. Castillo, **E. Salichs**, A. Castro-Gonzalez, M. Maroto, J. Alcocer, E. Fernandez. Imteracción humano-robot en el proyecto ROBSEN. Jornadas Nacionales de Robótica 2017. Valencia (Spain). Thursday, 11 May, 2017

   **El material de esta fuente no ha sido incluido en esta tesis.*

5. **E. Salichs**, A. Castro-Gonzalez, M. Malfaz, M.A. Salichs. Mini: A Social Assistive Robot For People With Mild Cognitive Impairment. New Friends 2016. The 2nd international conference on social robots in therapy and education. Barcelona (Spain). 2-4 November 2016.

   **El material de esta fuente ha sido parcialmente incluido en esta tesis en el Capítulo 4. El material de esta fuente incluido en la tesis está señalado por medios tipográficos y una referencia explícita.*

6. R. Pérula-Martínez, **E. Salichs**, I. P. Encinar, A. Castro-González and M. A. Salichs. Improving the Expressiveness of a Social Robot through Luminous Devices. 10th ACM/IEE International Conference on Human-Robot Interaction. Portland (USA). Tuesday, 3 March, 2015.

   **El material de esta fuente ha sido parcialmente incluido en esta tesis en el Capítulo 4. El material de esta fuente incluido en la tesis está señalado por medios tipográficos y una referencia explícita.*

7. M. A. Salichs, **E. Salichs**, I. P. Encinar, A. Castro-González and M. Malfaz. Estudio de escenarios de uso para un robot social asistencial para enfermos de Alzheimer. Jornadas Nacionales de Automática 2014. Valencia (Spain). Wednesday, 3 September, 2014

   **El material de esta fuente ha sido parcialmente incluido en esta tesis en el Capítulo 4. El material de esta fuente incluido en la tesis no está señalado por medios tipográficos ni referencias.*

8. M. A. Salichs, A. Castro-González, I. P. Encinar, **E. Salichs** and M. Malfaz. A First Study on Applications of Social Assistive Robots for Alzheimer's Disease Patients and Their Caregivers. Workshop: Socially assistive robots for the aging population: Are we trapped in stereotypes? ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Bielefeld (Germany). 2014.

   **El material de esta fuente ha sido parcialmente incluido en esta tesis en el Capítulo 4. El material de esta fuente incluido en la tesis no está señalado por medios tipográficos ni referencias.*

Resumen

Los países desarrollados se enfrentan a un envejecimiento progresivo de la población, debido al descenso de la tasa de natalidad y al aumento de la esperanza de vida. En estas sociedades, asegurar el bienestar de un porcentaje muy elevado de personas mayores plantea grandes problemas económicos y sociales. Además, gran parte de estos mayores desean alargar en la medida de lo posible su vida independiente, residiendo en sus propios domicilios. Para hacer frente a este reto, las ayudas tecnológicas pueden ser de gran ayuda, y entre estas se encuentran los robots sociales. Teniendo en cuenta esto, los dos objetivos principales de esta tesis fueron: definir las características y funcionalidades de un robot social para ayudar a mayores con un deterioro cognitivo leve en sus propios domicilios, y desarrollar un programa terapéutico de estimulación cognitiva con el robot.

De cara al desarrollo de esta terapia, se hizo necesario un análisis de los principales métodos ya existentes, y de las ventajas y desventajas que podía suponer el uso de un robot para ese fin. La estimulación cognitiva con robots es una técnica muy novedosa, que presenta algunas ventajas importantes respecto a las técnicas empleadas en la actualidad. En particular, destaca el hecho de poder llevar a cabo la estimulación en el propio domicilio de la persona mayor y poder distribuirse en el tiempo, intercalándola con otras actividades, como pueden ser actividades de entretenimiento. Esto contrasta con las técnicas tradicionales, en las que se suele concentrar la estimulación en unos pocas sesiones cada semana realizadas fuera del domicilio del mayor.

Dado que cada persona mayor tiene gustos y capacidades diferentes, los desarrollos llevados a cabo en el robot se han hecho de forma que permitan un alto grado de adaptación a las particularidades de cada usuario. Esta adaptación la realiza de forma remota personal especializado en asistencia geriátrica. Para facilitar esta labor, el robot almacena información relevante de las actividades que la persona mayor realiza con él, en particular las relacionadas con la estimulación cognitiva, a fin de que los terapeutas puedan monitorizar la evolución del usuario y ajustar en base a ellas el comportamiento del robot.

El que la estimulación cognitiva pueda realizarse de forma distribuida, y no concentrada en unas pocas sesiones como se hace tradicionalmente, ha hecho necesario definir un método novedoso para pautar la terapia. Los resultados de esta tesis han sido evaluados por personal especializado en asistencia a personas mayores, y han sido probados con personas mayores en diversos centros geriátricos.

Abstract

Developed countries face to a progressive ageing of their population, due to a decrease of the birth rate and an increase of the life expectancy. In these societies, assuring the wellness of a high percentage of elderly people raises economic and social issues. In addition, most of the elderly people want to extend as much as possible their independent lifestyle, living in their own homes. To deal with this challenge, technological aids, in which social robots are included, can be very helpful. Taking into account this fact, the two main objectives of this doctoral thesis are to define the features and functionalities that a social robot has to have to help elderly people with mild cognitive impairment in their homes, and to develop a therapeutic program based on cognitive stimulation with the robot.

Regarding the therapy development, it was necessary to analyze the principal existing methods and the advantages and disadvantages of using a robot for that purpose. Cognitive stimulation with robots is a very novel technique, and presents some important advantages with respect to other techniques used nowadays.

In particular, a remarkable advantage is the capability of doing the stimulation in-situ at the patient's home and time-distributed, interspersing the stimulation with other activities (e.g. leisure activities). This fact opposes with the traditional therapies, where the stimulation tends to be concentrated in a few sessions during the week, and out of patient's home.

Taking into account that every person has different preferences and capabilities, the robot features developed have been designed so that they allow a high grade of adaptation to the user capabilities. This adaptation is done remotely by personnel specialized in geriatric care. To facilitate this task, the robot collects relevant information about the activities done with the patient, in particular those related with cognitive stimulation, allowing the therapist to track the user's evolution and to adjust the robot's behavior based on that evolution.

The fact that cognitive stimulation can be done in a distributed way, instead of concentrating it in a few sessions as traditionally, has made necessary to define a groundbreaking method to set up the therapy. The results of this thesis have been evaluated by personnel specialized in geriatric care, and have been tested with elderly people in some geriatric centers.

Índice general

Agradecimientos **iii**

Contenidos publicados y presentados **v**

Resumen **vii**

Abstract **ix**

Índice general **xi**

Índice de tablas **xix**

Índice de figuras **xxi**

Lista de acrónimos **xxv**

1 Introducción **1**

1.1 Contexto actual 1

1.2 Objetivos de la tesis 5

1.3 Estructura de la tesis 7

2 Estimulación Cognitiva **9**

2.1 Introducción 9

2.2 Estimulación cognitiva 10

2.2.1 Estudios de la eficacia de la estimulación cognitiva 13

2.3 Funciones cognitivas 13

2.3.1 Atención 14

2.3.2 Percepción y reconocimiento (Gnosias) 16

2.3.3 Memoria 17

2.3.4 Lenguaje 19
2.3.5 Praxias 20
2.3.6 Orientación espacio tiempo personal 21
2.3.7 Cálculo 21
2.3.8 Funciones ejecutivas: razonamiento, abstracción, planificación y ejecución . 22
2.4 Técnicas de estimulación cognitiva 23
2.4.1 Métodos tradicionales 23
2.4.2 Métodos informáticos 29
2.5 Otras terapias no farmacológicas 36
2.5.1 Terapia de orientación a la realidad (OR) 36
2.5.2 Terapia de reminiscencia 38
2.5.3 Terapia comportamental 40
2.5.4 Terapia de validación 40
2.6 Resumen 40

3 Robots sociales para personas mayores 43
3.1 Introducción 43
3.2 Configuración de los robots 44
3.2.1 Morfología 46
3.3 Principales funcionalidades implementadas 49
3.4 Robots sociales existentes 52
3.4.1 Robots móviles 52
3.4.2 Robots de sobremesa 62
3.4.3 Robots abrazables 67
3.5 Resumen 70

4 El robot Mini 71
4.1 Introducción 71
4.2 Definición y análisis de especificaciones 72
4.2.1 Metodología 72
4.2.2 Reuniones 74
4.2.3 Escenarios propuestos 78
4.2.4 Discusión y definición de requisitos 84
4.2.5 Estudio de los escenarios con cuidadores 95
4.3 Primer prototipo 99
4.3.1 Arquitectura hardware del prototipo 99

4.3.2 Arquitectura software del prototipo 102
4.4 Pruebas preliminares con usuarios 104
4.4.1 Metodología 105
4.4.2 Cuestionarios preliminares 107
4.4.3 Sesiones 113
4.5 Versión actual del robot Mini 119
4.5.1 Hri Manager 120
4.5.2 Skills o Habilidades 121
4.5.3 Sistema de Toma de Decisiones (DMS) 122
4.6 Resumen 123

5 Propuesta de un programa terapéutico de estimulación cognitiva 125
5.1 Introducción 125
5.2 Análisis de los métodos existentes de estimulación cognitiva 126
5.2.1 Estimulación tradicional 126
5.2.2 Programas informáticos 127
5.2.3 Estimulación con robots 128
5.3 Estimulación cognitiva con el robot Mini 132
5.3.1 Ejercicios de estimulación cognitiva 132
5.3.2 Definición de tratamiento 133
5.4 Requisitos técnicos y de interacción del programa de estimulación 135
5.4.1 Requisitos técnicos 136
5.4.2 Requisitos de la interacción 137
5.5 Propuesta de ejercicios a implementar 138
5.5.1 Orientación temporo espacial 138
5.5.2 Atención 138
5.5.3 Percepción (Gnosias) 138
5.5.4 Memoria 139
5.5.5 Función ejecutiva 140
5.5.6 Cálculo 141
5.5.7 Lenguaje 141
5.6 Resumen 141

6 Implementación del programa terapéutico de estimulación cognitiva 143
6.1 Introducción 143
6.2 Gestor principal 144

6.2.1 Gestión del tratamiento 148
6.3 Gestor de Sesiones 150
6.3.1 Gestión del tratamiento 154
6.4 Ejecutor de Ejercicios 155
6.4.1 Ejercicio tipo *show_info* 156
6.4.2 Ejercicio tipo *question* 156
6.5 Mensajes de las habilidades 162
6.5.1 Activación de las habilidades (*Goal*) 163
6.5.2 Realimentación de las habilidades (*Feedback*) 163
6.5.3 Resultado de las habilidades (*Result*) 165
6.6 Datos registrados 167
6.7 Estructura Ejercicios V1 168
6.7.1 Cabecera 169
6.7.2 *Ítem* de tipo *show_info* 170
6.7.3 *Ítem* de tipo *question* 170
6.7.4 Limitaciones del modelo planteado 175
6.8 Estructura Ejercicios V2 176
6.8.1 Cabecera 178
6.8.2 *Ítem* 178
6.9 Resumen 184

7 Repertorio de ejercicios implementados 185
7.1 Introducción 185
7.2 Orientación temporal 186
7.2.1 Desarrollo del ejercicio 186
7.2.2 Características del ejercicio 186
7.3 Atención 1: Detectar imagen 187
7.3.1 Desarrollo del ejercicio 187
7.3.2 Características del ejercicio 188
7.4 Atención 2: Detectar color 189
7.4.1 Desarrollo del ejercicio 189
7.4.2 Características del ejercicio 189
7.5 Percepción 1: Emociones del robot 190
7.5.1 Desarrollo del ejercicio 190
7.5.2 Características del ejercicio 191

7.6 Percepción 2: Colores del corazón 192
7.6.1 Desarrollo del ejercicio 192
7.6.2 Características del ejercicio 192
7.7 Percepción 3: Reconocer sonidos animales 193
7.7.1 Desarrollo del ejercicio 193
7.7.2 Características del ejercicio 194
7.8 Percepción 4: Movimientos Mini 195
7.8.1 Desarrollo del ejercicio 196
7.8.2 Características del ejercicio 196
7.9 Percepción 5: Formas y colores 197
7.9.1 Desarrollo del ejercicio 197
7.9.2 Características del ejercicio 197
7.10 Memoria 1: Recordar palabras 198
7.10.1 Desarrollo del ejercicio 198
7.10.2 Características del ejercicio 199
7.11 Memoria 2: Monumentos 201
7.11.1 Desarrollo del ejercicio 201
7.11.2 Características del ejercicio 201
7.12 Memoria 3: Comidas regionales 202
7.12.1 Desarrollo del ejercicio 202
7.12.2 Características del ejercicio 203
7.13 Memoria 4: Objetos de profesiones 204
7.13.1 Desarrollo del ejercicio 204
7.13.2 Características del ejercicio 205
7.14 Memoria 5: Movimientos Mini 206
7.14.1 Desarrollo del ejercicio 206
7.14.2 Características del ejercicio 206
7.15 Función ejecutiva 1: Encuentra el diferente 207
7.15.1 Desarrollo del ejercicio 208
7.15.2 Características del ejercicio 208
7.16 Función ejecutiva 2: Refranes 209
7.16.1 Desarrollo del ejercicio 209
7.16.2 Características del ejercicio 210
7.17 Función ejecutiva 3: Secuencias 211
7.17.1 Desarrollo del ejercicio 211

7.17.2 Características del ejercicio 211
7.18 Cálculo 1: Operaciones simples 212
7.18.1 Desarrollo del ejercicio 212
7.18.2 Características del ejercicio 212
7.19 Cálculo 2: Operaciones mixtas 213
7.19.1 Desarrollo del ejercicio 213
7.19.2 Características del ejercicio 213
7.20 Cálculo 3: Operaciones aplicadas 214
7.20.1 Desarrollo del ejercicio 214
7.20.2 Características del ejercicio 215
7.21 Cálculo 4: Cálculo de dinero 216
7.21.1 Desarrollo del ejercicio 216
7.21.2 Características del ejercicio 217
7.22 Lenguaje 1: Palabras relacionadas 218
7.22.1 Desarrollo del ejercicio 218
7.22.2 Características del ejercicio 219
7.23 Lenguaje 2: Completar palabras 221
7.23.1 Desarrollo del ejercicio 221
7.23.2 Características del ejercicio 221
7.24 Resumen 223

8 Pruebas con usuarios 225
8.1 Introducción 225
8.2 Pruebas preliminares de la sesión 226
8.2.1 Procedimiento 226
8.2.2 Método de evaluación 228
8.2.3 Resultados 228
8.3 Estudio de usabilidad y aceptación 231
8.3.1 Participantes 232
8.3.2 Procedimiento 232
8.3.3 Método de evaluación 233
8.3.4 Resultados del estudio de aceptación 235
8.3.5 Resultados del estudio de usabilidad 240
8.3.6 Conclusiones 243
8.4 Resumen 245

9 Conclusiones y trabajos futuros **247**
9.1 Resumen del trabajo 247
9.2 Aportaciones 249
9.3 Trabajos futuros 252

Apéndice A Cuestionarios utilizados durante las pruebas **255**
A.1 Cuestionarios para pruebas preliminares 2015 255
A.1.1 Cuestionario de actitud ante nuevas tecnologías 255
A.1.2 Cuestionario sobre los atributos de los robots generales 256
A.1.3 Cuestionario sobre la opinión de los escenarios propuestos 257
A.2 Cuestionarios para pruebas preliminares 2017 259
A.2.1 Cuestionario de actitud ante nuevas tecnologías 259
A.2.2 Cuestionario sobre la sesión 259
A.2.3 Goodspeed reducido 261
A.3 Cuestionarios para pruebas de usabilidad y aceptación 262

Bibliografía **269**

Índice de tablas

Tabla **Página**

4.1 Escenarios definidos 85
4.2 Principales requisitos técnicos de los escenarios y sus limitaciones 86
4.3 Principales limitaciones y preocupaciones éticas y sociales de los escenarios definidos . . 87
4.4 Principales requisitos de cada escenario definido 90

5.1 Ventajas y desventajas de los métodos informáticos frente a los métodos tradicionales de estimulación cognitiva 129
5.2 Ventajas y desventajas del uso de robots en programas de estimulación cognitiva frente a los métodos informáticos existentes 131

7.1 Parámetros variables del ejercicio Orientación temporal según el nivel. 187
7.2 Parámetros variables del ejercicio Atención 1 según el nivel. 188
7.3 Parámetros variables del ejercicio Atención 2 según el nivel. 190
7.4 Parámetros variables del ejercicio Percepción 1 según el nivel. 191
7.5 Parámetros variables del ejercicio Percepción 2 según el nivel. 193
7.6 Parámetros variables del ejercicio Percepción 3 según el nivel. 195
7.7 Parámetros variables del ejercicio Percepción 4 según el nivel. 196
7.8 Parámetros variables del ejercicio Percepción 5 según el nivel. 198
7.9 Parámetros variables del ejercicio Memoria 1 según el nivel. 200
7.10 Parámetros variables del ejercicio Memoria 2 según el nivel. 202
7.11 Parámetros variables del ejercicio Memoria 3 según el nivel. 203
7.12 Parámetros variables del ejercicio Memoria 4 según el nivel. 205
7.13 Parámetros variables del ejercicio Memoria 5 según el nivel. 207
7.14 Parámetros variables del ejercicio Función ejecutiva 1 según el nivel. 208
7.15 Parámetros variables del ejercicio Función ejecutiva 2 según el nivel. 210

7.16 Parámetros variables del ejercicio Función ejecutiva 3 según el nivel. 212
7.17 Parámetros variables del ejercicio Cálculo 1 según el nivel. 213
7.18 Parámetros variables del ejercicio Cálculo 2 según el nivel. 214
7.19 Parámetros variables del ejercicio Cálculo 3 según el nivel. 215
7.20 Parámetros variables del ejercicio Cálculo 4 según el nivel. 218
7.21 Parámetros variables del ejercicio Lenguaje 1 según el nivel. 220
7.22 Parámetros variables del ejercicio Lenguaje 2 según el nivel. 222

Índice de figuras

Figura **Página**

1.1 Porcentaje de la población mayor de 60 años según la región, desde 1980 hasta 2050 . . 1
1.2 Posibles enfermedades clasificadas por el nivel de dependencia y de discapacidad 2
1.3 Porcentaje de la población afectada con demencia según la edad 3

2.1 Ámbitos de intervención a través de terapias no farmacológicas 9
2.2 Clasificación de los tipos de atención 14
2.3 Métodos tradicionales de Estimulación Cognitiva 24
2.4 Usuaria utilizando el programa informático Gradior 30
2.5 Tablero de Orientación utilizado en la terapia de Orientación a la Realidad 37
2.6 Ejemplo de objetos de la "Caja de Recuerdos" 39

3.1 Ejemplos de robots móviles para personas mayores 45
3.2 Anciano abrazando al robot Paro 47
3.3 Robot Hobbit recogiendo un objeto del suelo 48
3.4 Robot Eva de la película WALL-E de Pixar 49
3.5 Robot Bandit 53
3.6 Robot Hector 54
3.7 Videollamada a través del robot Giraff 56
3.8 Robot GrowMu 57
3.9 Robot Hobbit 58
3.10 Robots Hector y Kompai (de izquierda a derecha). 59
3.11 Robot Pearl 60
3.12 Robot Pepper 61
3.13 Versiones ERS-200 y ERS-100 del robot Aibo 62
3.14 Anciano realizando un ejercicio de estimulación cognitiva con el robot Eldertoy 63

3.15 Robot ElliQ 64
3.16 Robot Nao 65
3.17 Robot Ryan Companionbot 66
3.18 Robot Taizo 67
3.19 Robot Babyloid 68
3.20 Posibles expresiones faciales de Babyloid 68
3.21 Robot Paro 69

4.1 Robot Maggie del RoboticsLab de la UC3M 77
4.2 Escenario de vigilancia mediante robot estático 79
4.3 Escenario de asistencia personal de ubicación de objetos mediante robot móvil 80
4.4 Escenario de entretenimiento de Reproductor multimedia 83
4.5 Escenario de estimulación física 84
4.6 Gráfico de medias obtenidas en el estudio sobre la utilidad de los escenarios definidos . . 96
4.7 Gráfico de medias obtenidas por hombres y mujeres en el estudio sobre la utilidad de los escenarios definidos 97
4.8 Resultado numérico de medias y desviaciones típicas obtenidas por hombres y mujeres en el estudio sobre la utilidad de los escenarios definidos 98
4.9 Principales dispositivos del robot Mini 100
4.10 Tipos de expresiones que Mini muestra a través de los ojos 100
4.11 Dispositivos luminosos del robot Mini encendidos 101
4.12 Porcentaje de los participantes según el tipo de deterioro cognitivo o demencia 106
4.13 Sesión grupal con el robot Mini 106
4.14 Gráfica de resultados del cuestionario sobre la actitud de los participantes ante nuevas tecnologías 109
4.15 Gráfica de resultados del cuestionario sobre la opinión de los participantes sobre los robots 110
4.16 Gráfica de resultados del cuestionario sobre los escenarios planteados para las sesiones . 112

6.1 Esquema general de la comunicación entre las habilidades implementadas 144
6.2 Esquema general de funcionamiento del Gestor Principal bajo petición de una sesión . 145
6.3 Ejemplo del XML con datos generales de un ejercicio 146
6.4 Esquema general de funcionamiento del Gestor Principal bajo petición de un ejercicio . 147
6.5 Esquema general de funcionamiento del Gestor Principal bajo petición de una tratamiento 149
6.6 Definición de una actuación en el fichero XML del tratamiento semanal 150
6.7 Esquema general de funcionamiento del Gestor de Sesiones 151

6.8 Transformación XML de una macro 153
6.9 Esquema general de funcionamiento del Ejecutor de Ejercicios 156
6.10 Esquema general de la gestión de un ítem de tipo question en el Ejecutor de Ejercicios . 157
6.11 Intercambio de mensajes entre los distintos módulos software del robot durante la realización de una pregunta abierta y cerrada. 160
6.12 Pirámide esquemática de la comunicación de mensajes entre habilidades 162
6.13 Gestión de interrupción de la habilidad de estimulación cognitiva 164
6.14 Intercambio de mensajes enviados durante la correcta ejecución de una sesión. 165
6.15 Estructura general del XML de un ejercicio de tipo question 172

7.1 Imagen de respuesta por voz 186
7.2 Imagen para prestar atención al sonido que se reproduce 194
7.3 Imagen de inicio del ejercicio Percepción 4 195
7.4 Ejemplo de imagen del ejercicio Memoria 1 199
7.5 Ejemplo de imagen del ejercicio Memoria 2 201
7.6 Ejemplo de imagen del ejercicio Memoria 3 con respuesta por pantalla 202
7.7 Ejemplo de imagen de pregunta del ejercicio Memoria 4 204
7.8 Ejemplo de imagen de respuesta del ejercicio Memoria 4 204
7.9 Ejemplo de menú del ejercicio Función ejecutiva 1 207
7.10 Ejemplo de imagen del ejercicio Función ejecutiva 2 209
7.11 Ejemplo de imagen de solución del ejercicio Función ejecutiva 3 211
7.12 Ejemplo de menú del ejercicio Cálculo 4 nivel bajo 216
7.13 Ejemplo de imagen del ejercicio Cálculo 4 nivel alto 217
7.14 Ejemplo de imagen del ejercicio Lenguaje 1 nivel bajo 219
7.15 Ejemplo de imagen de solución del ejercicio Lenguaje 1 nivel bajo 219
7.16 Ejemplo de imagen del ejercicio Lenguaje 2 221

8.1 Participante realizando la sesión de las pruebas preliminares 227
8.2 Resultados de las primeras pruebas preliminares de la sesión 229
8.3 Resultados del cuestionario basado en el Godspeed 229
8.4 Participante realizando el estudio de aceptación y usabilidad 234
8.5 Resultados del cuestionario sobre nuevas tecnología 235
8.6 Resultados del cuestionario SUS 236
8.7 Resultados del cuestionario Almere 237
8.8 Resultados del cuestionario Almere según el campo de referencia 238
8.9 Resultados del cuestionario Godspeed 239

8.10 Porcentaje de participantes que han requerido ayuda del terapeuta en la realización de cada ejercicio 241
8.11 Porcentaje de éxito y dificultades surgidas por cada uno de los ejercicios planteados . . . 243
8.12 Respuestas del terapeuta en el cuestionario sobre la actuación del usuario en las tareas planteadas 244

Lista de acrónimos

BBDD	Base de Datos
CA	Acto comunicativo, del inglés *Communicative Act*
DMS	Sistema de Toma de Decisiones, del inglés *Decision Making System*
FAE	Fundación Alzheimer España
GPS	Sistema de Posicionamiento Global, del inglés *Global Positioning System*
HRI	Interacción Humano-Robot, del inglés *Human-Robot Interaction*
MMSE	Mini-Examen del Estado Mental, del inglés *Mini Mental State Examination*
OMS	Organización Mundial de la Salud
OR	Terapia de Orientación a la Realidad
RFID	Identificación por Radiofrecuencia, del inglés *Radio Frequency Identification*
RAS	Escala de Atributos del Robot, del inglés *Robot Attitudes Scale*
ROS	Sistema Operativo Robótico, del inglés *Robot Operating System*
SM	Máquina de estados, del inglés *State Machine*
SUS	Escala de Usabilidad del Sistema, del inglés *System Usability Scale*
UC3M	Universidad Carlos III de Madrid

CAPÍTULO 1

Introducción

1.1 Contexto actual

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [1], se espera que en el año 2050 el porcentaje de habitantes en el mundo con más de 60 años se duplique respecto al año 2000, pasando de representar un 11% de la población a ser un 22%. Esto implica que este sector pasará de contar con 605 millones de personas desde el año 2000, a 2000 millones de personas en el año 2050. En el caso de Europa, según las Naciones Unidas [2], se prevé que en 2050 las personas de esta edad representen el 35% de la población de Europa (Figura 1.1), conllevando un gran impacto desde el punto de vista económico y social.

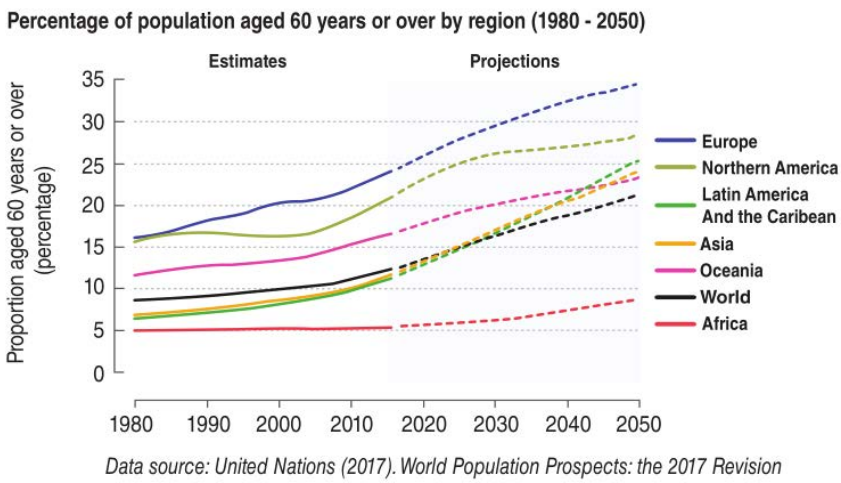

Figura 1.1: Porcentaje de la población mayor de 60 años según la región, desde 1980 hasta 2050 [2].

El proceso de envejecimiento se asocia a menudo a una creciente necesidad de asistencia física y cognitiva, debido a que con la edad, dichas facultades se pueden ver entorpecidas. Aun así, gran parte de los ancianos desean poder alargar en la medida de lo posible su vida independiente en los propios domicilios el mayor tiempo posible [3]. En estas situaciones, el papel de los cuidadores se vuelve imprescindible de cara a ayudar y asistir al anciano en las distintas actividades que deba realizar a lo largo del día. En gran parte de las ocasiones los cuidadores son los propios familiares, que deben compaginar su actividad profesional y la vida de cuidador, lo que se puede volver una tarea bastante complicada de llevar a cabo. Es por ello que, en estos casos, se hace necesario el apoyo de personal especializado, así como de centros y organismo públicos que permitan ayudar a este colectivo. Este factor, junto a otros como el aumento de costes orientados a este sector y la importante escasez de espacio y de personal, supone un problema crítico que nuestra sociedad no podrá superar si no se realizan cambios radicales.

Short description of condition	Disability class	Median dependency rating[a]
Active psychosis	7	1
Dementia	7	1
Quadriplegia	7	1
Severe continuous migraine	7	1
Blind	6	1
Paraplegic	6	1
Severe depression	6	1
Down syndrome	5	1
Mild mental retardation	5	1
Recto-vaginal fistula	5	2
Below-knee amputation	4	2
Deafness	4	2
Infertility	3	3
Fracture radius	3	2
Rheumatoid arthritis	3	2
Impotence	3	3
Angina after walking 50 m	3	2
Severe continuous sore throat	2	2.5
Anaemia	2	2
Diarrhoea	2	2
Severe thinness	1	2.5
Vitiligo	1	3

[a] 1, daily help; 2, weekly help; 3, less than weekly help.

Figura 1.2: Posibles enfermedades clasificadas según el nivel de dependencia y de discapacidad de la persona afectada [4].

La demencia representa una de las principales causas de discapacidad y dependencia no sólo entre las personas mayores, sino también en referencia al resto de la población, como se puede observar en la Figura 1.2. "La demencia es un síndrome caracterizado por el deterioro de la función cognitiva (es decir, la capacidad para procesar el pensamiento) más allá de lo que podría considerarse una consecuencia del envejecimiento normal. La demencia afecta a la memoria, el pensamiento, la orientación, la comprensión, el cálculo, la capacidad de aprendizaje, el lenguaje y el juicio. La conciencia no se ve afectada. El deterioro de la función cognitiva suele ir acompañado, y en ocasiones es precedido, por el deterioro del control emocional, el comportamiento social o la motivación."[2]

Entre los distintos tipos de demencia, la más frecuente es la enfermedad de Alzheimer, representando un 60-70% de los casos de demencia. Otro tipo de demencias frecuentes son la demencia vascular, la demencia frontal y la enfermedad por cuerpos de Lewy [5].

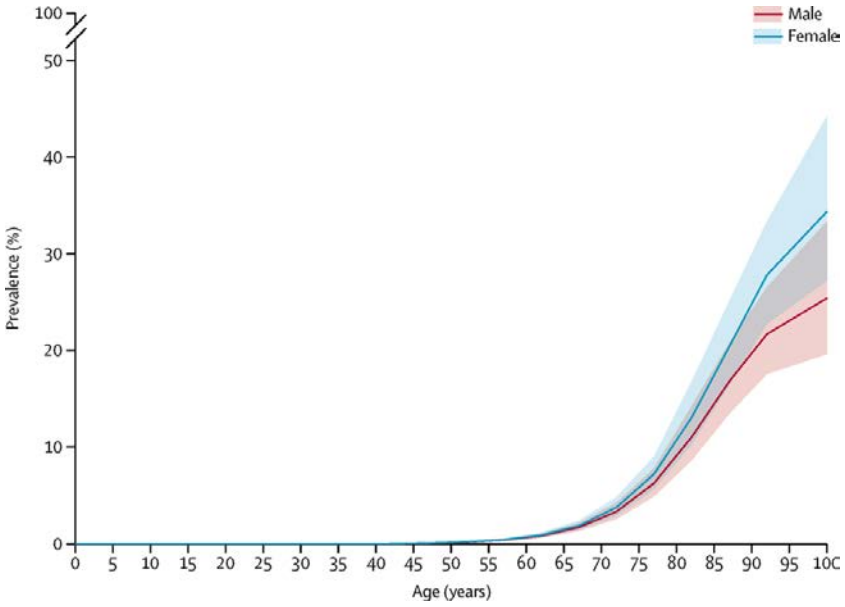

Figura 1.3: Porcentaje de la población afectada con demencia según la edad [5].

Según estudios como "The Rotterdam Study", llevado a cabo por Ott *et al.* en 1998 [6], se expone que el riesgo de padecer demencias como el Alzheimer se incrementa con la edad a partir de los 65, duplicándose a partir de los 85 años. La OMS además expone que entre un 25% y 30% de las personas mayores de 85 años padecen de demencia. En la Figura 1.3, se representa el porcentaje de la población que en 2016 padecía de demencia según las distintas edades. Como se puede observar, el crecimiento con la edad es prácticamente exponencial.

Las demencias provocan, entre otros aspectos, un deterioro de la función cognitiva, dando lugar además a una reducción de las capacidades funcionales, alteraciones en el comportamiento y, en gran medida, un progresivo aumento en la necesidad de ayuda y asistencia (familiares y cuidadores)

de cara a poder llevar a cabo sus actividades diarias (cada vez más básicas). Esto puede llegar a ser abrumador no sólo para aquellos que la padecen, sino también para las personas de su entorno, generando un impacto físico, psicológico, social y económico. Este impacto se incrementa con el hecho de que muchas familias no reciben ayuda de tipo gubernamental para poder mantener a sus familiares afectados en sus propias casas. Esto provoca que se necesite una cantidad considerable de recursos implicados en la ayuda domiciliaria o en instituciones para asistir a estas personas. En consecuencia, se hacen necesarias nuevas líneas de investigación, a través de la cuales se puedan ayudar a las personas de la tercera edad y a sus respectivos cuidadores.

En este punto, el uso de nuevas tecnologías y en especial el uso de robots, es visto como una solución para apoyar la vida independiente de las personas mayores. Los recientes avances en varias áreas científicas y técnicas (por ejemplo, informática, automatización, diseño de sensores y actuadores, materiales inteligentes, etc.) han permitido aplicar esta tecnología, no sólo en un entorno industrial, sino también en el entorno doméstico, beneficiándose de las capacidades y el gran potencial que ofrecen los robots para prestar asistencia a las personas.

Hasta la fecha, se han realizado una serie de robots aparentemente capaces de actuar de forma autónoma en entornos domésticos, interactuando verbal y físicamente con los usuarios. Pero la realidad es que muy pocos robots han sido realmente aceptados por los consumidores, reflejando que ofrecer un gran abanico de funcionalidades no es suficiente para conseguir que las plataformas robóticas sean aceptadas por usuarios no especializados, quienes tal vez busquen características adicionales en este tipo de sistemas. Muchos de los actuales robots se han desarrollado sin tener en cuenta los aspectos sociales, estéticos, emocionales y culturales, que son primordiales para las personas mayores, las cuales además suelen ser ajenas a dicho tipo de tecnología. Para una interacción social completa con los usuarios, los robots deben enriquecerse aún más con características especiales como la emoción, el diálogo, la personalidad, su personalización de cara al usuario o el aprendizaje.

Los robots sociales asistenciales se han presentado como una solución a dicho problema, ya que estos robots están basados en el usuario al que van dirigidos, predominando los aspectos de usabilidad y aceptación, y teniéndolos en cuenta desde el inicio del proceso de diseño y desarrollo del sistema robótico. Debido a esto, los proyectos de investigación de robots sociales incluyen además una fase de especificación de requisitos, en la que los usuarios finales tienen un papel importante a la hora de definir aspectos como la interfaz de usuario, las características físicas y las funcionalidades requeridas. Esta relación entre el equipo de diseñadores/desarrolladores y los usuarios finales se debe mantener en la medida de lo posible a lo largo de la duración del proyecto. Esto implica que las pruebas se lleven a cabo desde la fase inicial, utilizando prototipos de robots, y con sucesivas versiones mejoradas del sistema.

En el ámbito de la geriatría, esto ha dado lugar a la creación de robots sociales con fines asistenciales, lúdicos o incluso afectivos. Aunque la mayoría de estos robots siguen siendo prototipos, otros han llegado al mercado con diferente nivel de éxito, dependiendo de varios aspectos como su funcionalidad, estética y costes. Alguno de estos robots serán presentados en el Capítulo 3.

Dado que las personas mayores sufren problemas como la soledad, deterioro cognitivo, limitaciones físicas o alteraciones de comportamiento, los robots diseñados deben tener el objetivo de ayudarles y asistirles en estos aspectos.

En el caso de la demencia, debido a la ausencia de un tratamiento curativo, se hace necesario el desarrollo de intervenciones no farmacológicas [7]. Una de las terapias no farmacológicas predominantes es la estimulación cognitiva, dirigida a mantener y estimular las capacidades cognitivas, la conducta y a mejorar el papel social del anciano, entre otros aspectos, manteniendo en la medida de lo posible su independencia y calidad de vida. Debido a esto, una de las funcionalidades destacadas en los robots sociales orientados a la interacción con ancianos consiste en el desarrollo de ejercicios de estimulación cognitiva. Aun así, se debe destacar que prácticamente ningún robot ha llegado a implementar un programa de estimulación cognitiva basada en sesiones de ejercicios cognitivos. En los casos existentes, como pueden ser los robots Kompai o CompanionAble Hector, disponen de una colección de ejercicios que el usuario realiza a través de la pantalla del robot, siguiendo el mismo método de interacción que el utilizado con programas informáticos de estimulación cognitiva, sin llegar a sacar beneficio de las ventajas que ofrecen los robots como tecnología.

1.2 Objetivos de la tesis

Basándose en la problemática expuesta, esta tesis fue orientada hacia la definición de requisitos y funcionalidades necesarias para el desarrollo de un robot social destinado a interactuar con personas mayores con deterioro cognitivo leve. Este robot, denominado Mini, fue construido mediante el trabajo conjunto del equipo de Robots Sociales del RoboticsLab de la Universidad Carlos III de Madrid.

Además, tras observar la carencia que los robots sociales actuales presentan respecto a la inclusión de un programa completo de estimulación cognitiva basado en sesiones, y aprovechando las propias ventajas del robot, se propuso la posibilidad de desarrollar e implementar un programa terapéutico de estas características usando como plataforma el robot Mini.

Teniendo en cuenta esto, los dos objetivos principales de la tesis doctoral propuestos en el presente documento son los siguientes:

1. Definir las características y funcionalidades que un robot social, orientado a personas de la tercera edad con deterioro cognitivo o demencia leve, debe cumplir.

2. Desarrollar e implementar un programa de estimulación cognitiva con el robot Mini.

Para ello, se definieron una serie de objetivos secundarios que se debían de cumplir de cara a obtener los mejores resultados posibles en cada uno de los objetivos principales. Respecto al primer objetivo, los objetivos secundarios que se determinaron se presentan a continuación:

- Realizar un estudio de las posibles funcionalidades de un robot social para la interacción con ancianos con demencia leve.
- Llevar a cabo un análisis de limitaciones y requisitos para llevar a cabo las funcionalidades definidas, así como determinar el diseño de robot a desarrollar teniendo en cuenta dichos requisitos.
- Realizar pruebas preliminares para obtener datos cualitativos sobre las primeras impresiones del robot y aspectos relacionados con la interacción entre el robot y los usuarios reales.
- Analizar los requisitos de la interacción con los usuarios, y posibles cambios en el robot a partir de las pruebas realizadas.

En referencia al segundo objetivo principal, los sub-objetivos definidos fueron los siguientes:

- Realizar un análisis de los métodos de estimulación cognitiva existentes.
- Proponer un planteamiento general del tratamiento de estimulación cognitiva, definiendo un método distribuido de sesiones, de forma que la estimulación cognitiva con el robot no esté limitada a una sesión por día.
- Definir una colección de ejercicios que abarquen las distintas capacidades cognitivas, y que utilicen los distintos modos de interacción que el robot ofrece.
- Definir una estructura común a partir de la cual, lograr desarrollar los ejercicios definidos.
- Implementación del programa propuesto de estimulación cognitiva con el robot Mini.
- Implementar un seguimiento de los resultados obtenidos por el usuario a lo largo de un tratamiento.

- Realizar pruebas con usuarios para obtener resultados sobre su capacidad para llevar a cabo una sesión de estimulación cognitiva con Mini, analizando el propio contenido del ejercicio, los métodos de interacción utilizados y el grado de aceptabilidad por parte de los usuarios.
- Realizar pruebas a largo plazo en los que los usuarios interactúen con Mini diariamente con el fin de analizar los efectos de utilizar el programa de estimulación cognitiva propuesto, así como las limitaciones y futuras mejoras.

1.3 Estructura de la tesis

A continuación, se describe la estructura planteada en esta memoria, con el fin de presentar el trabajo realizado a lo largo de esta tesis. Para ello, se describe el desglose de los capítulos definidos y el contenido de cada uno de ellos con el fin de obtener una visión general del documento.

- Capítulo 1: En este capítulo inicial se aporta una visión global de la situación de la población mayor de 65 años, exponiendo los motivos que han justificado la realización de esta tesis, la solución propuesta y los objetivos definidos para poderla llevar a cabo.
- Capítulo 2: En este capítulo se exponen los principales conceptos referentes a la estimulación cognitiva. Para ello, se introduce al lector en las terapias no farmacológicas, entre las que se encuentra la estimulación cognitiva. Para poder entender este tipo de terapia, es necesario presentar el concepto de función cognitiva y los tipos que hay. A continuación, se presentan aquellos métodos más destacables utilizados para llevar a cabo dicha terapia. Finalmente, se introducen las otras terapias no farmacológicas restantes más destacables.
- Capítulo 3: En este capítulo se presentan los desarrollos existentes de plataformas robóticas sociales orientadas o utilizadas para la interacción con personas de la tercera edad. Para ello, al inicio del capítulo se realiza un análisis de las principales morfologías y funcionalidades de estos robots. Posteriormente, se presentan los robots sociales más destacables orientados al objetivo expuesto, así como algunos de los estudios realizados con dichos robots en el ámbito de la geriatría.
- Capítulo 4: En este capítulo se exponen el estudio y posterior análisis llevados a cabo para la definición de requisitos y funcionalidades de un robot social orientado a interactuar con personas mayores con cierto deterioro cognitivo. A continuación, se presenta el robot Mini desarrollado a partir de los requisitos definidos previamente. Posteriormente, se explican las pruebas preliminares realizadas de cara a testear dicho prototipo con usuarios reales, con el objetivo de analizar posibles líneas futuras de trabajo, incluyendo la realización de cambios en

los módulos del robot inicial. Finalmente, se presentan los principales cambios realizados en el robot, haciendo especial mención a los cambios de los módulos de software.

- Capítulo 5: En este capítulo se realiza un análisis de los métodos usados para la estimulación cognitiva, entre los que se abarcan los métodos tradicionales y los informáticos, y las ventajas y desventajas que el robot puede representar respecto a ellos. Además, se presenta la propuesta de un programa de estimulación cognitiva basada en el robot Mini, desde el punto de vista terapéutico, técnico y de la interacción con el usuario. Para terminar el capítulo, se presenta una propuesta de ejercicios a implementar abarcando las distintas funciones cognitivas, y los distintos métodos de interacción que el robot Mini permite.
- Capítulo 6: Tras haber presentado la propuesta del programa de estimulación cognitiva, en este capítulo se expone cómo se ha llevado a cabo su implementación en el robot Mini, tanto desde el punto de vista de la gestión del tratamiento, como en referencia a la ejecución de los ejercicios propuestos.
- Capítulo 7: En este capítulo se presenta el repertorio de ejercicios de estimulación cognitiva que han sido implementados para formar parte del programa terapéutico con el robot Mini, definiendo las distintas variantes de cada uno de los niveles de dificultad desarrollados.
- Capítulo 8: En este capítulo se presentan las pruebas realizadas con usuarios realizando una sesión de estimulación cognitiva con el robot, con el objetivo de analizar sus impresiones, dificultades y el grado de aceptación.
- Capítulo 9: En este capítulo final se reflexiona sobre el trabajo realizado a modo de conclusiones, presentando un resumen de las principales aportaciones que se han realizado a lo largo de esta tesis. Finalmente, se describen las futuras líneas de trabajo existentes con el fin de mejorar, en especial, el programa de estimulación cognitiva planteado.
- Anexo 1: Cuestionarios utilizados en las distintas pruebas realizadas a lo largo de esta tesis.

CAPÍTULO 2

Estimulación Cognitiva

2.1 Introducción

En la actualidad, enfermedades como el Alzheimer y otras demencias irreversibles carecen de tratamientos médicos curativos, y aquellos existentes sólo permiten retrasar el progreso de la enfermedad y tratar ciertos síntomas asociados. Esto ha dado lugar a una serie de intervenciones no farmacológicas, orientadas a mejorar la calidad de vida del paciente y de las personas de su entorno. Este tipo de intervenciones, según presenta Francés [7], pueden estar orientadas a diferentes ámbitos como la cognición, la conducta del paciente, su ambiente familiar, o la disminución de su dependencia mediante la reestructuración de su entorno (Figura 2.1). Dado que el hecho de intervenir sobre cualquiera de estas áreas puede tener repercusión sobre el resto de ellas, influyendo tanto de manera positiva como negativa, es importante definir los objetivos y los posibles efectos secundarios de las distintas intervenciones.

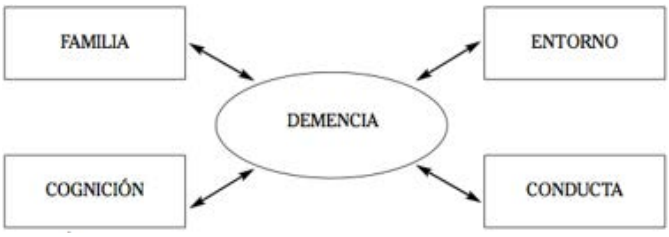

Figura 2.1: Ámbitos de intervención a través de terapias no farmacológicas [7].

Barandian (2002) [8] clasifica los tratamientos no farmacológicos en los siguientes tipos:

- Programas de estimulación y actividad: Terapia de orientación a la realidad, reminiscencia, musicoterapia, actividad física y programas de psicoestimulación integral.

- Reestructuración ambiental.
- Técnicas de modificación de conducta.
- Programas para familiares.
- Entrenamiento en capacidades cognitivas específicas.
- Nuevas intervenciones: Programas interactivos con ordenadores y programas intergeneracionales (metodología Montessori).

Existen numerosas propuestas de intervenciones cognitivas orientadas a ralentizar el deterioro cognitivo. Una posible clasificación de ellas se presenta en el artículo de Francés [7]. Sin embargo, aunque cada una puede aportar algo diferente, ninguna constituye un tratamiento único y generalizable a cualquier paciente [9]. Para ello, dado que cada método o intervención tiene sus indicaciones y contraindicaciones, ya sea por el paciente o por el momento del deterioro, es básico la adecuada elección de métodos y de pacientes que puedan beneficiarse en la máxima medida de lo posible.

Este tipo de terapias no farmacológicas han beneficiado el desarrollo de tratamientos cognitivos destinados a mantener y estimular las capacidades preservadas del individuo. Gracias a este tipo de intervenciones, no sólo se consiguen ejercitar aquellas funciones intelectuales preservadas, sino que también se favorece el papel social del usuario, mejorando su interacción no sólo con las personas, sino también con los objetos de su entorno, intentando de esta forma mantener en la medida de lo posible su independencia y calidad de vida.

Dentro de todas las intervenciones existentes, se pueden destacar principalmente cinco, ya que son las más extendidas y, por tanto, también las más estudiadas. Estas intervenciones son: la estimulación (o entrenamiento) cognitivo, la terapia de orientación a la realidad (OR), la terapia de reminiscencia, la terapia comportamental y la terapia de validación [10]. En este capítulo se explican cada una de estas intervenciones, haciendo especial mención a los programas de estimulación cognitiva, dado que éstos han constituido parte de la base sobre la que se ha desarrollado el trabajo presentado en esta tesis. Además, también se exponen las distintas metodologías que pueden ser utilizadas para llevar a cabo estos programas, destacando los métodos tradicionales e informáticos.

2.2 Estimulación cognitiva

La estimulación cognitiva abarca todas las técnicas y estrategias orientadas a ejercitar y mejorar las capacidades cognitivas, las cuales constituyen los procesos mentales que nos permiten llevar a cabo cualquier tarea [11], incluyendo aquellos procesos de interacción, percepción y compresión del entorno que nos rodea. “No solamente se centra en la parte cognitiva, sino que aborda otros factores

tales como la afectividad, la esfera conductual, social, familiar y biológica, buscando intervenir sobre la persona adulta de forma integral" [12].

Esta terapia está basada en la creencia de que mantener a una persona con deterioro cognitivo activa puede dar lugar a la ralentización de su declive cognitivo y funcional, debido a la capacidad plástica del cerebro [13]. Según Geschwind [14], la neuroplasticidad se define como "la respuesta que da el cerebro para adaptarse a las nuevas situaciones y restablecer el equilibrio alterado después de una lesión". La neuroplasticidad depende tanto de factores intrínsecos como extrínsecos [15]. Los factores intrínsecos vienen definidos por la propia genética del individuo (memoria biológica), mientras que los factores extrínsecos corresponden a condiciones ambientales de la persona, su cultura, o incluso su nivel de actividad tanto física como psíquica a lo largo de su vida, y son aquellos en los que este tipo de tratamientos no farmacológicos pueden incidir.

Por tanto, el objetivo de las intervenciones basadas en la estimulación cognitiva es favorecer la neuroplasticidad, para lo cual se debe hacer uso de estímulos que hayan sido correctamente estudiados, y que sean capaces de suscitar las capacidades cognitivas, emocionales, relacionales y físicas [16], para así poder compensar y retrasar el deterioro.

Para ello, es importante ejercitar no sólo las áreas del cerebro afectadas, sino también aquellas funciones preservadas, de cara a evitar su desuso. De esta manera, se consigue mantener las competencias psicosociales necesarias en las actividades diarias de la persona afectada, proporcionándola una mayor independencia, implicando con ello una mejora de su calidad de vida y de las personas que le rodean.

Los objetivos que se persiguen con la estimulación cognitiva según Tárraga *et al.* [17] son:

- Ralentizar la progresión del deterioro cognitivo.
- Restaurar las habilidades cognitivas en desuso, partiendo de las funciones intelectuales conservadas.
- Mejorar el estado funcional de la persona y su capacidad para actuar, desarrollando las competencias que le permitan vivir de la forma más autónoma posible.
- Promover la actividad.
- Proporcionar las bases para una interacción interpersonal útil y divertida, para compartir experiencias.
- Evitar la desconexión del entorno y fortalecer las relaciones sociales.
- Mantener la autonomía.
- Estimular la propia identidad y autoestima.
- Minimizar el estrés y evitar reacciones psicológicas anómalas.

Para el desarrollo de este tipo de programas, es importante tener en cuenta que cada usuario tiene unas características específicas, dando lugar a tratamientos individualizados y flexibles. Estos se deben adaptar no sólo a cada usuario, sino también a las propias etapas de su deterioro cognitivo. Para ello, es necesario saber con la mayor precisión posible, qué funciones cognitivas se mantienen y el grado de conservación de cada una de ellas [15]. Además, es esencial conocer también la historia de la vida de cada usuario, de cara a entender sus intereses y actitudes, así como las habilidades especialmente desarrolladas debido a su profesión y aficiones [9]. Otro aspecto a tener en cuenta son las alteraciones psicológicas y conductuales que pueden aparecer a lo largo del proceso de deterioro cognitivo. Estas alteraciones pueden tener un gran impacto en la vida de la persona afectada y en su capacidad para adaptarse al entorno, afectando por consiguiente a las posibles intervenciones que se puedan realizar.

Cabe destacar que los programas de estimulación cognitiva pueden dar lugar a efectos secundarios a corto plazo, como la frustración, agitación o depresión. Por ello, los programas deben ser adaptados, no sólo según las capacidades cognitivas de cada usuario, sino también según su grado de tolerancia a la frustración que puede surgir ante complicaciones en la realización de las distintas tareas. De la misma forma, llevar a cabo este tipo de programas en sesiones grupales implica que el grupo deba ser homogéneo, para así poder adaptar las tareas y las instrucciones al grado de deterioro de los usuarios, evitando complicaciones que puedan dar lugar al rechazo por parte de los participantes.

De cara a llevar esto a cabo, es importante tener en consideración diversos aspectos durante el desarrollo de este tipo de tratamientos [18]. En primer lugar, es importante respetar los gustos del paciente, sin querer imponerle material o ejercicios que no le gusten. De la misma forma, el ambiente durante el tratamiento debe ser tranquilo y cercano, de manera que el usuario no se sienta forzado ni agobiado. En el caso de que el usuario no sepa realizar una actividad, es esencial tener paciencia y mostrar empatía, ayudándole en la medida de lo posible. Para ello, es importante que las sesiones sean supervisadas de cara a evitar situaciones de estrés. Finalmente, se debe tener en consideración la duración de los tratamientos, de forma que se evite cansar al usuario debido a una sobreestimulación, siendo más recomendable la realización de sesiones más cortas, pero con mayor periodicidad.

Los programas de estimulación cognitiva pueden ser planteados para llevarse a cabo de manera colectiva o individual. A través de la estimulación cognitiva en grupo, es posible poder trabajar con un mayor número de usuarios en un tiempo reducido, además de que se favorecen las relaciones y la interacción entre los distintos usuarios. Por otra parte, la realización de sesiones individuales permite desarrollar un programa más adaptado al paciente y a sus necesidades según su deterioro cognitivo.

2.2.1 Estudios de la eficacia de la estimulación cognitiva

Una de las dificultades que se presentan con este tipo de intervenciones es el poder demostrar su efectividad para retrasar el deterioro del paciente, analizando sus mejoras de las capacidades cognitivas y funcionales [7]. La mayor parte de estas intervenciones no se basan en una técnica sistematizada o estructurada. Es en parte por ello que, a pesar del trabajo realizado en el ámbito de la estimulación, existen pocas pruebas de su eficacia real debido a impedimentos que surgen de su metodología, la cual debe ser individualizada según cada usuario, dificultando su estandarización. Esto se suma al hecho de que el propio deterioro cognitivo obstaculiza la aplicación de un programa constante y la evaluación de su eficacia, al implicar una evolución en el tiempo de forma heterogénea dependiendo de cada usuario. Todo ello, desencadena la gran dificultad para realizar estudios multicéntricos, que cuenten además con suficientes pacientes y un grupo de control para poder analizar la eficacia de dichos tratamientos.

Estudios como los llevado a cabo por Breuil *et al.* (1994) [19] señalan que los programas de estimulación cognitiva son eficaces en aquellos pacientes con deterioros cognitivos en fase inicial, observando una mejoría en su puntuación del test "Mini Mental State Examination" de Fosltein [20] y en la evaluación de la memorización de listas de palabras y pruebas de memoria de asociación. Para que la psicoestimulación sea efectiva, es necesario que los ejercicios que se realicen se adapten tanto a los gustos de la persona como a su nivel cognitivo, de manera que representen un reto, pero sin llegar a superar una dificultad que puedan dar lugar a la frustración por no poder llegar a realizarlos.

Otros estudios más actuales como los realizados por Matsuda [21], Olarazán [22] o Fernández-Prado *et al.* [23], han obtenido buenos resultados en la combinación de la estimulación cognitiva junto con tratamientos farmacológicos, obteniendo mejoras del rendimiento cognitivo y en la percepción de la propia calidad de vida de los participantes.

2.3 Funciones cognitivas

Se entiende como funciones cognitivas a los procesos mentales que posibilitan la realización de cualquier tarea o actividad mediante una actitud activa de la persona en los procesos de recepción, selección, transformación, almacenamiento, elaboración y recuperación de la información del ambiente que le rodea. Dentro de las funciones cognitivas que son principalmente ejercitadas a través de los programas de psicoestimulación se incluyen la atención, percepción (gnosias), la memoria, el lenguaje, las funciones ejecutivas, la orientación espacio-tiempo-personal, el cálculo y las praxias [24, 11].

Aunque el término de función cognitiva en el ámbito de los programas de estimulación cognitiva está coloquialmente aceptado, según la CIF (Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la

Discapacidad y de la Salud, desarrollada por la Organización Mundial de la Salud) este término no sería del todo correcto, ya que, al abarcar funciones como la atención, memoria, praxias, etc., en realidad se deberían definir como funciones mentales específicas [25]. A continuación se explica cada una de ellas.

2.3.1 Atención

William James (1890) [26] definió la atención como "el proceso por el que la mente toma posesión, de forma vivida y clara, de uno de los diversos objetos o trenes de pensamiento que aparecen simultáneamente. Focalización y concentración de la conciencia son su esencia. Implica la retirada del pensamiento de varias cosas para tratar efectivamente otras".

Según Ballesteros (2000) [27], "la atención es una función cognitiva que permite enfocar de manera activa o pasiva, voluntaria o involuntaria el interés y la consciencia de un individuo hacia un estímulo o acontecimiento (interno o externo). Precede a la percepción y a la acción del individuo, operando una selección entre todos los estímulos perceptivos presentes en un momento concreto. Es decir que opera filtrando las señales sensoriales durante la vigilia (provenientes del exterior e interior del organismo) y dirigiendo el interés de la persona (de manera selectiva o a través de un ulterior esfuerzo de concentración) hacia una fuente particular de estimulación. La atención está estrictamente relacionada con tres funciones de base de la mente: la consciencia, la vigilia y las emociones."

Numerosos científicos han planteado distintos modelos de cara a clasificar los diversos tipos de atención. Por ejemplo, Ballesteros [27] presentó la siguiente clasificación dependiendo del criterio que se siguiese, representada en la Figura 2.2.

Clasificación basada en la propuesta de Ballesteros (2000)		
CRITERIO	TIPOS DE ATENCIÓN	
Origen y naturaleza de los estímulos	Atención interna	Atención externa
Actitud del sujeto	Voluntaria / Activa	Involuntaria / pasiva
Manifestaciones motoras y fisiológicas	Abierta	Encubierta
Interés del sujeto	Dividida	Selectiva / focalizada
Modalidad sensorial	Visual / espacial	Auditiva / temporal

Figura 2.2: Clasificación de los tipos de atención según Ballesteros [27].

Sin embargo, el modelo más aceptado y que mejor se adapta a las necesidades de un programa de estimulación cognitiva sea el presentado por Sohlberg y Mateer (1987) [28], el cual se basa en los casos clínicos de la neuropsicología experimental. Según este modelo, existen cinco niveles de atención:

- Atención focalizada: Capacidad de centrar la atención en un estímulo concreto, sin tener en cuenta el tiempo. Constituye el nivel más básico de atención. Sólo aquellos con lesiones cerebrales severas o deterioro del desarrollo no poseen esta capacidad. Esta habilidad, al igual que otros tipos de atención, puede ser entrenada.

- Atención sostenida: Capacidad para concentrarse activamente en un estímulo específico durante un período de tiempo prolongado. Por tanto, es equivalente a decir que se trata de la capacidad de mantener la atención focalizada en el tiempo. También es denominada "Vigilancia". Este tipo de atención es muy importante de cara a la realización de la mayor parte de las tareas, sobre todo en aquellas que el usuario deba llevar a cabo de forma consciente. Algunos de los factores que afectan este tipo de atención incluyen la duración de tiempo que se pasa atendiendo a un estímulo, el entorno que lo rodea, o su nivel de motivación.

- Atención selectiva: Capacidad para concentrarse en un estímulo específico en presencia de otros estímulos distractores. Se ha demostrado que casi todo el mundo es capaz de mantener este tipo de atención, aunque ésta se mantendrá de distinta manera en cada usuario, dependiendo de la intensidad de los estímulos distractores.

- Atención alternante: Capacidad de cambiar el foco de atención entre dos o más estímulos. La atención alternante también se puede considerar como la capacidad de cambiar rápidamente de una tarea a otra. Este tipo de atención es muy utilizada por ejemplo, en la preparación de comida o en aquellas tareas en las que se necesite una gran flexibilidad mental, al tener que prestar atención a múltiples estímulos de manera secuencial.

- Atención dividida: Capacidad de mantener la atención en diferentes estímulos o actividades a la vez, también conocida como multitarea. Los procesos que el cerebro emplea para realizar la atención dividida son bastante complejos. Por lo tanto, usar, evaluar y rehabilitar la atención dividida también es bastante complejo.

La atención puede verse afectada por aspectos como son la motivación y emoción de la persona, su nivel de activación u otros factores transitorios como el sueño, el cansancio o incluso el tipo de medicamentos que consuma la persona.

2.3.2 Percepción y reconocimiento (Gnosias)

Una definición generalizada obtenida de múltiples fuentes expone la percepción como "un proceso mental mediante el cual se organizan los estímulos obtenidos del exterior a través de los sentidos de un modo significativo en nuestro interior, para tomar conciencia del mundo que nos rodea. Se puede decir que tiene un carácter selectivo, constructivo e interpretativo. La percepción, por lo tanto, es la interpretación secundaria de las sensaciones (áreas secundarias y terciarias) en base a la experiencia y recuerdos previos."

En la teoría de la Gestalt, Wertheimer [29], la percepción es el proceso mediante el cual las personas organizamos y estructuramos la información que nos viene tanto del mundo externo como del interno. Esta teoría considera que la percepción constituye un proceso fundamental del que dependen otras actividades psicológicas, como la memoria, el aprendizaje o el pensamiento. Para llevar a cabo el proceso de percepción, existen distintas leyes que lo rigen, como las leyes de la constancia perceptiva (tamaño, forma y color) o de la organización de estímulos (proximidad, similitud, continuidad, etc.).

De cara a entender el proceso de percepción, es necesario diferenciarlo del concepto de sensación. Las sensaciones están limitadas a las impresiones no interpretativas creadas por nuestro cuerpo tras la detección de un estímulo externo o interno, mientras que la percepción corresponde al proceso mediante el cual se interpreta y se da sentido a dichas sensaciones. Por tanto, las sensaciones son creadas a través de los estímulos que el cuerpo recibe mediante los sentidos. Esta información sensorial es convertida mediante el proceso de percepción en imágenes mentales (imágenes, sonidos, olores, sabores y experiencias táctiles), las cuales nos ayudan a representar y entender nuestro entorno [30].

Desde el punto de vista de los programas de psicoestimulación, la percepción suele estar vinculada a tareas que involucren también la gnosis del usuario. Ésta se puede definir como la capacidad que tiene el cerebro para reconocer la información previamente aprendida a partir de lo percibido a través de los sentidos, como lugares, objetos o personas.

Los tipos de percepción-gnosias que se presentan, se corresponden con la fuente a partir de la cual se recibe el estímulo:

- Visual: Capacidad de reconocer estímulos mediante la vista y dotarlos de un significado (objetos, caras, colores, formas).
- Auditiva: Capacidad de reconocer estímulos mediante el oído (sonidos).
- Táctil: Capacidad de reconocer estímulos mediante el tacto (textura, objetos o temperatura).
- Olfativa: Capacidad de reconocer los estímulos mediante el olfato (olores).
- Gustativa: Capacidad de reconocer los estímulos mediante el gusto (sabores).

El proceso de reconocimiento está dividido en una serie de etapas. Primero, se procesan los componentes básicos reconocidos (color, forma, textura, etc) [31, 32]. A continuación, los componentes son clasificados y agrupados según su similitud, para lo cual es necesario alternar la atención entre los diferentes aspectos de los objetos. La representación de la entrada se asemeja con anteriores descripciones previamente memorizadas. Finalmente, se le proporcionan a dicha representación unas características semánticas, dando lugar a su reconocimiento.

Por lo tanto, a través del reconocimiento se permite percibir aquellas características o propiedades físicas obtenidas a través de la información de nuestro entorno (forma, color, textura) , y asignarle atributos semánticos mediante los cuales se dota a dicha información de significado. Este significado no se limita al conocimiento de cada elemento de manera individual, sino también a la relación con el resto de los elementos, su función y la experiencia previa obtenida [33]. Por tanto, el reconocimiento representa la codificación de la información espacial derivada de la experiencia perceptiva [34].

Este tipo de capacidad puede verse afectada en gran parte con el deterioro cognitivo al estar éste estrechamente vinculado con la memoria. Esto puede implicar que a medida que el cerebro de deteriora, el usuario puede perder la capacidad tanto de reconocer como la capacidad para poder denominar o definir aquello que percibe. Por este motivo, esta función es trabajada desde gran parte de los programas de psicoestimulación, involucrando al mismo tiempo, la estimulación de otras funciones cognitivas como la memoria y el lenguaje.

2.3.3 Memoria

La memoria es definida como la capacidad de codificar, almacenar y recuperar de manera efectiva información aprendida o un suceso vivido [35, 36]. Estos tres procesos son conocidos como las tres fases de la memoria:

- La codificación es el proceso en el cual se transforma la información percibida en una representación mental, de cara a ser almacenada. Para ello, aspectos como la concentración, la atención, la intensidad y la motivación del individuo juegan un papel muy esencial de cara a procesar los estímulos.
- El almacenamiento es el proceso basado en retener los datos en la memoria para poderlos usar posteriormente. Este almacenamiento se puede realizar según distintos esquemas, estructuras o imágenes mentales, dependiendo de la información y del usuario.
- Finalmente, la recuperación es el proceso en el cual se accede al recuerdo y se recupera la información almacenada en la memoria. Esta acción puede darse de forma voluntaria o espontánea.

En 1968, Atkinson y Shiffrin [37] desarrollaron la teoría multi-almacén de la memoria, donde se determinaron tres tipos de memorias, clasificadas según la duración de la información almacenada:

- Memoria sensorial: Es la memoria más breve, ya que registra la información percibida a través de los sentidos durante una duración de milisegundos (200-500), e inmediatamente es trasmitida a la memoria a corto plazo. La memoria sensorial recibe las características físicas de los estímulos, registrando las sensaciones percibidas. Spearling [38] demostró que el número límite de elementos que se pueden llegar a reportar puede superar los 12 elementos.

- Memoria a corto plazo (MCP) o Memoria de Trabajo: Es la memoria encargada de recibir la información transferida por la memoria sensorial, la cual organiza e interpreta según las propias experiencias. Aunque su duración es más larga que la sensorial (aproximadamente 30 segundos), este tipo de memoria está limitada a 7±2 elementos, como expuso George Miller (1956) [39], pudiendo aumentar su duración según técnicas semánticas o relacionales. La memoria a corto plazo fue reemplazada por Baddeley y Hitch en 1974 [40], rebautizándola como Memoria de Trabajo, debido a su importancia funcional en el procesamiento cognitivo, gracias a la cual se permite el cumplimiento de tareas cognitivas como el razonamiento, la comprensión y la resolución de problemas.

- Memoria a largo plazo (MLP): Es la memoria encargada de almacenar la información por un periodo de tiempo prolongado. Este tipo de memoria posee una capacidad ilimitada, tanto en su duración para preservar los datos almacenados, como en el volumen de información que puede abarcar. Incluye aquellos recuerdos relacionados con el conocimiento de nuestro entorno social y cultural, los recuerdos autobiográficos, el lenguaje y el significado de los distintos conceptos. El neuropsicólogo Larry Squire [41] clasificó la memoria a largo plazo según el tipo de información a almacenar:

  - Memoria procedimental o implícita: Memoria relacionada con el aprendizaje de las distintas habilidades y destrezas, almacenando para ello el conocimiento sobre cómo llevarlas a cabo. Este tipo de conocimiento se adquiere mediante la repetición, y se accede a él de forma inconsciente y automática.
  - Memoria declarativa o explícita: Memoria relacionada con la información referente a los hechos y acontecimientos, incluyendo el conocimiento objetivo de las personas, los lugares y las cosas. Para acceder a este tipo conocimientos se debe hacer de forma consciente y voluntaria. Según Endel Tulving [42], la memoria declarativa se divide a su vez en dos tipos, memoria semántica y memoria episódica.

La memoria semántica hace referencia a conocimientos de carácter general acumulados durante toda la vida, como los hechos históricos, los nombres de las personas, lugares, etc., el nombre de los objetos y su utilidad, las reglas que definen el lenguaje.

Por otra parte, la memoria episódica es la memoria autobiográfica, a través de la cual se recuerda los distintos hechos o experiencias personales vividas, ubicándolos en espacio y tiempo. Para ello, y a diferencia de la memoria semántica, cobra gran importancia el contexto en el cual se adquirió dicho recuerdo.

La memoria es una de las funciones cognitivas que más se tiene en consideración dentro de los programas de estimulación cognitiva, ya que representa uno de los primeros signos evidentes de enfermedades que involucran un deterioro cognitivo, como la enfermedad de Alzheimer.

2.3.4 Lenguaje

El lenguaje puede ser considerado desde distintos puntos de vista. Por una parte, puede ser considerado desde el punto de vista de la interacción con el medio, es decir, se puede definir como el sistema de signos lingüísticos a través del cual nos comunicarnos, ya sea de manera oral o escrita. Pero también puede ser visto como "medio de representación de la información", no solo permitiendo codificar el entorno, sino también permitiendo crear operaciones conceptuales como por ejemplo, la planificación de eventos o el análisis de posibilidades [43].

Según plantea Lecours [44], la producción del lenguaje consiste en la materialización de signos (sonoros o escritos) que simbolizan objetos, ideas, etc., de acuerdo con una convención propia de una comunidad lingüística.

Lecours además expone que, a través del lenguaje, es posible realizar una serie de procesos involucrados:

- Expresión: Capacidad de formular ideas con sentido y de manera gramaticalmente correcta.
- Comprensión: Capacidad de entender el significado de palabras e ideas.
- Vocabulario: Conocimiento del léxico.
- Denominación: Capacidad de nombrar objetos, personas o hechos.
- Fluidez: Capacidad para producir de manera rápida y eficaz contenidos lingüísticos.
- Discriminación: Capacidad de reconocer, diferenciar e interpretar contenidos relacionados con el lenguaje.
- Repetición: Capacidad para producir los mismos sonidos que se escuchan.
- Escritura: Capacidad para transformar ideas en símbolos, caracteres e imágenes.
- Lectura: Capacidad para interpretar símbolos, caracteres e imágenes y transformarlos en habla.

El lenguaje es una de las capacidades afectadas por el proceso del deterioro cognitivo. Teniendo en cuenta que es el lenguaje representa un elemento esencial en la vida de las personas, sobre todo desde un punto de vista social, es importante trabajarlo desde sus distintos procesos involucrados previamente definidos.

2.3.5 Praxias

Las praxias podrían definirse como "las habilidades o capacidades para poner en marcha programas motores de manera voluntaria y, normalmente, aprendidos" [45]. Según Tallis y Soprano (1991) [46], las praxias se definen como "un sistema de movimientos coordinados en función de un resultado o una intención". Esto implica no sólo cualquier acción que se quiera llevar a cabo y el movimiento en sí a realizar, sino también el conocimiento de los elementos con los que se debe interactuar, así como la función de dichos elementos [47].

El modelo de Jeannerod (1997, [48]) describe que un sistema intencional genera por defecto una expectativa o predicción, para lo cual, el sistema debe utilizar la información previamente almacenada y llevar a cabo el acto motor hasta que éste se asemeja a la predicción definida. En el caso de no asemejarse, se deben realizar los ajustes necesarios para poderlo llevar a cabo [49]. Para ello, propone la definición de cinco etapas necesarias para poder realizar la acción deseada:

- Intención: El primer paso para poder llevar a cabo una acción implica la voluntariedad del usuario para llevarla a cabo.
- Planificación: Una vez se define la intención, es necesario llevar a cabo una planificación relacionada con el contexto de la acción.
- Programación: A continuación, se deben programar los pasos a seguir durante la ejecución de la acción, no solo teniendo en cuenta el fin, sino también los agentes externos que pueden afectar.
- Ejecución: Paso previo a la acción.
- Acción: Resultado obtenido de la ejecución.

Las praxias pueden clasificarse en cinco tipos [45]:

- Ideomotoras: Capacidad de realizar un movimiento o gesto simple de manera intencionada, como respuesta a una orden o imitación.
- Ideatorias: Capacidad para manipular objetos mediante una secuencia de gestos, para lo cual es necesario conocer la utilidad de los objetos, la acción a realizar, y el orden de gestos que hay que llevar a cabo para conseguir realizar la acción. Dentro de estas praxias, también se consideran

aquellas denominadas de vestido, y que constituyen las acciones que se deben llevar a cabo para poderse vestir.

- Visoconstructivas: Capacidad de planificar y realizar los movimientos necesarios para organizar una serie de elementos en el entorno, con el fin de obtener un dibujo o figura, ya sea copiando un modelo, modelando o construyendo.
- Faciales: Capacidad de realizar de manera voluntaria movimientos o gestos usando las distintas partes de la cara como ojos, boca, cejas, etc.

2.3.6 Orientación espacio tiempo personal

La orientación puede definirse como la capacidad que tiene la persona para ser consciente de su contexto espacial y temporal, en el que se encuentra en un momento determinado [17]. La orientación puede ser clasificada según tres tipos [11]:

- Personal: Capacidad de manejar y organizar la información relativa a la vida de una persona.
- Temporal: Capacidad de manejar información relativa a una fecha concreta (hora, día, mes, año, estación, festividad, etc.).
- Espacial: Capacidad de manejar información relativa a un lugar específico (lugar actual, de dónde viene, etc.).

Gracias a la orientación, tenemos la capacidad de situarnos a nosotros mismos, así como a otras personas, en un momento dado o una situación concreta. Esto permite adecuar las acciones a realizar según dicha situación.

En enfermedades como las demencias, se produce una desorientación tanto temporal como espacial, sujetos en gran parte de las ocasiones a una pérdida de memoria reciente, puesto que es una información que se encuentra en permanente cambio.

2.3.7 Cálculo

El cálculo es considerado como la capacidad que permite realizar operaciones matemáticas y aritméticas de forma mental. Para llevar a cabo estas operaciones, es necesario realizar una serie de procesos [50], que implican el conocimiento de las tablas numéricas, la comprensión de las operaciones aritméticas y su representación (+, -, ×), y el conocimiento del procedimiento a seguir para poder llevar a cabo los distintos cálculos.

Aspectos como la pérdida de memoria, el razonamiento o la agnosia, puede dificultar el proceso para realizar operaciones matemáticas. Esto puede afectar a la vida de la persona mayor sobre todo en lo relacionado con la gestión del dinero. Es por ello, que esta capacidad debe ser ejercitada desde distintos puntos de vista, como reconocimiento de números, operaciones sencillas, etc.

2.3.8 Funciones ejecutivas: razonamiento, abstracción, planificación y ejecución

El término de Funciones Ejecutivas fue propuesto por Lezak en 1982 [51], el cual las define como las funciones que nos permiten establecer, mantener, supervisar, corregir y alcanzar un plan de acción dirigido a una meta. Según Verdejo-García y Bechara [52], "las funciones ejecutivas constituyen las habilidades de alto orden implicadas en la generación, la regulación, la ejecución efectiva y el reajuste de conductas dirigidas a objetivos".

Las funciones ejecutivas representan una de las capacidades que más diferencia al ser humano respecto del resto de seres vivos [53], ya que abarcan las habilidades necesarias para que el individuo se pueda adaptar a situaciones nuevas y complejas, que impliquen comportamientos no automatizados [54].

Las habilidades consideradas como funciones ejecutivas son las siguientes [55, 56]:

- Inhibición: Capacidad para interrumpir nuestro comportamiento en un momento dado, incluyendo tanto acciones como pensamientos.
- Cambio: Capacidad para adaptarse de una situación a otra.
- Control emocional: Capacidad para modular respuestas emocionales mediante pensamientos racionales.
- Iniciación: Capacidad para empezar una actividad y definir una serie de planes o ideas, para solucionar aquellos problemas que puedan surgir.
- Memoria operativa: Capacidad para guardar la información relacionada con el objetivo de llevar a cabo una tarea.
- Planificación: Capacidad de gestionar las necesidades para llevar a cabo una tarea.
- Organización de materiales: Capacidad para ordenar el espacio u entorno según las necesidades y las tareas a llevar a cabo.
- Seguimiento de uno mismo: Capacidad para realizar un análisis sobre las propias acciones y evaluarlas según la situación y el objetivo a conseguir.

A lo largo del deterioro cognitivo que implica enfermedades como la demencia, las funciones cognitivas se van deteriorando a su vez. El objetivo principal de la estimulación cognitiva se basa en la ralentización del deterioro de aquellas funciones afectadas y el mantenimiento en la medida de lo posible de las funciones aún preservadas. A continuación, se presentan las diferentes técnicas que se pueden utilizar para llevar a cabo la estimulación cognitiva.

2.4 Técnicas de estimulación cognitiva

Actualmente, existe un amplio abanico de posibles técnicas, materiales o ejercicios a través de los cuales se pueden ejercitar las distintas funciones cognitivas. En la mayor parte de los casos, a través de un ejercicio es posible ejercitar varias funciones cognitivas de manera simultánea, aunque generalmente se destaca una de las funciones por encima de las demás. De la misma forma, una función cognitiva puede ser ejercitada mediante la realización de distintos ejercicios con temáticas variadas.

Las técnicas más extendidas abarcan desde métodos más clásicos, como cuadernos de ejercicios, hasta otros más novedosos como son los programas informáticos de estimulación cognitiva, aplicaciones de móviles para la realización de ejercicios o la neurotecnología. A continuación, se explica cada uno de estos métodos en detalle.

2.4.1 Métodos tradicionales

Los programas tradicionales de estimulación cognitiva son muy variados y abarcan una gran gama de ejercicios. Con ellos, se consigue un programa de estimulación en el que se incluyen no sólo la estimulación de funciones cognitivas, sino también otras terapias (como la de orientación a la realidad y reminiscencia), las cuales se explican a lo largo de este capítulo.

En lo referente a la estimulación de las funciones cognitivas, lo más común es hacer uso de cuadernos o láminas de ejercicios en los que se suelen trabajar campos como el lenguaje, atención, memoria, percepción, lectura y escritura, funciones ejecutivas y cálculo. Además, es frecuente que tengan incluidos distintos niveles de dificultad, con el fin de poder adaptarlos a los distintos estados del deterioro cognitivo. Éstos son de fácil acceso, al poderse descargar directamente de Internet como es el caso de los "Cuadernos de Ejercicios de Estimulación Cognitiva" de Esteve [57] o "Volver a Empezar" [17], o ser comprados en establecimientos (o a través de la propia Web), como es el caso de los "Cuadernos de Ejercicios de Estimulación Cognitiva" de Rubio [58].

Es importante tener en consideración que hay ciertas funciones que no se pueden ejercitar directamente realizando los ejercicios propuestos en las propias láminas. Para estos casos, es muy importante la tarea del terapeuta a nivel de supervisar la realización de estas actividades, como pueden ser la lectura de un texto en voz alta o la realización de ciertas órdenes. A su vez, el terapeuta debe corregir los ejercicios que realice el sujeto.

Para complementar las láminas utilizadas, se suele hacer uso de otro tipo de material (veáse la Figura 2.3), como puede ser:

- Objetos de la vida cotidiana: Se suelen utilizar en ejercicios relacionados con la percepción (reconocimiento de formas o colores), memoria (reconocer para qué sirven), lenguaje (saber

Figura 2.3: Métodos tradicionales de Estimulación Cognitiva.

cómo se llaman), función ejecutiva (relacionarlos con una acción o compararlos entre sí) y praxias (saber utilizarlos).

- Objetos orientados a estimulación sensorial: Se suelen aplicar sobre todo para funciones como la percepción, funciones ejecutivas o praxias.
- Juegos clásicos tales como el bingo, ahorcado, parejas, cartas… en los cuales se pueden aplicar todas las funciones cognitivas de una forma mucho más amena y divertida.
- Material para hacer manualidades.
- Tarjetas con dibujos o textos.

A continuación, por cada una de las funciones cognitivas presentadas se explican las principales actividades que se suelen llevar a cabo para poderlas ejercitar mediante este tipo de métodos tradicionales basados en los cuadernos antes mencionados [59].

2.4.1.1 Atención

Aunque la capacidad de atención puede ser trabajada a través de los distintos ejercicios propios de otras funciones cognitivas, al requerir de la atención de la persona para ser realizados, existen una serie de tareas focalizadas especialmente en esta función cognitiva:

- Detectar las imágenes iguales entre sí o iguales a un modelo.
- Buscar y detectar una letra o palabra dentro de un texto o conjunto de letras (sopa de letras). Esto también se puede realizar mediante el uso de símbolos o dibujos.
- Encontrar las diferencias entre dos imágenes.

2.4.1.2 Percepción y reconocimiento (Gnosias)

- Agrupar elementos que cumplan unos atributos físicos similares (forma, textura, etc.)
- Diferenciar entre los distintos conceptos espaciales: lejos, cerca, encima, debajo, derecha, izquierda, etc.
- Reconocimiento visual:
  - Reconocer números, letras, colores, formas.
  - Reconocer las imágenes que son similares a un modelo, aunque esto no implique que sean idénticas (por ejemplo: un objeto visto desde distintos puntos de vista).
  - Detectar la parte o elemento que falta dentro de una imagen.
  - Reconocer rostros conocidos o expresiones.
  - Reconocer los elementos que pertenecen a un ámbito o campo concreto mediante imágenes (animales, instrumentos de música, etc.).
  - Reconocer y localizar partes del cuerpo.
  - Reconocimiento de las horas marcadas por un reloj.
  - Identificar las señales de tráfico.
- Reconocimiento táctil: Identificación de tipos de superficies o formas mediante el tacto.
- Reconocimiento auditivo: Identificación de distintos sonidos.
- Reconocimiento gustativo: Identificación de sabores, el tipo (dulce, picante,etc.) e identificar el alimento en sí.
- Reconocimiento olfativo: Identificación de olores representativos.

2.4.1.3 Memoria

- Memoria de Trabajo:
  - Repetir una serie de palabras, números o frases en voz alta.
  - Juego de parejas: Se colocan una serie de cartas boca abajo, donde cada carta tiene otra carta idéntica con la que hace pareja. La persona tiene que ir levantando cartas de dos en dos, con el fin de levantar dos cartas que sean pareja. En el caso de no levantar dos cartas que formen una pareja, se vuelven a poner esas dos cartas boca abajo donde estaban colocadas.
  - Mostrar objetos, imágenes, números, etc. durante un tiempo, tras el cual se le pregunta a la persona cuáles recuerda, o que los seleccione entre una lista dada.

  - Leer un texto y después responder a algo referente a él. Igualmente con una imagen o una serie de formas, palabras, objetos, etc. También se puede usar un objeto que pueda manipular.

- Memoria Semántica: Preguntas de cultura general, personajes famosos, profesiones, geografía, fechas importantes, canciones, aspectos prácticos.
- Memoria Biográfica: Aspectos personales de la vida pasada del sujeto.

2.4.1.4 Lenguaje

- Lectura: Leer un texto o lista de palabras o frases.
- Escritura:
  - Copiar las palabras indicadas.
  - Escribir una redacción de manera autónoma o mediante dictado.
- Comprensión:
  - Entender órdenes.
  - Contestar preguntas de un texto (lectura).
- Vocabulario y léxico:
  - Completar palabras a las que le falta una letra.
  - Generar nuevas palabras a partir de un conjunto de letras o una palabra dada.
  - Denominación mediante imágenes, describiendo de forma escrita u oral lo que se muestra en la imagen.
  - Decir palabras que tengan relación entre sí o clasificarlas por categorías.
  - Decir palabras que empiecen por una letra o sílaba concreta.
- Lenguaje automático:
  - Terminar las frases de forma automática.
  - Nombrar una serie de letras o palabras (ej: números, meses del año, letras del abecedario).
  - Recitar o terminar distintos refranes.
- Oral espontáneo: Describir una imagen o situación dada.
- Repetición oral: Repetir palabra o frases.

- Tareas verbalizadas que implican cierto conocimiento semántico y razonamiento:
  - Decir semejanzas y diferencias.
  - Resolver adivinanzas.
  - Definir una palabra.
  - Indicar para qué sirve un objeto según su nombre y viceversa. Esto también puede aplicarse a profesiones, lugares, etc.
  - Sinónimos y antónimos, tanto con palabras como con frases completas.

2.4.1.5 Praxias

- Dibujo espontáneo, copiar un modelo, completar un dibujo, unir puntos, colorear, etc.
- Tareas de recortar y pegar.
- Construcción de figuras mediante distintos materiales (cartón, palillos, madera, etc.).
- Utilización de objetos, reproduciendo la acción que hay que llevar a cabo para usarlos.
- Gestuales: Representar diferentes acciones cotidianas, mímica, etc.

2.4.1.6 Orientación temporoespacial

- Orientación temporal:
  - Saber la parte del día, hora, mes, día de la semana, día del mes, estación, año del momento actual.
  - Relacionar el momento actual u otra fecha concreta con un evento o acontecimiento representativo.
- Orientación espacial:
  - Identificar el lugar actual, ciudad, barrio, planta, habitación, país.
  - Relacionar un evento con un lugar concreto.
- Orientación personal y autobiográfica básica: Repasar información personal (nombre, edad, fecha y lugar de nacimiento, estado civil) o datos familiares.

2.4.1.7 Cálculo

- Contar una serie de elementos.
- Procesamiento numérico: Pregunta sobre números que se encuentran en un intervalo, ordenar una serie de números, continuar una serie.
- Comprensión numérica: Escribir en cifras o letras una cantidad. Realizar cálculos de dinero según las monedas. Agrupar objetos por cantidades dadas. Identificar los números que cumplen una condición (ej: números pares).
- Operaciones aritméticas directas: Operaciones de tipo suma, resta, multiplicación, división (ejemplo: 2+2).
- Operaciones aritméticas aplicadas: Resolver el problema matemático que plantea una situación cotidiana, como el manejo de dinero o sumar tantos en una baraja.

2.4.1.8 Funciones ejecutivas

- Semejanzas y diferencias (Interferencia): Buscar el aspecto en común y diferente de varios objetos o conceptos. Seleccionar el objeto que cumple una determinada condición entre los demás. Descartar la palabra que menos relación tenga con el resto.
- Secuencias de acción:
  - Señalar las distintas etapas a realizar para llevar a cabo una acción.
  - Ordenar una serie de acciones (ya sea de manera escrita o mediante imágenes) según una secuencia lógica, temporal o según un orden específico.
- Continuar una serie propuesta (de colores, números, formas o figuras).
- Hallar y ordenar una serie de elementos según unos requisitos definidos, implicando también series en orden inverso. Esto puede realizarse mediante palabras, imágenes u otros elementos u objetos (por ejemplo, cartas).
- Realizar laberintos.
- Utilización de claves, mediante la asociación de números, colores o figuras, a letras u otros elementos.
- Realización de distintas acciones según la orden que se reciba. Dicha orden puede estar asociada a distintos estímulos que la persona puede recibir (por ejemplo, una palmada o la frase “Simón dice”).

2.4.2 Métodos informáticos

Gracias al avance tecnológico que se ha venido produciendo en estas últimas décadas, poco a poco han ido surgiendo programas informáticos orientados a la estimulación cognitiva, evaluación y rehabilitación neuropsicológica, dirigidos a profesionales que intervienen a pacientes con deterioro cognitivo causado por el envejecimiento, enfermedades neurodegenerativas, enfermedad mental, trastornos neuro-psiquiátricos, daño cerebral, parálisis cerebral, etc.

Éstos se basan en la ejecución de actividades que estimulan diferentes funciones cognitivas, según niveles de habilidad y ejecución, a partir de un amplio abanico de distintos ejercicios. De esta forma, se posibilita potenciar las funciones preservadas, promover la recuperación de las no conservadas, y frenar la evolución de algunas enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer. De igual forma, se ayuda a prevenir el deterioro cognitivo.

El seguimiento de los resultados posibilita al terapeuta la realización de tratamientos con múltiples pacientes a través de sesiones individualizadas, llevadas a cabo de forma autónoma. Estos resultados y su evaluación se obtienen de forma automática e inmediata cuando el paciente termina el ejercicio que está realizando.

Gracias a una interfaz simple, se permite la definición de tratamientos personalizados y aleatorios, evitando el efecto de aprendizaje y asegurando la diversidad de contenido para la estimulación de una misma actividad cognitiva.

El paciente interacciona con el programa a través del ratón o de una pantalla táctil (Figura 2.4), no siendo necesario ningún conocimiento informático mínimo. El programa proporciona al paciente retroalimentación inmediata de sus respuestas a través de refuerzos visuales y auditivos.

A pesar de que los programas informáticos de estimulación cognitiva incluyen un gran número de ejercicios que permiten ejercitar las distintas funciones cognitivas, existen ciertas actividades que hoy en día no han sido incluidas en este tipo de métodos, ya sea por limitaciones técnicas o porque impliquen cierta información personal.

Estas actividades no incluidas abarcan las funciones cognitivas de orientación espacial, gnosias táctiles, olfativas y gustativas, aquellas actividades relacionadas con el lenguaje que impliquen escritura o interacción natural por voz, o cualquier tipo de praxia. Esto hace necesario que los métodos informáticos sean complementados mediante otras técnicas o terapias más tradicionales.

Algunos ejemplos de programas informáticos orientados a la estimulación cognitiva son Gradior [60] o NeuronUp [61], los cuales se explican a continuación.

Figura 2.4: Una usuaria realizando un ejercicio de estimulación cognitiva con el programa informático Gradior.

2.4.2.1 Gradior

Un ejemplo de este tipo de programas es el software Gradior, desarrollado por la Fundación INTRAS[1] bajo la dirección del doctor Franco [60]. Esta herramienta es un sistema multimedia de entrenamiento, rehabilitación y evaluación cognitiva y neuropsicológica, basada en la interacción mediante un ordenador con pantalla táctil. Gradior ha sido diseñado para la aplicación en diferentes patologías y trastornos como la demencia, traumatismos craneoencefálicos, trastornos neuropsiquiátricos de afección cerebral, parálisis cerebral, discapacidad intelectual y enfermedad mental. Está basado en el conocimiento científico actual y la actividad experimental realizada por la Fundación INTRAS, que lleva más de 10 años en este campo, con más de 450 centros asociados, asegurando así un proceso de mejora continua del producto.

A través de distintos estudios llevados a cabo, se ha podido demostrar la eficacia del programa con distintos tipos de usuarios. Por ejemplo, en el 2002 [62] se llevó a cabo un estudio con enfermos de Alzheimer con deterioro leve durante un año y medio, donde 54 de los participantes fueron sometidos al programa, mientras que otros 79 sirvieron de grupo control. Los resultados obtenidos a través del MMSE (Mini Mental State Examination) demostraron que el grupo que utilizó el programa pudo mantener sus funciones cognitivas, mientras que las de los sujetos del grupo control empeoraron.

Los aspectos más destacables de Gradior son los siguientes:

- Flexibilidad: Puede ser utilizado por un amplio abanico de usuarios con distintas patologías cognitivas.

[1] `https://www.intras.es`

- Dinamismo: El contenido que se muestra en los ejercicios a realizar cambia entre las distintas sesiones, para evitar dar la sensación a los usuarios de repetitividad.
- Sencillez: La herramienta ha sido diseñada para ser fácil de usar, sin requerir unos amplios conocimientos previos de informática.
- Disponibilidad: Es una herramienta de fácil adquisición independientemente de la localidad.
- Utilidad: Gradior está orientado tanto al entrenamiento de las funciones cognitivas como a la propia detección del deterioro cognitivo y de su desarrollo.

Gradior permite personalizar los tratamientos según las necesidades y características de cada usuario. En estos tratamientos se trabajan las diferentes actividades cognitivas que el terapeuta considere necesarias, tras la evaluación de usuario. Los tratamientos son diseñados con vistas a largo plazo con la intención de que un tratamiento no sea finalizado en una única sesión, sino que pueda llevarse a cabo durante un determinado periodo de tiempo abarcando distintas sesiones.

Para crear un nuevo tratamiento, además de especificar el nombre, descripción, etc., se deben definir los ejercicios que se van a incluir. Para elegir cada ejercicio, se debe determinar la capacidad cognitiva, la submodalidad y el nivel correspondiente. El programa elegirá automáticamente aquellos ejercicios que cumplan dichas características, y en cada ejecución, nunca se presentará el mismo ejercicio con el mismo contenido, de forma que no se produzca el efecto aprendizaje.

El paciente cada vez que llega a realizar su sesión, ve ejercicios con contenidos distintos, aunque trabaje las mismas actividades cognitivas establecidas en el tratamiento, dando lugar a ejercicios dinámicos (misma actividad cognitiva, distinto contenido).

Una vez seleccionado los ejercicios, se puede establecer el orden de presentación y la frecuencia de aparición a lo largo del tratamiento, permitiendo una adecuada progresión didáctica, evitando ejercicios cognitivos al azar, y posibilitando que se rehabiliten secuencialmente desde funciones cognitivas más básicas a las más complejas. De cara a especificar la frecuencia de aparición del ejercicio, se han definido cuatro niveles:

- Siempre: Todas las sesiones del tratamiento se iniciarán con estos ejercicios.
- Frecuente: Son ejercicios que se ejecutan en todos los ciclos de tratamiento. Un ciclo corresponde a la aplicación de todos los ejercicios incluidos en el tratamiento. Un tratamiento puede incluir varios ciclos.
- Algunas veces: Un ciclo sí y otro no. Útil para pacientes que están perdiendo la capacidad cognitiva, pero que no se quiere eliminar la actividad completamente del tratamiento.
- Rara vez: Un ciclo si y dos que no.

Gradior cuenta con un amplio abanico de ejercicios con el objetivo de poder trabajar y estimular las distintas habilidades cognitivas. Cada uno de ellos contiene diversos niveles para poder ajustar el ejercicio al nivel cognitivo del usuario, así como distintas versiones en las que simplemente se modifica el contenido a mostrar, para así evitar la repetitividad.

Además, ofrece la posibilidad de llevar un seguimiento de los tratamientos de rehabilitación de cada paciente, de forma que en cualquier momento se tiene una visión global de la historia clínica del usuario y su evolución durante el tratamiento de rehabilitación. Los informes por tanto, constituyen el módulo clave a partir del cual el terapeuta puede llevar un control periódico de la evolución del paciente, y valorar la intervención futura para mejorar sus habilidades cognitivas.

Se pueden generar informes de los datos introducidos en el gestor de historia clínica, de la investigación (si el usuario perteneciera a una investigación), y/o de los resultados de la ejecución del paciente junto con las características de la tarea (datos de sesión y sus ejercicios, los aciertos, fallos por omisión, fallos por comisión, tiempo de reacción mínimo, medio y máximo, y resumen de la sesión con el porcentaje de aciertos, fallos y no respuestas).

A continuación, se presenta un resumen de las principales actividades que Gradior propone por cada una de las funciones cognitivas:

Orientación temporoespacial

- Orientación temporal: Identificar el momento del día, mes, día de la semana, día del mes, estación, año.

Atención

Estas actividades pueden involucrar un tiempo corto o prolongado (atención sostenida).

- Atención Selectiva Visual Secuencial: Tocar un objeto cuando aparezca en pantalla.
- Atención Vigilancia Color y Destellos: Tocar un objeto cuando cambie al color indicado, o cuando la pantalla sea la que cambia a ese color.
- Atención Selectiva Visual simultánea: Tocar el objeto igual al modelo.

Percepción (Gnosia)

- Percepción Colores Gráfica, Texto o Auditiva: Detectar los objetos de un color concreto mediante una imagen cromática de dicho color o por el propio nombre (escrito o escuchado).
- Percepción Visual Figuras: Detectar los objetos iguales a un modelo (incluso faltando alguna parte), o de su misma categoría.

- Percepción Visual Rostros: Detectar las caras de la misma persona del modelo.
- Percepción Visual Tamaños: Detectar los tamaños de distintos objetos (reales o tamaños relativos).

Memoria

- Memoria Asociativa: Recordar parejas de imágenes, caras y/o palabras.
- Memoria Gráfica, Verbal y Auditiva Inmediata, a Corto y Largo plazo: Recordar una serie de palabras/imágenes/audios, y después reconocerlas entre otras (con o sin pantalla distractora).
- Memoria Span: Recordar una secuencia de palabras/imágenes/números en orden directo e inverso.
- Memoria Localización: Recordar el lugar de objetos que se muestran, y después se ocultan.
- Memoria Implícita: Similar a la verbal, pero sin preguntar directamente por la palabra.
- Memoria Semántica: Recordar significados y otros conocimientos no relacionados con experiencias concretas.

Función ejecutiva

- Razonamiento Historia: Ordenar una serie de fotos o una serie de acciones para llevar a cabo una tarea concreta o para formar una historia.
- Razonamiento Ordenar Gráficas: Ordenar una serie de imágenes según un criterio.
- Razonamiento Letras y Números: Ordenar una secuencia de letras y números.
- Puzle: Resolver puzles con modelo.
- Inhibición: Tocar un objeto o botón cuando cumpla una condición concreta (visual o auditivo), según un estímulo anterior.
- Claves: Reconocer objetos y la figura con la que se relaciona.
- Interferencia: Reconocer el estímulo compuesto incongruente.

Cálculo

- Procesamiento numérico: Resolver el problema matemático que plantea.

Praxias y Lenguaje Estas funciones no han sido incluidas dentro del programa.

2.4.2.2 NeuronUp

Al igual que Gradior, este programa está orientado a la realización de ejercicios para la estimulación cognitiva de usuarios con enfermedades que impliquen un deterioro cognitivo como Alzheimer, Parkinson, esclerosis múltiple, etc., u otro tipo de patologías que afecten a las capacidades cognitivas, como casos de ictus, trastornos de atención e hiperactividad, daños cerebrales, etc. Neuronup[2] fue diseñado con el objetivo principal de reducir el tiempo que los terapeutas dedican para el diseño de sesiones, búsqueda de materiales disponibles, etc. Los tratamientos que se llevan a cabo pueden ser realizados tanto en centros especializados como en el propio domicilio del paciente.

NeuronUp permite una gestión de cuentas de usuarios, de manera que el usuario pueda acceder a su cuenta personal y realizar los ejercicios o sesiones que el terapeuta le ha asignado según sus capacidades cognitivas. Para crear dichas sesiones, es necesario que el terapeuta defina los ejercicios que a incluir teniendo en cuenta su duración y la de la sesión, el paciente o pacientes a los que se le asigna, y si va a ser realizada en un centro o en un domicilio. A medida que el usuario realiza los ejercicios, el terapeuta puede acceder a los resultados obtenidos de la ejecución, donde se refleja el porcentaje de aciertos y fallos, el tiempo de respuesta, etc. El terapeuta por su parte, puede añadir ciertos comentarios u observaciones junto con los resultados que, según se especifique, pueden ser vistos o no por el propio paciente.

Todos los ejercicios que abarca la herramienta NeuronUp comprenden distintos niveles de dificultad. Así mismo, cada uno permite realizarlo a través del programa mediante su versión digital, u obtenerlo en formato papel. De esta forma, se le permite al terapeuta elegir dependiendo del número de pacientes, su deterioro o el lugar donde se vaya a llevar a cabo la sesión. Además, la realización de los ejercicios a través del programa software permite un feedback directo al paciente según sus resultados, y el registro de dichos resultados de manera automática.

Es importante mencionar que, a diferencia de Gradior, a través de NeuronUp el terapeuta debe diseñar una serie de sesiones específicas, definiendo los ejercicios concretos a ejecutar en cada una de ellas. Gradior, por su parte, permite el diseño de tratamientos a largo plazo, en el que no es necesario especificar los ejercicios concretos a realizar en cada sesión, sino que estos se eligen según las especificaciones de frecuencia que se hayan definido. En lo referente al contenido de los ejercicios, Gradior se encarga de alternar los estímulos mostrados a través de un mismo ejercicio en sus distintas ejecuciones, mientras que en NeuronUp, el terapeuta debe definir el contenido a mostrar dentro de cada ejercicio. Para evitar que este contenido siempre sea el mismo, a la hora de definir el ejercicio a ejecutar, NeuronUp cuenta con un generador capaz de elegir dicho contenido de manera aleatoria entre sus distintas posibilidades, hasta que el terapeuta considere el contenido adecuando. De la misma forma, se permite la posibilidad de poder personalizar el contenido específico a mostrar

[2] `https://www.neuronup.com`

durante la ejecución de un ejercicio. De esta forma, aunque la selección de contenido deba ser previamente seleccionado por el terapeuta, implicando un trabajo extra en comparación con Gradior, se obtiene una gran flexibilidad en cuanto al contenido que se puede mostrar, permitiendo ser personalizado y adaptado al propio usuario y sus gustos o preferencias.

NeuronUp cuenta además con una colección de juegos que sirven para ejercitar las distintas funciones cognitivas, donde el nivel se incrementa a medida que el usuario progresa. También cuenta con una serie de simuladores que representan distintas actividades de la vida diario, de forma que si el usuario debe realizar una de estas acciones, pueda consultar el simulador correspondiente para saber los pasos que debe llevar a cabo. Así mismo, el programa ofrece una serie de recursos que el terapeuta puede buscar y utilizar en la realización de distintos ejercicios, como por ejemplo, imágenes o audios.

2.4.2.3 Otros métodos

Además de los métodos ya presentados, existen otros basados en las nuevas tecnologías, los cuales también pueden ser utilizados para entrenar las distintas capacidades cognitivas. Un ejemplo de ello son las aplicaciones comerciales de "entrenamiento cerebral" (brain training) desarrolladas para ser ejecutadas a través de móviles o tabletas. Esto presenta como ventaja la capacidad de poder realizar los ejercicios en cualquier momento o lugar. Estas aplicaciones ofrecen una serie de ejercicios que abarcan distintas funciones cognitivas y funciones ejecutivas como atención, razonamiento, lenguaje, memoria o cálculo, pudiendo a su vez ajustar el nivel de dificultad que se desee. Algunos ejemplos de estas aplicaciones son: Lumosity[3], Elevate brain Training[4], NeuroNation[5], Fit Brains Trainer[6] o Peak[7]. Aunque este tipo de aplicaciones están ampliamente extendidas, no existe evidencia de su eficacia en el tratamiento de un deterioro cognitivo, al no implicar sesiones adaptadas al usuario según su necesidad y supervisadas por un terapeuta.

Por otro lado, la neurotecnología constituye otro de los métodos que actualmente están siendo aplicados en el ámbito de la estimulación cognitiva. Los equipos utilizados basados en la electroencefalografía registran la distinta actividad cerebral de cara a diseñar distintas intervenciones que produzcan un cambio en la neuroplasticidad cerebral, generado por una mejora en ciertas capacidades cognitivas. Un ejemplo de este tipo de tecnología es el dispositivo Elevvo, creado por la empresa Bitbrain[8], diseñado con el fin de mejorar entre un 10%-30% capacidades como la memoria de trabajo, la velocidad de procesamiento y la atención sostenida, mediante la generación

[3] https://www.lumosity.com/es/
[4] https://www.elevateapp.com/
[5] https://www.neuronation.com/start-app
[6] https://fit-brains-trainer.uptodown.com/android
[7] https://www.peak.net/
[8] https://www.bitbrain.com

de cambio neuroplásticos en la actividad cerebral referente a las capacidades cognitivas, adaptándose a la fisiología cerebral de cada persona.

Dentro de esos nuevos métodos, también se pueden englobar aquellos programas de estimulación cognitiva desarrollados usando plataformas robóticas. A nivel técnico, los robots aportan las mismas ventajas que los programas informáticos al tratarse de una tecnología similar, además de permitir una interacción multimodal con el usuario. La posibilidad de incluir articulaciones, además de dispositivos como por ejemplo luces, amplía las capacidades de expresión de los robots. Finalmente, en comparación con los métodos informáticos, los robots pueden dar la imagen de un "ser" que puede percibir estímulos del entorno y que puede expresarse, lo que el usuario puede percibir como una interacción más natural. Esta y otras funcionalidades serán explicadas en el siguiente capítulo, en el que se exponen los distintos robots orientados a interaccionar con personas mayores, donde los ejercicios de estimulación cognitiva representan una de las principales aplicaciones implementadas en ellos, y que además ha servido como base para el desarrollo de la tesis presentada en este documento.

2.5 Otras terapias no farmacológicas

Como ya se mencionó, además de la estimulación cognitiva, las principales terapias no farmacológicas son la terapia de orientación a la realidad (OR), la terapia de reminiscencia, la terapia comportamental y la terapia de validación. A continuación se explican cada una de ellas.

2.5.1 Terapia de orientación a la realidad (OR)

Esta terapia fue inicialmente definida para tratar a antiguos veteranos de guerra con graves trastornos [7]. No fue hasta 1966 cuando Taulbee y Folsom [63] la definieron como técnica para mejorar la calidad de vida de personas mayores en el ámbito geriátrico con estados de confusión. En 1978, Drummond *et al.* [64], presentaron una guía práctica a través de la cual se describía la aplicación de la OR, siendo posteriormente modificada por Holden y Woods en 1982 [65], y constituyendo una de las primeras terapias psicosociales sistematizadas en ser practicada por distintas instituciones.

Esta técnica se basa en la idea de que a través de la orientación, se permite a la persona tener una mayor comprensión de su entorno, produciendo una mayor sensación de control y autoestima. A su vez, dicha comprensión puede beneficiar a su vez el desarrollo de otras funciones cognitivas. Para ello, se debe enfatizar en la información que hace referencia al lugar y tiempo en el que se encuentra la persona, así como sus datos personales, circunstanciales y biográficos. Esto además permite superar problemas referentes a la memoria episódica a corto y medio plazo, propios del deterioro cognitivo en enfermedades como el Alzheimer.

La terapia de orientación a la realidad puede ser aplicada según dos métodos distintos:

- En sesiones ("intensiva", "formal" o "clases de OR"): En este caso, la terapia se aplica en sesiones grupales de 30-60 minutos varias veces por semana. Primero, se debe empezar por la orientación temporal y espacial, tras lo cual se realiza una discusión sobre una serie de eventos acontecidos relacionados con los distintos pacientes. Para llevar a cabo dichas sesiones, se suele hacer uso del Tablero de Orientación (veáse la Figura 2.5), a través del cual se puede representar información referente a la hora, fecha, lugar, etc. Según el nivel de deterioro de los pacientes, la información que se trabaje variará desde una orientación básica (orientación temporal y espacial actual) para pacientes con un deterioro más avanzado, hasta una información más compleja tratando temas relacionados con eventos pasados generales y personales (sucesos, relaciones interpersonales, etc.), para discutir o trabajar sobre ellos, en aquellos casos en los que el deterioro sea leve.
- 24 horas ("informal" o "básica"): En este caso, la aplicación de la terapia se realiza durante todo el día a través de las personas del entorno del paciente, las cuales se encargan de orientarle recordándole el día, lugar y la actividad a realizar, ayudándose para ello de la información proporcionada a través de referencias situadas en el entorno. Inicialmente, este tipo de método se basaba en dar la información al paciente a cualquier oportunidad, mientras que actualmente se orienta más hacia la idea de responder las dudas que le puedan surgir y ayudar al paciente a conseguir descubrir las respuestas por sí mismo, evitando además el riesgo de sobreestimulación.

Figura 2.5: Ejemplo de Tablero de Orientación utilizado en la terapia de Orientación a la Realidad.

La terapia de orientación a la realidad puede ser aplicada de manera grupal o individual con el objetivo de reducir el nivel de desorientación de los pacientes. Además, es recomendable aplicar este tipo de terapia como complemento de otros métodos de estimulación cognitiva [66, 67, 68].

De cara a analizar la eficacia de esta terapia, se han realizado numerosos estudios, constituyendo así una de las terapias más estudiadas. El primero de estos estudios fue realizado en 1975 por Brook *et al.* [69], en el que se obtuvieron resultados positivos en la capacidad de orientación de aquellos pacientes que habían asistido a las sesiones.

En el estudio realizado por Brook, Degun y Mather (1975) [69], se demostró la necesidad del trabajo sobre los eventos personales a través de una estimulación interpersonal para llevar a cabo la terapia, debido a que limitarse al recordatorio de eventos externos o generales carece de efectos. Al mismo tiempo, demostraron que la mejora se da en aquellos pacientes que aún no presentan un deterioro avanzado.

Por su parte, Breuil [19] realizó uno de los pocos estudios que han aportado resultados positivos estadísticamente significativos en el ámbito cognitivo. Este estudio no fue limitado únicamente a las técnicas clásicas de la terapia de orientación a la realidad, sino que también se utilizó un método de estimulación cognitiva basada en imágenes mentales, a través de las cuales se permite ejercitar también la codificación y la memoria.

Por otra parte, existen una serie de estudios en los que se abala la eficacia de dicha intervención mantenida en el tiempo. Un ejemplo de ello es el estudio presentado por Zanetti *et al.* [70], en el cual se demostró como un conjunto de pacientes con Alzheimer en fase moderada, tras haber sido sometidos a la terapia durante 15 semanas, mostraban una mejor capacidad cognitiva que aquellos que habían realizado las sesiones durante sólo cuatro semanas, demostrando así como mantener la intervención en el tiempo puede dar lugar a mayores beneficios.

2.5.2 Terapia de reminiscencia

La terapia de reminiscencia es otra de las terapias utilizadas en centros geriátricos con el objetivo de mejorar la memoria episódica del paciente, mediante la revisión y discusión de su experiencia vital y los recuerdos que posee. Esta terapia además, permite ejercitar otras funciones cognitivas colaterales como pueden ser la atención, la orientación, la memoria semántica, gnosias y el lenguaje, por medio de la expresión y comprensión [71].

Esta terapia está basada en el hecho que de las personas que sufren demencia o algún tipo de deterioro cognitivo en fase leve o moderada, recuerdan mejor aquellos eventos sucedidos en su juventud, ya que se trata de recuerdos que han sido aprendidos y repetidos durante un largo periodo de tiempo, mientras que los trastornos de memoria suelen verse reflejados en aquellos recuerdos más recientes.

Durante la intervención, se le muestran al paciente una serie de estímulos, de forma que se evoque recuerdos o experiencias vividas, animando al paciente a hablar sobre ellos, dando más prioridad a la experiencia en sí y a las emociones que surgen de ello, en vez de al detalle de los hechos y su localización

exacta en el tiempo. De esta manera, no sólo se mejora la memoria y otras funciones cognitivas, sino que también se trabaja en la autoestima del paciente, su bienestar y la satisfacción por la vida que ha vivido.

Los estímulos utilizados suelen basarse en distintos objetos (fotografías, libros, revistas, ropa, etc.) de la época, olores característicos de su época (naftalina, un perfume concreto, etc.), sabores, sonidos de antaño (locomotora, campanas, etc.), canciones antiguas, etc. Esto es lo que comúnmente se denomina "Caja de Recuerdos" (Figura 2.6). Además, también se suele hacer uso de otras herramientas como por ejemplo, la Historia de Vida, consistente en un libro donde se pueden incluir los distintos acontecimientos de la vida del paciente, añadiendo fotos y anotaciones con los lugares o los nombres de las personas que estaban implicadas o que aparecen en dichas fotografías. Otra herramienta utilizada es la línea de tiempo, donde no sólo se distribuyen los distintos eventos personales vividos por el paciente, sino que también se incluyen otros eventos de ámbito general y que, de alguna forma, puedan haber afectado en las vivencias del anciano.

La ventaja de esta terapia es que permite trabajar con el paciente en distintas etapas de su deterioro, al involucrar la estimulación de su memoria remota en vez de la memoria a corto plazo, la cual se ve afectada desde las etapas más iniciales del deterioro cognitivo, sobre todo en enfermedades como el Alzheimer.

Figura 2.6: Ejemplo de objetos para una "Caja de Recuerdos", utilizada en la terapia de Reminiscencia.

De cara a evitar reacciones adversas se debe tratar este tipo de intervención desde aquellos aspectos positivos que se evocan, expresándolos y de esa manera, compartir las distintas vivencias de los participantes. Para ello, un aspecto esencial es conocer a las distintas personas involucradas en la intervención, de manera que se tengan en cuenta aquellos factores que pueden desencadenar un recuerdo desagradable, para lo cual también es importante mantener la confidencialidad y respetar su propia intimidad.

La terapia de reminiscencia puede ser llevada a cabo de manera profesional, a través de un especialista, o informalmente, a través de la ayuda de los propios familiares, de la misma forma que puede realizarse diariamente, varias veces por semana o cada semana. Aunque esta técnica puede llevarse a cabo en cualquier momento manteniendo conversaciones en las que se traten los recuerdos del propio paciente, o incluso en sesiones individuales, es preferible realizarla en sesiones grupales (grupo lo más homogéneo posible), de cara a favorecer las distintas capacidades sociales y comunicativas [66, 67].

Aunque la eficacia de la terapia de reminiscencia en cuanto a una mejora de las capacidades cognitivas no se considera del todo concluyente, ésta es considerada como actividad placentera para la mayor parte de los pacientes, generando a su vez un incremento de la capacidad de interacción.

2.5.3 Terapia comportamental

Este tipo de terapia tiene el objetivo de conseguir reforzar o mantener aquellas buenas conductas del paciente, o por el contrario disminuir la frecuencia de aparición de las conductas negativas. Para ello, se debe realizar un análisis de las relaciones existentes relacionadas a dicha conducta, así como los eventos previos o consecuentes. Estas conductas o comportamientos pueden abarcar aspectos diversos como las relaciones sociales, la realización de distintas actividades, las tareas relacionadas con la higiene personal, etc. Sin embargo, la eficacia de este tipo de terapia no ha podido ser del todo concluyente [72, 73].

2.5.4 Terapia de validación

Terapia definida por Feil [74], utilizada en personas con problemas de desorientación temporal, de manera que se les ayude a asumir de nuevo su vida actual y su consecuente realidad. Para llevarla a cabo, es esencial que el terapeuta o cuidador adopte una postura empática con el paciente, y trate de entender los sentimientos que conllevan a su comportamiento o desorientación. Esto parte de la idea de que siempre hay una razón detrás de cada comportamiento y por otra parte, de la premisa de que reconocer y validar los sentimientos del paciente puede permitir disminuir los comportamientos complicados, mientras que ignorarlos puede reforzarlos. Por tanto, a través de este tipo de terapia no sólo se consigue reducir situaciones de ansiedad y agitación, sino que también se consigue reafirmar la dignidad del paciente y por tanto, mejorar su calidad de vida.

2.6 Resumen

En este capítulo se han presentado las principales terapias no farmacológicas utilizadas en el ámbito de la demencia, haciendo especial mención a la estimulación cognitiva, explicando para ello en qué consisten las propias funciones cognitivas. Tras esto, se han expuesto los distintos métodos actuales

utilizados con el fin de aplicar la estimulación cognitiva. Entre ellos, se han mencionado los métodos tradicionales, los informáticos, y una introducción hacia el uso de nuevas tecnologías, como puede ser el caso de los robots, para llevar a cabo esta funcionalidad.

Esta investigación ha servido como base para el análisis de las ventajas y desventajas de los métodos más destacados, el cual será presentado en el Capítulo 5 del presente documento. Este análisis sirvió para observar y analizar las distintas posibilidades que podía suponer el uso de un robot con este fin, tanto desde el punto de vista de la alta disposición que puede tener el robot para interactuar con una persona mayor, sobre todo si se encuentra en su domicilio privado, como desde los diversos métodos de interacción que puede permitir.

Dado que esta tesis se encuentra enmarcada en el ámbito de la robótica, en el siguiente capítulo se presentan los principales robots sociales para personas mayores y sus funcionalidades más destacadas, entre las cuales se encuentra la implementación de ejercicios referentes a terapias de estimulación cognitiva.

CAPÍTULO 3

Robots sociales para personas mayores

3.1 Introducción

Gracias al gran desarrollo tecnológico de estos últimos años, cada vez han ido apareciendo un mayor número de robots. Éstos, ya no están solamente destinados para su utilización en fábricas, sino que existen otros muchos orientados para su empleo en nuestro entorno más cotidiano, como en hogares, oficinas, tiendas, hospitales, etc. Esto ha dado lugar a la creación de robots sociales con fines asistenciales, lúdicos e incluso afectivos.

Dado que la media de edad está siendo cada vez más alta, muchos mayores esperan poder alargar su vida independiente, y así mantener su calidad de vida. Esto provoca que se necesite una cantidad considerable de recursos implicados en la ayuda domiciliaria o en instituciones para asistir a estas personas. Es por ello que, poco a poco están apareciendo nuevas líneas de investigación y desarrollo para poder ayudar a las personas de la tercera edad con el uso de la tecnología, dando lugar por ejemplo a la creación de robots orientados a esta funcionalidad.

Las personas mayores suelen enfrentarse a situaciones complicadas debido a problemas relacionados con la soledad, las limitaciones físicas, el deterioro cognitivo, su implicación en la sociedad, alteraciones conductuales, etc., y estos robots tratan de ayudarlos en estos aspectos.

Por ese motivo, los robots diseñados para interaccionar con personas mayores deben estar orientados a fines como el entretenimiento, orientación, bienestar, psicoterapia, ejercicio físico o intercomunicación. Además, presentan una serie de ventajas a considerar. Por ejemplo, son capaces

de procesar rápidamente la información y, al contrario de las personas, no se cansan ni experimentan estrés, por lo que pueden ser útiles para aquellas tareas tediosas del propio cuidador.

En la actualidad, existen numerosas investigaciones sobre el efecto que puede causar un robot en personas de la tercera edad. En 2013, Mart *et al.* [75] llevaron a cabo diversos estudios en Estados Unidos, Japón y sureste de Asia, para poder observar la influencia que los robots pueden tener en los ancianos. Algunas de las conclusiones obtenidas en ese estudio fueron las siguientes:

- Por lo general, los robots suelen parecer agradables a los mayores.
- Es importante tener en cuenta tanto el material como la forma del robot, ya que son aspectos de diseño que afectan a la aceptación y al efecto sobre el usuario.
- Suelen provocar una disminución en los niveles de estrés del usuario, lo que provoca una mejora de la salud y de la respuesta de su sistema inmune.
- Mejoran en su capacidad social y de interacción.
- La sensación de soledad se reduce.
- Mejoran el humor del usuario.
- En general, suelen recordar al robot.

De igual forma, poco a poco van apareciendo un mayor número de robots sociales teniendo en cuenta las necesidades y características especiales de la gente mayor. Cabe mencionar que al tratarse de una tecnología muy novedosa, gran parte de estos robots son prototipos de laboratorio y no plataformas comerciales. En este capítulo se presentan algunos de estos robots, así como las principales consideraciones que se pueden tener respecto a su morfología y sus funcionalidades.

3.2 Configuración de los robots

Los robots sociales utilizados para interaccionar con mayores han sido diseñados con múltiples tipos de morfología o diseños dependiendo en gran medida de la finalidad para la cual fuese creado el robot y las distintas tareas que debe desempeñar, pero sobre todo teniendo en cuenta su interacción tanto con el usuario como con su entorno. Es importante mencionar que este sector de la población abarca personas que por lo general son ajenas a nuevas tecnologías, por lo que una de las mayores preocupaciones de cara a diseñar o utilizar un robot para interactuar con ancianos debe ser que su apariencia sea lo más amigable posible, evitando crear rechazo por parte del anciano.

Considerando esto, los robots pueden clasificarse según diferentes factores, como por ejemplo, según su interacción con el entorno, según su forma o según su material exterior.

En cuanto a su ubicación en el entorno, se han considerado tres tipos de robots: móviles, de sobremesa y abrazables. A continuación se describen cada uno de ellos:

- Robots móviles: Este tipo de robots suelen estar dotados de ruedas para poder moverse por el entorno, ya sea en el domicilio del mayor o en un centro asistencial. Algunos ejemplos de robots móviles pueden ser Hector [76] o la plataforma Kompai[1] (Figura 3.1). Este tipo de robots ofrecen una serie de ventajas, destacando principalmente la disponibilidad que tienen para poder interaccionar en prácticamente cualquier sitio del establecimiento, lo que conlleva que el anciano no tenga que mover el robot ni tenga que moverse hasta la habitación donde esté situado. Pero a su vez, este tipo de diseños conllevan grandes desventajas. En primer lugar, los robots móviles orientados a personas mayores suelen ser robots de gran tamaño para evitar que el anciano se tenga que agachar o inclinar, o incluso que se pueda tropezar con el propio robot si no lo ve. Por tanto, introducir un robot de estas características y dimensiones en una casa particular podría ser muy intrusivo para el anciano. El hecho además de ser móvil puede tener inconvenientes en el propio desplazamiento del robot en el caso de tener obstáculos en su camino, como pueden ser puertas, escaleras, pasos estrechos u objetos comunes en las casas como alfombras. También, hay que considerar el tiempo de autonomía del robot, dado que al tratarse de un robot móvil de tamaño considerable, la capacidad de sus baterías no permite un tiempo demasiado largo entre las distintas cargas, limitando por ello el funcionamiento del robot.

Figura 3.1: Ejemplos de robots móviles para personas mayores: Hector, Giraff, Kompai y Hobbit (de izquierda a derecha).

[1] https://kompairobotics.com/es/robot-kompai/

- Robots de sobremesa: Estos robots como pueden ser ElliQ[2] o Taizo [77], han sido diseñados para ser situados sobre una mesa o repisa desde donde interaccionan con el usuario. Dentro de este grupo, se han considerado tanto aquellos robots que carecen de capacidad de desplazarse, como pequeños robots móviles como el robot Nao[3], cuyo uso es más cómodo al estar situados sobre una mesa que cuando están situados en el suelo. Parten de la principal ventaja de tener un tamaño reducido, además de poder interaccionar mientras están conectados a la toma de corriente, por lo que su autonomía es ilimitada. Por otra parte, al no ser robots móviles, su interacción se limita a la habitación o localización donde hayan sido situados. Por ello, es primordial que su peso también sea reducido para facilitar su cambio de ubicación. Una posibilidad a tener en cuenta con todos los robots, pero en especial de este tipo, es la opción de colocar sensores domóticos en el domicilio o centro, de manera que el robot sirva de interfaz sobre todo en tareas relacionadas con la vigilancia, dado que su reducida capacidad de desplazamiento limita la zona donde pueden vigilar.
- Robots "abrazables": Este tipo de robots, como es el caso de Paro[4] (Figura 3.2), tienen como objetivos principales reducir el estrés y la posible depresión de la persona mayor, mejorando su bienestar y socialización. Están diseñados con un tamaño y peso cómodos para que el anciano pueda coger el robot con facilidad. Esto es primordial, ya que la principal interacción con estos robots es teniéndolos "en brazos". Suelen ser exteriormente sencillos, y su aspecto puede variar desde animales, conocidos o no, a personajes de ficción o bebés. Un requisito que se debe tener en cuenta para el diseño de estos robots es evitar, en la medida de lo posible, un diseño que implique que las personas al interactuar físicamente con ellos tocándoles y abrazándoles se puedan dañar de alguna forma con los movimientos del robot. Es por ello que los movimientos de las articulaciones de este tipo de robots, en el caso de disponer de ellas, no pueden tener un rango demasiado amplio de movimiento ni implicar movimientos muy bruscos. Además, el material es un aspecto a tener en cuenta, de cara a evitar la trasmisión de gérmenes, sobre todo a personas con sistemas inmunitarios afectados.

3.2.1 Morfología

Otro aspecto importante a tener en consideración es la apariencia exterior del robot, la cual puede ser de muy diversos tipos. Cuando se habla de la aceptación social de los robots, se debe mencionar el llamado *Valle Inquietante* (del ingles *Uncanny Valley*) [78], en el cual se expone como un robot puede

[2] `https://elliq.com`
[3] `http://doc.aldebaran.com/2-1/home_nao.html`
[4] `http://www.parorobots.com/`

Figura 3.2: Anciano abrazando al robot Paro.

atraer más a la gente cuanto más humano parezca, hasta llegar a un punto en el que dicha atracción cae abruptamente, llegando a generar sentimientos de rechazo debido a su excesiva similitud con una persona. Es por ello, que el diseño de este tipo de robots se basa en una estética más robótica, zoomórfica o incluso basada en personajes irreales. A continuación, se explican las principales estéticas llevadas a cabo en este tipo de robots.

En primer lugar, se puede considerar un aspecto funcional, como por ejemplo el robot Giraff [5]. En estos casos el cuerpo del robot carece de partes características reconocibles que se puedan asemejar a las de un ser vivo o como mucho, disponen de una cabeza a través de la cual puede expresarse. Su diseño está orientado principalmente a la navegación por el entorno de cara a poder llevar a cabo las tareas de manera óptima. Por otra parte, se pueden considerar aquellos robots basados en una estética humanoide, caracterizada por una cabeza, dos brazos y dos piernas, como es el caso de Taizo. En un grupo similar, se pueden abarcar aquellos robots como Eldertoy [79], que, aunque no dispongan de piernas, sí tienen una cabeza y brazos, y, por lo general, su apariencia está basada en personajes o animales de ficción. Finalmente, se encuentran los robots zoomórficos, es decir, aquellos cuya apariencia está basada en animales existentes como el robot Aibo[6]. Todas las formas consideradas pueden ser implementadas desde un diseño más clásicamente robótico, predominando las líneas rectas, o un diseño más orgánico basado en líneas curvilíneas, y utilizando diferentes materiales para el recubrimiento del robot (carcasa dura, material blando como silicona o suave como el peluche).

Además de lo ya mencionado, se deben determinar aquellos dispositivos necesarios para llevar a cabo la interacción con el usuario, en referencia a la percepción del robot (cámaras, tabletas, etc.), como su método para expresar y mostrar emociones. Entre estos métodos de expresión, es importante tener en cuenta no sólo la propia voz del robot (o sonidos no verbales) y su

[5] `http://www.giraff.org/`
[6] `https://us.aibo.com/`

entonación, sino también la capacidad del robot de realizar gestos mediante distintas articulaciones o la incorporación de dispositivos como pueden ser LEDs o pantallas incorporadas que simulen la cara u ojos del robot.

Si se analiza el nivel de articulación que se puede incluir en estos robots, se pueden considerar tres grupos:

- En primer lugar se encuentran aquellos robots (móviles o no) que carecen de articulaciones para poder mover las distintas partes de su cuerpo, por lo que su expresión se basa en la utilización de otros dispositivos como pueden ser pantallas o LEDs.
- En segundo lugar, se puede considerar los robots con capacidad de articulación orientada a la expresión como puede ser el caso del robot Babyloid. Estos robots son capaces de expresarse a través de los gestos que realizan moviendo diferentes partes de su cuerpo. En gran parte de los casos, estas articulaciones se limitan al ámbito de la expresión, aunque existen casos en los que a través de ellas se permite además poder manipular ciertos objetos, lo que también les situaría en el siguiente grupo.
- Finalmente, se encuentran los robots manipuladores como Hobbit[7] (Figura 3.3), los cuales disponen de articulaciones con el fin de manipular objetos, sin que ello implique la utilización de estas articulaciones para la expresión de emociones del robot.

Figura 3.3: Robot Hobbit recogiendo un objeto del suelo.

El diseño externo del robot, por tanto, es una de las principales consideraciones a tener en el diseño de este tipo de robots, ya que según sea éste, las tareas que el robot puede llevar a cabo y la interacción con el usuario serán diferentes, así como la apreciación que tenga este usuario del propio robot.

[7] http://hobbit.acin.tuwien.ac.at/

Es por ello, que existen casos en los que antes de diseñar el propio robot, ha sido necesario realizar un estudio sobre las distintas prioridades de los usuarios en relación al aspecto exterior del robot. Un ejemplo de esto es el estudio que Wu *et al.* [80] llevaron a cabo en 2012, en el que se les mostraron distintos diseños de robots a los usuarios a través de imágenes y vídeos para que estos pudiesen elegir aquellos que preferían para que les asistiera en sus respectivas casas. Los robots que resultaron como favoritos fueron Eva de la película Wall-E (Figura 3.4) y Paro. Además, los participantes expresaron que preferían a aquellos robots de tamaño reducido frente a los de tamaño grande, así como su rechazo hacia aquellos robots diseñados para sustituir la presencia humana.

Figura 3.4: Robot Eva de la película WALL-E de Pixar.

3.3 Principales funcionalidades implementadas

Dentro de los robots sociales utilizados para interaccionar con personas mayores, se podría realizar una clasificación según si están orientados a tareas del ámbito de la asistencia, vigilancia, entretenimiento o terapia, aunque dicha clasificación puede no ser adecuada debido a que una gran parte de estos robots, pueden realizar diversas tareas que implican los distintos ámbitos de la clasificación. Las principales funcionalidades o servicios implementados en robots sociales para interaccionar con personas mayores (aunque pueda haber otras que no se hayan destacado) son las que se presentan a continuación:

- Estimulación afectiva: El robot interacciona con el anciano con el objetivo de hacerle compañía y generar un lazo afectivo hacía él. Este tipo de tarea es propia de los robots afectivos como Paro o Babyloid. Los robots afectivos son aquellos cuyos principales objetivos son reducir el estrés y la posible depresión de la persona mayor, mejorando así su bienestar y socialización. En el artículo del 2011 [81], Shibata y Wada explican cómo este tipo de robots pueden generar en las personas las mismas sensaciones y experiencias durante la interacción que las que se podría tener con animales, pero sin que exista el riesgo que conlleva la relación con un animal de verdad.

Este tipo de robots son utilizados en casos de depresión, déficit de atención, demencia, ansiedad o estrés, produciendo sentimientos como relajación o placer. Durante la interacción, la cual se basa en comunicación no verbal, los robots simulan acciones que pueden ser interpretadas como sentimientos reales del robot.

Los robots afectivos, diseñados principalmente para dar compañía al anciano, han sido utilizados en diversos estudios en los que se ha podido probar su capacidad de mejorar la salud y el bienestar psicológico de las personas mayores proporcionando compañía, mejorando su estado de ánimo y calidad de vida, y reduciendo su aislamiento al ayudarlos a mantener el contacto social [82, 83].

Aunque a través de dichos estudios se ha demostrado la capacidad que tienen como herramienta terapéutica, hay que tener en cuenta que presentan grandes limitaciones en cuanto a la variedad de sus funcionalidades. Estos robots son autónomos y proporcionan compañía al anciano, pero carecen de la capacidad de tener una interacción social robusta basada en un diálogo. Es por ello, que suelen ser sobre todo utilizados en personas con un deterioro cognitivo o demencia más avanzada, en el que la capacidad de interacción del usuario es bastante reducida, buscando un tipo de comunicación más básica como puede ser la afectiva.

- Estimulación física: La actividad física regular puede producir beneficios de salud a largo plazo, física y mentalmente, y puede ayudar a reducir el riesgo de desarrollar ciertos problemas asociados al envejecimiento. El problema es que los ancianos suelen tener dificultades para realizar ciertas rutinas de ejercicios físicos debido al propio declive natural físico y mental. Por lo tanto, los robots dotados de este tipo de habilidades de estimulación deben proponer los ejercicios adecuados y también motivar a las personas mayores a realizarlos, como es el caso del robot Taizo. Un aspecto que se debe considerar en la realización de este tipo de ejercicios es la correcta supervisión del robot en referencia a los movimientos que realice el anciano. En el caso de no poder llevar a cabo este requisito, es indispensable que un responsable pueda supervisar al usuario de cara a evitar movimientos con los que se pueda hacer daño.

- Estimulación cognitiva: Como ya se ha mencionado en el capítulo anterior, el uso de terapias no farmacológicas como es el caso de la estimulación cognitiva es de utilidad para la ralentización del deterioro cognitivo del anciano. Es por ello, que la realización de ejercicios que abarquen la estimulación de las distintas funciones cognitivas representa una de las tareas principales a incorporar en este tipo de robots. Esto se suma al hecho de la dificultad que muchos ancianos tienen para desplazarse a los centros especializados, por lo que una posibilidad para esos casos sería el uso de un robot social instalado en la propia casa particular.

Los programas incorporados en referencia a esta funcionalidad deben haber sido previamente supervisados por especialistas en la materia, como por ejemplo terapeutas, y deben incluir ejercicios que abarquen las distintas funciones cognitivas, así como la adaptación del nivel de dificultad según el deterioro cognitivo del usuario. Para ello, también es importante que el robot pueda registrar los resultados del usuario para ser mostrados al terapeuta, y que éste pueda supervisar la terapia y adecuar la dificultad de los ejercicios.

La interacción del usuario y robot durante la realización de ejercicios puede llevarse a cabo mediante el uso de una pantalla, voz u otros instrumentos. Aun así, es recomendable permitir diferentes mecanismos de interacción ya sea por limitaciones del usuario, del entorno, o directamente para realizar una estimulación más variada.

Algunos ejemplos de robots en los que se han implementado este tipo de ejercicios son Hector o el robot Bandit[8].

- Recordatorio de eventos o agenda: El robot recuerda al usuario los eventos, actividades o fechas principales que tiene programados. Estos deben haber sido almacenados previamente por el cuidador o encargado, mediante voz o una interfaz, la cual debe ser lo más simple posible para que personas sin grandes conocimientos de informática puedan llevarla a cabo.
- Llamadas al robot: En el caso de los robots móviles, es recomendable que el robot tenga la funcionalidad de ser llamado por el usuario mediante voz o usando algún tipo de dispositivo remoto. Tras la llamada, el robot debe acudir al lugar donde se encuentra el usuario. El robot más característico orientado a este fin es el robot de videopresencia Giraff.
- Detección de caídas: El robot detecta posibles caídas del usuario, ya sea mediante los propios sensores instalados en el robot, o mediante los sensores de un sistema domótico (como es el caso del robot Kompai).
- Videollamadas: El robot puede realizar llamadas o videollamadas mediante sus dispositivos implementados, como la cámara, pantalla, micrófono, etc. Esta funcionalidad puede ser útil en casos de emergencia, fomentando un sentimiento de seguridad o poniendo en contacto al anciano con sus seres queridos, facilitando la interacción remota y sus capacidades sociales.
- Sugerencias: El robot sugiere la realización de ciertas actividades dependiendo del momento del día , como por ejemplo, ver las noticias o realizar ejercicio. Para ello, el robot debe permitir que dichas sugerencias sean programables por el cuidador o terapeuta.

[8] `http://rasc.usc.edu/bandit.html`

- Manipulación de objetos: El robot dispone de un brazo robótico (como sucede con el robot Hobbit) u otros mecanismos, con el fin de poder coger objetos de distintos lugares bajo la petición del usuario y moverlos. Esto puede ser útil, tanto para objetos difícilmente alcanzables por el usuario, objetos que se encuentran en otra habitación, u objetos que se han caído al suelo y que pueden representar un obstáculo tanto para el anciano como para el propio robot.
- Juegos: El robot sirve como plataforma para la realización de distintos juegos con el usuario. Estos juegos pueden ser novedosos o, por el contrario, estar basados en juegos clásicos que el anciano puede reconocer con facilidad. Estos juegos pueden llevarse a cabo mediante el uso de una pantalla táctil (como sucede con el robot Pepper[9]), voz, otros sensores del robot u objetos externos que el anciano puede manipular, y que el robot es capaz de detectar.
- Cuentacuentos o reproducción de contenidos multimedia: El robot cuenta historias, o reproduce cierto contenido multimedia como imágenes, vídeos o canciones, con el fin de entretener al usuario. Para ello, es importante permitir al cuidador o responsable definir los gustos y preferencias del anciano, al igual que poder introducir contenido multimedia personal, de manera que el robot pueda mostrárselo según se requiera.

3.4 Robots sociales existentes

A continuación, se presenta una lista de los robots sociales más destacables utilizados o diseñados para la interacción con personas de la tercera edad, clasificándolos según si son considerados robots móviles, de sobremesa o abrazables, y ordenándolos dentro de cada grupo de manera alfabética.

3.4.1 Robots móviles

3.4.1.1 Bandit

Bandit (Figura 3.5)es una plataforma robótica de la Universidad de California del Sur, consistente en un torso humanoide montado sobre una base móvil (ActivMedia Pioneer 2DX) [84]. La base cuenta con un altavoz, una cámara y un telémetro láser, mientras que el torso tiene dos brazos con manos y una cabeza con cejas y boca móviles, resultando en un total de 22 grados de libertad. Este robot ha sido utilizado como robot de asistencia social, diseñado para incentivar a los usuarios de edad avanzada a realizar ejercicio físico [85], usando la imitación como medio para captar y mantener la atención del usuario.

[9] `http://doc.aldebaran.com/2-4/home_pepper.html`

Figura 3.5: Robot Bandit.

En los estudios llevados a cabo por Tapus *et al.* [86, 84, 87], el robot Bandit fue además utilizado para la realización de ejercicios relacionados con la estimulación cognitiva en usuarios que sufren deterioro cognitivo leve. En estos estudios se presenta uno de estos ejercicios, cuyo objetivo principal es ayudar a los usuarios a mejorar o mantener su atención cognitiva a través de estímulos musicales. Este ejercicio fue probado en un centro con 9 participantes mayores de 70 años y con deterioro cognitivo leve, dos veces por semana, durante un periodo de 6 meses. Tras este tiempo, se demostró cómo los participantes pudieron mantener su capacidad de atención y expresaron como el robot se había convertido en una tarea de su programa semanal que esperaban con ilusión.

3.4.1.2 Hector

Dentro del grupo de robots móviles se encuentra el robot Hector (Figura 3.6), fruto del proyecto colaborativo COMPANIONABLE dentro del séptimo programa marco de la UE. Este robot móvil, construido por MetraLabs sobre la plataforma Scitos G3, tiene como principal objetivo ayudar al anciano en distintos problemas relacionados con la memoria que le pueden surgir en su entorno doméstico [76, 88].

Hector tiene una altura de 120 cm y una base de 50 cm de radio. No tiene articulaciones, pero dispone de dos pantallas digitales a través de las cuales se simulan las distintas expresiones de los ojos del robot. Además, también está diseñado con dos bandejas, de manera que el anciano pueda situar en ellas los objetos personales como cartera, llaves, etc. De cara a permitir la navegación en el entorno, el robot cuenta con un anillo de sensores de ultrasonidos, un sensor láser y una cámara Kinect. Aunque Hector permite ciertos comandos por voz, la principal interacción se realiza a través

de una pantalla táctil incorporada en su parte frontal, mediante la que se pueden recorrer los distintos menús de que dispone el robot.

Además, el robot se integra con un sistema domótico formado por una serie de sensores que se implantan en la casa, de manera que el robot sirve de interfaz a dicho sistema. Adicionalmente, este sistema cuenta con un tableta externa, a través de la cual se puede acceder a los servicios del robot.

Figura 3.6: Robot Hector.

Entre las principales funcionalidades del robot, se encuentran las siguientes:

- Agenda: El robot notifica al usuario los eventos registrados llegado el momento. Estos eventos, actividades o fechas especiales son introducidas en el sistema a través de la pantalla del robot o la tableta externa.
- Sugerencias: Sugiere al usuario una serie de actividades (previamente definidas por el cuidador) según el momento del día.
- Detección del usuario: El robot detecta la postura del usuario (sentado o levantado) y, según esto, ajusta la inclinación de la pantalla para permitir una interacción más cómoda.
- Llegada y salida de la casa: Cuando el usuario llega a casa, es detectado por el sistema y el robot se aproxima a la puerta, recordándole que puede dejar los objetos personales en la bandeja, además de notificarle los eventos cercanos guardados en la agenda. Por el contrario, cuando el usuario va a salir de casa, el robot se aproxima para despedirle, recordarle que coja los objetos personales necesarios de la bandeja y recordarle si tiene alguna actividad programada, además de preguntarle a qué hora va a volver.
- Videollamada: El usuario puede recibir o realizar videollamadas a través de la cámara y pantalla incorporadas en el robot. Cuando se recibe una llamada, el robot busca al usuario hasta el lugar donde se encuentre de la casa.

- Detección de caídas: El sistema domótico instalado permite detectar si el usuario se ha caído, tras lo cual el robot se aproxima al usuario para preguntarle sobre su situación, y evaluar si realizar una llamada de emergencia en caso de ser necesario. Además, el robot puede detectar señales de socorro.
- Entrenamiento cognitivo: El sistema instalado cuenta con una colección de ejercicios de estimulación cognitiva que el usuario puede realizar a través del robot o de la tableta externa. Los resultados obtenidos son registrados y enviados al terapeuta para que este pueda adecuar los ejercicios a la capacidad cognitiva del usuario.

Entre los estudios llevados a cabo, se pueden destacar los realizados en 2012 en Bélgica. Para ello, cinco parejas (una persona con cierto grado de demencia y su cuidador) y una personal individual estuvieron viviendo durante dos días en casas en las que se había implementado el sistema CompanionAble. Durante las pruebas, se pudo observar como el sistema no sólo podía ser útil para las personas con demencia, sino también para sus cuidadores, ya que se les conseguía aliviar parte de la carga que conlleva estar al cargo de la otra persona.

3.4.1.3 Giraff

El robot Giraff[10] es una plataforma móvil de telepresencia desarrollada por la empresa sueca Giraff Technologies AB2, con el principal objetivo de servir de sistema remoto a través del cual, poder realizar y recibir videollamadas, sirviendo a su vez para tareas de supervisión [89].

Cuenta con una serie de dispositivos a través de los cuales se permite la videollamada (Figura 3.7), como una pantalla LCD, cámara, altavoz y micrófono. Tiene aproximadamente la altura de una persona, de cara a permitir una interacción cómoda con el usuario, aunque dependiendo de la posición del usuario (sentado o levantado), la pantalla puede ser inclinada de manera que se tenga una mejor visión de la pantalla, al igual que una mejor percepción mediante la cámara. Su base es propulsada por motores que le permiten además girar sobre sí mismo [90].

El movimiento del robot no es autónomo, sino que su control es totalmente teleoperado por un usuario, careciendo por tanto de comportamiento proactivo. El robot situado en la casa del anciano es controlado mediante un programa instalado en un ordenador, a través del cual, de manera remota, un miembro de la familia del anciano o un especialista (terapeuta, médico, etc.) puede acceder para realizar la videollamada y teleoperar el robot. De esta manera se puede comprobar que el anciano se encuentra correctamente, de la misma forma que facilita que la persona mayor interaccione con el especialista, sin la necesidad de que ninguno de los implicados se deba desplazar. Es importante

[10] `http://www.movecare-project.eu/`

mencionar que, para que el especialista pueda llegar a teleoperar a Giraff, el anciano debe previamente aceptar la videollamada.

Este robot ha sido utilizado en diversos proyectos, como el proyecto europeo MOVECARE (2017-2019), cuyo objetivo principal es intentar prolongar el tiempo que los ancianos se pueden quedar en sus propias casas, así como la creación de una comunidad virtual que proporcione asistencia y un servicio de seguimiento para las personas mayores en su vida independiente.

Figura 3.7: Videollamada a través del robot Giraff.

3.4.1.4 GrowMu

GrowMu (Figura 3.8) es un robot de servicio creado dentro del proyecto europeo GROWMEUP (2015-2018). El objetivo principal de este proyecto es aumentar los años de vida independiente y activa, así como la calidad de vida de las personas mayores (mayores de 65 años) con problemas de salud física o mental leves que viven solas en casa, y que pueden encontrar placer y alivio en obtener apoyo o estímulo para llevar a cabo sus actividades diarias durante el proceso de envejecimiento.

Se trata de un robot móvil que cuenta, entre otros dispositivos, con una pantalla táctil en el pecho, sensores capacitivos en el cuerpo, sensor de temperatura y humedad, sensores laser y sonar que permiten la navegación por los distintos entornos, una cabeza con ojos y boca hecha con luces LED y una cámara en la parte superior [91].

GrowMu protege, guía y enseña a los mayores, y los conecta con otros miembros de sus redes sociales y de cuidado. A través de la interacción y la observación, el robot aprende los hábitos, preferencias y rutinas de su usuario, y adapta su servicio a lo largo del tiempo. Es capaz de oír, hablar, ver y expresar expresiones emocionales faciales. También puede detectar, reconocer y rastrear humanos y objetos. Además, es totalmente autónomo y puede navegar con seguridad en entornos domésticos.

GrowMu se conecta a la nube para procesar información, aumentar su conocimiento, así como compartir información con otros robots. Los robots interconectados aprenden de la experiencia de los demás, y aumentan sus competencias con un esfuerzo de aprendizaje reducido.

Figura 3.8: Robot GrowMu.

3.4.1.5 Hobbit

Otro ejemplo de proyecto europeo es el proyecto HOBBIT (2011-2014), centrado en analizar cómo los robots pueden ser utilizados para promover la vida independiente de las personas de la tercera edad. En el contexto de este proyecto se diseñó el robot móvil Hobbit (véase la Figura 3.9).

Este robot cuenta con un brazo (con hasta 5 grados de libertad y 1,5 kg de peso) con una pinza, una pantalla táctil inclinable en el pecho, una cabeza con ojos expresivos y una interfaz amigable, además de ser lo suficientemente pequeño para navegar en la casa de un anciano [92].

Dispone de dos cámaras, una de ellas orientada a la autolocalización, y la otra orientada a la interacción con el usuario y la detección de objetos y obstáculos. Además, cuenta con un sistema de sensores infrarrojos de distancia en su parte trasera, que le permiten detectar los posibles obstáculos al retroceder [93]. Su sistema multimodal permite la interacción a través de la pantalla táctil, así como por voz y reconocimiento de gestos.

El robot puede configurar el volumen, velocidad y género de la voz según las preferencias del usuario. De la misma forma, también puede cambiarse el nombre, así como configurar sus comportamientos según diferentes personalidades.

El objetivo principal del robot es proporcionar una “sensación de seguridad y asistencia”, manteniendo o aumentando el sentimiento de autoeficacia del usuario (su propia capacidad para

realizar tareas). En consecuencia, las funcionalidades se centran en la detección de emergencias, la gestión de emergencias (diálogos tranquilizantes, comunicación con familiares, etc.), así como en las medidas de prevención de caídas (mantener el suelo despejado, transportar objetos pequeños, buscar y traer objetos y recordatorios).

Figura 3.9: Robot Hobbit.

Hobbit también incluye servicios de entretenimiento, permitiendo al usuario escuchar su música favorita, ver videos y realizar distintos juegos. Además, la capacidad de llamar por teléfono en caso de emergencia también puede ser utilizada para contactar con familiares y amigos.

De cara a valorar la eficacia del robot, se llevaron a cabo estudios empíricos en Austria, Grecia y Suecia. En total, 49 participantes mayores de 70 años realizaron el estudio, además de sus respectivos cuidadores o acompañantes. Éstos probaron los distintos servicios que ofrece Hobbit, con el fin de evaluar los más útiles. Los servicios que mejor se puntuaron fueron los relacionados con recoger objetos en distintos puntos, así como el seguimiento que realizaba el robot mientras el anciano andaba por la casa a modo de supervisión. Por otra parte, las actividades de entretenimiento fueron mejor puntuadas por los ancianos que por sus cuidadores. Los participantes sugirieron que se podría implementar en el robot el servicio de ayuda para andar o para levantarse.

3.4.1.6 Kompai

El robot Kompai es una plataforma móvil diseñada a partir del proyecto MOBISERV (2009-2012) [94]. Fue diseñado con el objetivo de interactuar con las personas mayores, ofreciendo distintas aplicaciones como monitorización de la salud del usuario, actividades de entretenimiento, conectividad social, etc. Sus medidas son muy similares a las del robot Hector (véase la Figura 3.10). Cuenta con una gran pantalla táctil en el pecho y una cabeza, aunque carece

de articulaciones. Cuenta tanto con un altavoz como con un micrófono, para permitir la interacción por voz con el usuario, además de la que permite la pantalla incorporada.

Para el desarrollo de este proyecto, también se contó con la instalación de un sistema domótico, así como el uso de distintos dispositivos *wearables*, para obtener información del estado del usuario. Para permitir la conexión entre los distintos dispositivos, el robot cuenta con una conexión a internet que además le permite acceder a una serie de servicios externos.

Figura 3.10: Robots Hector y Kompai (de izquierda a derecha).

Entre sus principales funcionalidades, se encuentran la monitorización del estado físico del usuario y de las actividades realizadas (comer, ejercicio físico, etc.), agenda, ejercicios de estimulación cognitiva, asistencia nutricional y prevención de la deshidratación, sugerencia de actividades, intercomunicador móvil para permitir la entrada por la puerta principal, videollamada o detección de caídas. Además de éste, existen más ejemplos de proyectos orientados a la interacción entre ancianos y robots, y a la creación de robots orientados a este sector de la población y que han utilizado la plataforma Kompai. En este ámbito, un ejemplo es MARIO (2015-2018) [95], un proyecto europeo en el que se abordaron temas como la soledad, aislamiento y demencia en personas mayores, a través de invenciones usando robots asistenciales, y el proyecto europeo ENRICHME (2015-2018), cuyo objetivo principal fue desarrollar un robot social asistencial utilizando esta plataforma para ayudar a las personas mayores, adaptándose a sus necesidades [96].

3.4.1.7 Pearl

Uno de los primeros robots desarrollados con el fin de interaccionar con personas de la tercera edad fue Pearl (Figura 3.11)[97], un robot móvil que puede ayudar a los ancianos a moverse dentro de un centro o residencia. Tiene una interfaz fácil de usar y puede proporcionar asesoramiento y apoyo cognitivo al anciano, proporcionándole además compañía [98].

Pearl [97] es un robot móvil, sucesor del robot social Flo [99], construido por la Standard Robot Company en Pittsburgh. Gran parte de los cambios implementados en esta nueva versión fueron basados en la realimentación que enfermeras y médicos realizaron sobre el robot Flo.

Pearl está equipado con una serie de dispositivos como un sensor láser, sensores sonar, micrófonos para reconocimiento de voz, altavoces para síntesis de voz, pantallas gráficas sensibles al tacto y un sistema de cámaras estéreo, además de una cabeza que puede mover. Por lo que respecta al software, Pearl cuenta con un sistema de navegación, software de reconocimiento de voz y síntesis de voz, y software de detección y seguimiento de rostros.

Las funciones principales de Pearl son recordar las actividades diarias que debe realizar el usuario, y ayudar al anciano a desplazarse en su entorno según dichas actividades. Este objetivo es particularmente importante para los centros geriátricos, donde el personal puede verse saturado al tener que asistir a los diferentes pacientes. El número de actividades de estos centros que requieren desplazamiento es elevado, desde eventos diarios regulares, citas, eventos sociales, hasta simplemente caminar con el propósito de hacer ejercicio.

Para probar la eficacia de Pearl, se llevó a cabo un estudio en un centro geriátrico [100], donde distintos usuarios utilizaron el robot con éxito para desplazarse por el centro según las actividades asignadas.

Figura 3.11: Robot Pearl.

3.4.1.8 Pepper

A pesar de no ser un robot diseñado especialmente para la interacción con personas de la tercera edad, el robot social Pepper (Figura 3.12) ha sido también utilizado para dicho objetivo [101].

Pepper es un robot humanoide móvil, desarrollado por la empresa Aldebaran Robotics, con una altura de 1,20 m y un peso de 28 kg. Cuenta con cuatro micrófonos, dos cámaras de alta definición, un sensor de percepción de profundidad que da a Pepper una visión 3D de su alrededor, y un giroscopio interno para obtener información sobre la posición de su cuerpo. Además, Pepper cuenta con tres sensores fin de carrera, sensores láser, así como sensores sonar para estimar la distancia a los obstáculos. Las ruedas omnidireccionales permiten a Pepper desplazarse y girar sobre sí mismo.

El robot dispone de una pantalla táctil a través de la cual se puede interaccionar con él, además de su capacidad para comunicarse por voz.

Figura 3.12: Robot Pepper.

Sus brazos le permiten realizar movimientos fluidos y expresivos, y sus manos están equipadas con sensores táctiles, pero por el momento no es capaz de coger objetos. El tiempo de autonomía de Pepper es de aproximadamente 12 horas, tiempo bastante considerable en comparación a otras plataformas móviles. Pepper ha sido utilizado en múltiples proyectos, como por ejemplo el proyecto AMIGO [102], el cual tiene como objetivo motivar a las personas con demencia a realizar distintas actividades diarias. Para ello, el robot es capaz de recordar los eventos o tareas que el anciano debe realizar, preguntar por el estado de su salud, llevar a cabo diálogos sencillos, proporcionar entretenimiento como leer noticias o realizar juegos, y llevar a cabo ejercicios cognitivos y físicos para mantener activo al usuario.

3.4.2 Robots de sobremesa

3.4.2.1 Aibo

Como ya se ha mencionado, no toda la investigación sobre robots sociales y los ancianos usan un robot diseñado específicamente para a estos usuarios. Siguiendo este mismo concepto, existen otros robots zoomórficos que han sido usados para simular las terapias con animales. Este es el caso de Aibo [11], un robot comercial en forma de perro desarrollado por Sony, que se ha utilizado para fomentar la interacción social de los residentes con demencia [103], y para proporcionar una mayor evaluación empírica de la eficacia de la terapia asistida por animales para este tipo de usuarios [104]. Este robot, que se podría incluir dentro del grupo de robots afectivos, ha tenido múltiples versiones, siendo su anterior versión retirada del mercado en el 2014, hasta la versión actual (ERS-1000), lanzada al mercado en 2017 con un diseño totalmente remodelado y nueva tecnología implementada en él (véase la Figura 3.13).

Figura 3.13: Antigua versión ERS-220 (izquierda) y nueva versión ERS-1000 (derecha) del robot Aibo.

Este robot tiene una altura de 29,3 cm y un peso de 2,2 kg (más pesado que versiones anteriores). Cuenta con un total de 22 grados libertad gracias a los motores que tiene distribuidos por todo el cuerpo para permitir mover la cabeza, boca, cuello, cintura, piernas, orejas y cola. Cuenta además con una serie de sensores implementados, como dos cámaras, 4 micrófonos, acelerómetro, distintos sensores de tacto en espalda y cabeza, un sensor de movimiento, sensor de luz, y sensores de final de carrera y presión como los que tiene instalados en las almohadillas de sus patas. Además, dispone de un altavoz y una pantalla OLED colocada en cada ojo.

Entre los diversos estudios realizados con la plataforma Aibo, se puede destacar el llevado a cabo por Odetti en 2007 [105], debido a que los 24 participantes (12 hombres y 12 mujeres) eran ancianos con cierto grado de demencia. El experimento se basaba en tres pasos. Primero, durante el

[11] `https://us.aibo.com/`

reconocimiento médico de cada participante, Aibo entraba en la habitación y se sentaba al lado del paciente. Si este mostraba una reacción negativa, se suspendía el estudio; de lo contrario, se seguía con el siguiente paso. A continuación el médico acariciaba al robot, y Aibo debía reaccionar moviendo la cola y su cabeza expresando felicidad. Tras esto, se le preguntaba al anciano si quería también acariciar al robot. Durante la interacción, se analizaba la respuesta de los participantes, además de realizarle una serie de preguntas basadas en analizar las primeras impresiones y su interacción. El resultado fue que Aibo obtuvo una buena aceptación resultado amigable y adorable para los participantes, aunque estos no lo percibieron como un robot destacadamente útil, sobre todo comparado con el hecho de ser más amigable.

3.4.2.2 Eldertoy

Eldertoy es un prototipo de sobremesa creado por Investigadores del Consorci Sanitari del Garraf (CSG), la Fundación Abat y la empresa Treelogic. El principal objetivo de este robot era incentivar a los usuarios a interaccionar con él mediante la realización de distintos juegos [79].

Figura 3.14: Anciano realizando un ejercicio de estimulación cognitiva con el robot Eldertoy.

Eldertoy es un robot de sobremesa con apariencia sencilla, que cuenta con una cara y dos brazos que puede mover. En su interior tiene instalados distintos sensores de tacto para detectar cuando el usuario le toca. Además, lleva incorporada una tableta, a través de la cual el usuario puede interaccionar con el robot y realizar los ejercicios (Figura 3.14). A través de su software, el robot puede realizar un seguimiento de los resultados de un usuario, aprendiendo de ello para así adaptar los juegos a su dificultad.

3.4.2.3 ElliQ

ElliQ[12] es un robot de sobremesa especialmente diseñado para interaccionar con los ancianos de manera sencilla e intuitiva. Mide 21,5 cm de alto por 12,7 cm de diámetro, y pesa apenas 3,5 kg.

[12] `https://elliq.com`

ElliQ posee una base sobre la que se dispone una pantalla táctil (Figura 3.15). El robot cuenta con tres grados de libertad. Los dispositivos que incluye, además de la pantalla, son dos cámaras, un sensor de temperatura, un micrófono y una matriz de LEDs.

Figura 3.15: Robot ElliQ.

ElliQ ha sido desarrollado para ayudar a las personas mayores en distintas tareas diarias, acercándoles a aquellas basadas en las nuevas tecnologías. Por ejemplo, el robot puede ayudar al usuario a leer y responder sus mensajes de texto, compartir sus fotos, trabajar con calendarios y programar recordatorios de eventos, citas y tareas diarias (como tomar sus medicamentos).

Además, a través de la pantalla el usuario puede realizar juegos relacionados con la estimulación cognitiva, escuchar música y ver vídeos preseleccionados, realizar llamadas telefónicas y videollamadas, y consultar la meteorología.

3.4.2.4 Nao

Otro robot destacable es el robot Nao[13], un pequeño humanoide desarrollado por la empresa Aldebaran Robotics. Este robot puede considerarse de sobremesa (véase la Figura 3.16), ya que al ser de tamaño reducido, la interacción más cómoda es llevada a cabo con el robot sobre una mesa o repisa. Aunque Nao no es un robot que ha sido diseñado especialmente para la interacción con personas mayores, su "bajo" precio ha permitido que sea una de las plataformas más adquiridas para llevar a cabo nuevas aplicaciones en el ámbito de la robótica social, entre las que se pueden incluir aquellas orientadas a la interacción con ancianos.

Nao cuenta con una serie de sensores instalados en su cuerpo entre los que se incluyen un acelerómetro, un girómetro y sensores ultrasonidos, a través de los cuales es capaz de posicionarse y controlar su estabilidad. De cara a permitir la interacción, Nao dispone además de cuatro micrófonos para el reconocimiento de voz y localización del sonido, altavoces y dos cámaras para reconocimiento del entorno.

[13] `http://doc.aldebaran.com/2-1/home_nao.html`

Los 25 grados de libertad que tiene sumando sus diversas articulaciones y su forma humanoide le convierten en un robot ideal para realizar sesiones de estimulación física entre otras aplicaciones, ya que puede realizar movimientos similares a los de una persona. Un ejemplo de esto se puede observar en el estudio presentado por Lewis *et al.* en 20016 [106], donde Nao fue utilizado como instructor para realizar distintos ejercicios físicos en un centro.

Figura 3.16: Robot Nao (izquierda) y una persona mayor interaccionando con Nao (derecha).

Otro ejemplo de estudio fue el llevado a cabo por Martin *et al.* [75] en la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid. Este se basó en la realización de una serie de sesiones grupales en un centro geriátrico utilizando el robot Nao, el cual debía ser teleoperado por el responsable de la sesión. Las sesiones fueron llevadas a cabo con 13 participantes, dos veces por semana, durante un mes. Las sesiones podían ser de cuatro tipos distintos:

- Cuentacuentos: El robot contaba una historia al grupo.
- Musicoterapia: El robot reproducía una serie de canciones antiguas que los ancianos pudiesen reconocer con facilidad.
- Fisioterapia: El robot reproducía una serie de movimientos pertenecientes a ejercicios físicos sencillos, con el fin de que los ancianos también los realizasen.
- Estimulación: El robot realizaba preguntas simples de memoria a los pacientes, incitándoles a contestar en alto.

El resultado fue bastante bueno, ya que Nao conseguía captar la atención de los participantes durante las sesiones. Sin embargo, no se llegaron a demostrar resultados terapéuticos sobre los efectos de utilizar el robot para este tipo de sesiones.

3.4.2.5 Ryan Companionbot

Ryan Companionbot es un robot de sobremesa desarrollado en DreamFace Technologies, LLC, basado al igual que el robot Bandit en un torso humanoide con dos brazos y cabeza, pero careciendo

de plataforma móvil [107]. Su rostro, basado en el Expressionbot [108], consiste en un sistema de proyección que simula una cara humana capaz de reproducir distintas expresiones y emociones. Su cuello cuenta con dos grados de libertad con el objetivo de permitir el seguimiento de caras. Por último, en el torso se localiza el ordenador principal, una cámara RGBD, una pantalla táctil y la fuente de alimentación.

La plataforma Ryan Companionbot se presenta como un robot social inteligente, desarrollado para mejorar la calidad de vida de las personas mayores con demencia y/o depresión. Se trata de un robot autónomo que ofrece de forma ininterrumpida compañía, usando el diálogo hablado combinado con otra serie de estímulos, como la mirada, el movimiento de la cabeza, o expresiones faciales. A través de la pantalla táctil, se pueden llevar a cabo juegos cognitivos, reproducir canciones, mostrar fotos mientras son comentadas por el robot, y reproducir vídeos (Figura 3.17). Para ello, el cuidador debe haber introducido con anterioridad toda la información y contenido multimedia.

Ryan Companionbot fue testeado en un estudio realizado en el Centro Comunitario para Adultos Mayores de Eaton con 6 participantes, los cuales tuvieron el robot en sus habitaciones durante un periodo de 4-6 semanas, de cara a probar las distintas funcionalidades. Los participantes fueron elegidos siguiendo una serie de criterios, entre los que se encontraban vivir solos y encontrarse en etapas iniciales de la demencia. Los robots fueron personalizados para cada participante, pudiendo elegir incluso el nombre de su robot.

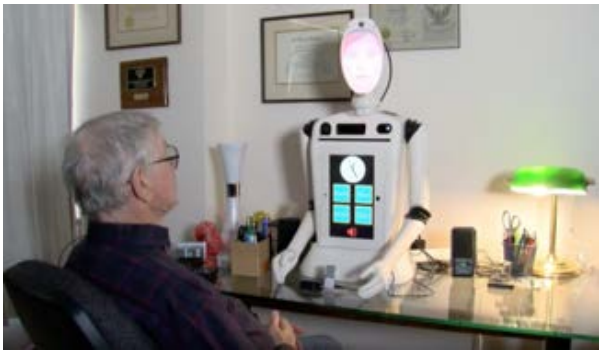

Figura 3.17: Robot Ryan Companionbot.

El horario diario de los participantes fue preprogramado manualmente para cada uno de ellos. Los sujetos pasaron aproximadamente dos horas y diez minutos al día interactuando con Ryan en diferentes tareas como jugar a juegos cognitivos, tener conversaciones, ver álbumes de fotos familiares, escuchar música, etc., teniendo en cuenta que además realizaban aparte las actividades ordinarias de la residencia. El resultado del estudio mostró como las personas mayores podían estar interesadas en tener un robot como compañero de estas características.

3.4.2.6 Taizo

Taizo es un robot creado por Advanced Industrial Science and Technology (AIST) en Tsukuba, Ibaraki Prefecture y otras organizaciones, para llevar a cabo sesiones de estimulación o ejercicio físico con personas mayores [77].

Figura 3.18: Robot Taizo.

Se trata de un robot de sobremesa con forma humanoide (Figura 3.18), con una altura de 72 cm y 6,5 kg de peso. Cuenta con 26 grados de libertad, los cuales le permiten realizar alrededor de 30 movimientos distintos. Aunque Taizo puede realizar movimientos de pie, la mayor parte de ellos los lleva a cabo sentado en una silla pequeña, para así poder simular los movimientos que los ancianos deben realizar en las sesiones de ejercicio físico. Además, aunque no cuenta con reconocimiento de voz, sí dispone de un altavoz, a través del cual puede expresarse y dar indicaciones a los usuarios sobre los ejercicios que tienen que hacer.

3.4.3 Robots abrazables

3.4.3.1 Babyloid

Un ejemplo de robot abrazable, que sirve como alternativa para aquellos que no les atrae un robot con apariencia de animal, es Babyloid [109], un bebé robot terapéutico diseñado para ser usado por personas mayores. Su función es dar al usuario la oportunidad de cuidar de un "bebé", pero sin los riesgos que supone si fuese una persona real (Figura 3.19). Tiene 44 cm de altura y pesa 2,2 kg. Babyloid no tiene piernas y sus brazos son cortos, dando a entender que no puede ni caminar ni manipular objetos. De esta forma, se da a entender al usuario que el robot no puede realizar distintas tareas con total autonomía. Su forma, aunque con la apariencia de bebé, es muy básica y con rasgos deformados para evitar el rechazo que podría provocar si se pareciese a uno de verdad.

Figura 3.19: Robot Babyloid.

Babyloid cuenta con dos motores en el cuello que le permiten realizar los movimientos de flexión, extensión y rotación de la cabeza. Tiene instalados sensores de tacto en distintas partes del cuerpo para detectar cuando le levantan y por dónde le están agarrando, al igual que un acelerómetro para detectar caídas y un sensor de temperatura. Además, dispone de una cámara, un micrófono y un altavoz instalados en el cuerpo.

Su cuerpo está recubierto por peluche, al igual que el robot Paro, mientras que su cara es de silicona. Puede expresarse mediante distintos métodos: a través del ángulo que forma en la boca gracias a un motor, los motores instalados en cada ojo para abrirlos y cerrarlos, los LEDs en los pómulos que simulan las mejillas sonrojadas o lágrimas (Figura 3.20), y los sonidos no verbales que emite similares a los de un bebé.

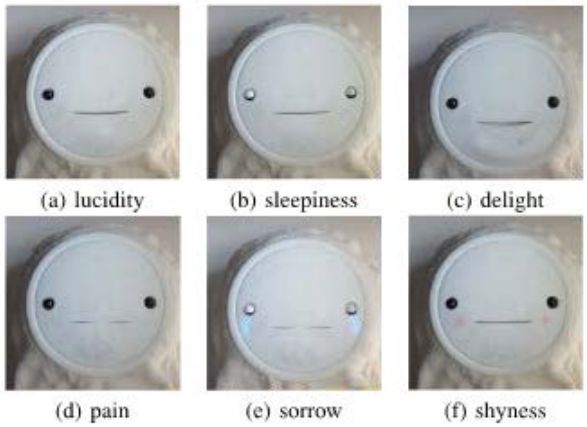

Figura 3.20: Posibles expresiones faciales de Babyloid.

Con el objetivo de analizar el grado de aceptación de Babyloid, se llevó a cabo un estudio en el que 29 participantes debían interaccionar con Babyloid, y 12 con el robot Paro. Tras la interacción, los participantes debían completar un cuestionario donde las dos primeras preguntas servían para analizar las primeras impresiones que habían tenido, y las restantes para evaluar la propia interacción.

Aunque los dos robots obtuvieron resultados óptimos, Paro superó la calificación de Babyloid debido a aspectos como el movimiento, el cual en Babyloid es más limitado. Además, en referencia al bienestar que creaba, los participantes que interaccionaron con Babyloid expresaron que, al sentirse demasiado responsables del robot, les creaba sensaciones de angustia al plantearles qué pasaría si el robot se quedaba sólo, o directamente se veían incapaces de cuidar de él debido al hecho de ser personas mayores.

3.4.3.2 Paro

Para terminar con la lista de robots diseñados o utilizados para la interacción con personas de la tercera edad, se desea destacar a Paro, un robot afectivo con forma de bebe foca recubierto de peluche (Figura 3.21), diseñado para servir tanto de mascota como con fines terapéuticos. Este robot zoomorfo ha sido el más ampliamente estudiado. Su objetivo principal es mejorar y estabilizar la condición mental del usuario, mejorando su bienestar y sociabilización [81].

Figura 3.21: Robot Paro.

Este robot es de tamaño y peso reducidos (2,7 kg), de cara a que el usuario lo pueda levantar y tener en brazos sin esfuerzo. Está equipado con cuatro sentidos: la vista (sensor de luz), auditivo (determinación de la dirección de la fuente de sonido y reconocimiento del habla), el equilibrio y el sentido táctil (sensores táctiles dispuestos por toda su superficie debajo del peluche).

Paro está diseñado para posicionarse de forma horizontal. Puede mover su cuello (vertical y horizontalmente), las aletas delanteras y traseras, y cada uno de sus párpados de forma independiente. Para uso terapéutico, su piel artificial es higiénica con un acabado antibacteriano resistente a la suciedad, y que previene la caída del pelo. Paro tiene un escudo electromagnético, por lo que puede ser utilizado por personas con marcapasos.

Para elegir el aspecto de Paro, Shibata y Tanie [110] realizaron un estudio en 2000 que comparaba la aceptación de un gato robot y una foca robot. Aunque ambos robots obtuvieron una puntuación

alta, los sujetos se quejaron de que el gato tenía un aspecto y reacciones diferentes a las de los gatos reales. Por otro lado, la mayor parte de la gente no tiene mucho conocimiento sobre las focas, y esto hizo que no pudiesen comparar al robot foca con sus conocimientos sobre este animal. Esto hizo que los participantes prefiriesen el robot foca, al tratarse de un animal poco conocido.

Por otra parte, existen numerosos estudios en los que se ha utilizado a Paro para probar su eficacia como herramienta terapéutica con personas mayores en distintas instituciones [111, 112], de cara a mejorar las interacciones sociales y reducir su aislamiento social.

En los resultados se mostró que la interacción con Paro mejoró la calidad de vida de los pacientes y los estados de ánimo de las personas mayores, haciéndolas más activas y comunicativas entre sí y con sus cuidadores. De la misma forma, los resultados obtenidos a partir de análisis de orina revelaron que la interacción con Paro redujo el estrés entre los ancianos [113, 114].

Por ejemplo, otro de los estudios realizados por Wada *et al.* en 2003 [115] para analizar la aceptación de Paro, usó a 10 participantes para que interactuasen con el robot en sesiones de una hora, dos veces por semana, en un centro sanitario. Las sesiones eran supervisadas por uno o dos cuidadores. Después de un año de pruebas, los resultados demostraron que el grado de depresión de los participantes se redujo, mejorando su socialización. Los cuidadores destacaron como Paro consiguió que los participantes riesen durante las sesiones, y que, donde antes se quedaban en sus habitaciones, ahora preferían salir y relacionarse y empezar la actividad con buen humor. Todo esto provocó que el ambiente general del centro mejorase.

3.5 Resumen

En este capítulo se han mostrado los distintos robots sociales orientados o utilizados en la interacción con personas mayores. Para ello, se ha realizado un análisis de sus principales características, desde el punto de vista de las funcionalidades que abarcan, así como los aspectos referidos a su diseño.

A continuación, en el siguiente capítulo, se explican las diferentes fases que se siguieron para llegar a diseñar y desarrollar el robot Mini, el cual ha servido de plataforma principal para los desarrollos que se han llevado a cabo durante esta tesis, así como para los estudios llevados a cabo con usuarios.

CAPÍTULO 4

El robot Mini

4.1 Introducción

El trabajo presentado en este capítulo se engloba dentro de lo realizado entre otros en el marco del proyecto RobAlz, el cual tenía como objetivo explorar las posibilidades de la robótica para la asistencia de enfermos de Alzheimer en fase leve, no sólo como ayuda a los enfermos, sino también como herramienta de apoyo para sus cuidadores. Para llevar a cabo este proyecto, se contó con la colaboración de la Fundación Alzheimer España[1] (FAE) y el grupo de robótica social de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M), grupo del cual se ha formado parte para el trabajo de esta tesis, consiguiendo con ello la participación de cuidadores y especialistas en los ámbitos de la enfermedad de Alzheimer (psicólogos, terapeutas, etc.) y de la robótica.

A través de este proyecto, se pretendía desarrollar un robot social que pudiese ser introducido en la casa de un enfermo de Alzheimer, para ayudarle en diferentes tareas del día a día. De cara al trabajo realizado en esta tesis doctoral, este proyecto es de gran importancia, dado que supuso el desarrollo de la plataforma robótica que ha servido de base para los trabajos que se presentan a lo largo de este documento, y del cual se participó desde sus inicios implicando el punto de partida del desarrollo de la tesis.

Una de las novedades que presentó este proyecto en aquel momento fue que la finalidad del robot a desarrollar no sólo debía ser ayudar al propio anciano, sino también servir de apoyo a su cuidador, aliviando así parte de la carga que conlleva cuidar a un persona de esas características.

De cara a analizar los requisitos que debía cumplir el robot, se realizó un estudio para obtener aquellos escenarios de interés donde utilizar un robot social para la interacción con un

[1] `http://www.alzfae.org`

anciano con un cierto deterioro cognitivo, propio de enfermedades como el Alzheimer. Para ello, se llevaron a cabo varias reuniones con distintos expertos de de las diferentes áreas relacionadas con la enfermedad de Alzheimer y la robótica para evaluar las funcionalidades, el aspecto físico y el sistema de interacción que debía tener el robot, definiendo los escenarios concretos en los que estas funcionalidades se podrían desarrollar. Los escenarios que se definieron hacían referencia a los diferentes ámbitos que se querían cubrir con el robot: seguridad, asistencia personal, entretenimiento y estimulación del mayor [116].

Tras la definición de los distintos escenarios de uso para la nueva plataforma robótica, se realizó un análisis de viabilidad de cada uno de ellos teniendo en cuenta aspectos técnicos, sociales y psicológicos. Una vez hecho esto, se seleccionaron aquellos escenarios más viables, de cara a obtener los requisitos técnicos que sirvieran como base para el diseño y construcción de un primer prototipo robótico.

El prototipo propuesto consistió en un robot de sobremesa apodado Mini, cuya apariencia se basó en el robot Maggie [117] (plataforma móvil de gran tamaño desarrollada en el mismo grupo de investigación que el robot Mini), pero con un tamaño y peso más reducido para poder ser transportado con facilidad. Este prototipo fue desarrollado por el grupo de investigadores de Robots Sociales del RoboticsLab de la UC3M. Una vez construido, fue utilizado para la realización de cuatro sesiones grupales en un centro de día con usuarios con distintos grados de deterioro cognitivo en el año 2015. Estas pruebas servirían para confirmar si el diseño de Mini era óptimo para su función, así como para analizar las primeras impresiones de los usuarios y tomarlo como base para desarrollar futuros trabajos basados en los escenarios planteados.

Con estas pruebas se consiguió involucrar a usuarios reales con deterioro cognitivo o enfermedades degenerativas como el Alzheimer. Estos no habían podido ser incluidos en las reuniones debido a sus limitaciones cognitivas, por lo que, mediante un método más empírico, se pudo observar de una manera directa el impacto de la interacción entre el robot y los usuarios.

En este capítulo se detallan cada una de las etapas que se realizaron para el desarrollo de la plataforma utilizada, y para la obtención de conclusiones que han servido como base para el desarrollo del trabajo presentado en los siguientes capítulos.

4.2 Definición y análisis de especificaciones

4.2.1 Metodología

De cara a definir los requisitos sobre los que basar el desarrollo del robot, fue necesario realizar un análisis acerca de las necesidades de los usuarios, tanto de los mayores como de sus cuidadores. Es importante mencionar que los ancianos considerados para el desarrollo del robot podían tener o no

algún tipo de deterioro cognitivo, pero en caso de tenerlo este deterioro debía ser leve, ya que un deterioro más avanzado implicaba unos requisitos difícilmente alcanzables por la tecnología actual, priorizándose un trato más humano y personal frente al trato que pueda ofrecer el robot.

En segundo lugar, se debía establecer en qué medida podía ayudar el robot en esas necesidades, definiendo las características de los escenarios y casos de uso en los que se podía emplear el robot. Finalmente, se realizaría un análisis sobre la viabilidad de los escenarios, no sólo teniendo en cuenta cuestiones técnicas, sino otros aspectos como cuestiones éticas o de seguridad. Una vez hecho esto, se debían determinar aquellos requisitos técnicos aplicables de cara a desarrollar un diseño óptimo del robot social.

Esta metodología se puede realizar de distintas maneras. En este caso, se llevó a cabo siguiendo un enfoque de "diseño participativo", una técnica bien conocida en el ámbito de HRI (del inglés *Human Robot Interaction*). Este método se basa en contar con la colaboración de los usuarios finales desde el inicio del proyecto. Un método similar al utilizado en esta primera fase se detalla en el trabajo presentado por Mayer y Zach [118], en el cual llevaron a cabo una serie de entrevistas a cuatro expertos para obtener información sobre la mejor manera de acercarse y trabajar con personas con demencia. Otro hecho importante presentado en este trabajo respecto a los pacientes con demencia es que es difícil determinar las necesidades a través de los propios usuarios, ya que las personas con demencia a menudo no quieren admitir, no son conscientes o no pueden comunicar sus problemas, debilidades, necesidades y prácticas actuales.

Teniendo todo esto en cuenta, fue evidente la necesidad de involucrar a expertos en el proyecto desde el principio. Para esto, se contó con la ayuda de la FAE, una entidad nacional sin ánimo de lucro fundada en 1991, cuyo propósito es ayudar y representar a los pacientes con Alzheimer y sus cuidadores, que puede ofrecer una opinión bien fundada sobre las necesidades de este colectivo. La FAE también es miembro de la plataforma robótica española Hisparob[2], por lo que están familiarizados con diferentes tipos de robots y proyectos de este ámbito. Junto con ellos, se acordó establecer la siguiente metodología de trabajo de cara a extraer los requisitos del robot social:

- El primer paso debía ser reunir a un grupo de expertos para discutir sobre las necesidades de los mayores con deterioro cognitivo leve y sus cuidadores, y las funcionalidades deseadas para el robot. Los miembros de la FAE incidieron sobre la dificultad de involucrar a los ancianos en cuestión en este proceso inicial debido a su deterioro cognitivo, lo que les impide pensar de manera abstracta. Por lo tanto, se decidió comenzar con un equipo multidisciplinario de expertos con diferentes perspectivas profesionales y personales de cara a cubrir el mayor rango posible de necesidades.

[2] `http://www.hisparob.es`

Durante cinco meses, se debían llevar a cabo una serie de reuniones periódicas con los distintos miembros, en las cuáles los participantes debían expresar sus opiniones, proponiendo funcionalidades para el robot y discutiendo diferentes alternativas para su diseño.

- De estas reuniones se extraerían una lista de posibles escenarios de uso, así como algunas consideraciones generales sobre el aspecto y el comportamiento del robot.
- Basándose en las consideraciones generales y en los escenarios propuestos, los expertos en robótica debían llevar a cabo un análisis de viabilidad, para lo cual se definirían las diferentes limitaciones, tanto técnicas como sociales, de cada escenario y la viabilidad de su implementación a corto plazo. Este paso es fundamental para determinar los escenarios más adecuados con los que empezar a trabajar.
- Tras el análisis de limitaciones antes mencionado, se seleccionaría un subconjunto de los escenarios propuestos, sirviendo de base para detallar los requisitos técnicos de un prototipo inicial a construir.

4.2.2 Reuniones

Como ya se ha mencionado anteriormente, de cara a definir los requisitos del robot, se llevaron a cabo diferentes reuniones con expertos en la materia en los campos relacionados con la demencia, el deterioro cognitivo (especialmente relacionados con la enfermedad de Alzheimer) y la robótica, con el objetivo de discutir las posibles funcionalidades y escenarios de uso para el diseño del robot.

4.2.2.1 Participantes

Este grupo se reunió gracias a la FAE, que cuenta con un equipo profesional multidisciplinar para atender las diferentes necesidades de los pacientes y cuidadores, y que también está en contacto con varios cuidadores familiares que colaboran en sus proyectos. Desde el principio, se explicó a los participantes los objetivos y la metodología del proyecto, y que su participación sería voluntaria y no remunerada.

En concreto, los asistentes a las reuniones fueron los siguientes:

- Los dos fundadores de la FAE.
- Un psicólogo cognitivo.
- Un psicólogo clínico.
- Dos terapeutas (especializados en trabajo social y terapia ocupacional) de la FAE.
- Un cuidador profesional.

- Cuatro cuidadores familiares con diferentes roles: cónyuge, un hijo, y dos hijas de pacientes con deterioro cognitivo. El estado de la enfermedad en cada caso fue diferente, desde un estado leve hasta niveles avanzados.
- Seis expertos en robótica (de cuyo colectivo formaba parte) del grupo de investigación del RoboticsLab.

4.2.2.2 Metodología de las reuniones

En total se celebraron cinco reuniones oficiales, una al mes, de una duración aproximada de dos horas cada una. Antes de comenzar, se organizó una visita informal a la UC3M, para que los participantes de las reuniones conocieran los robots y el trabajo desarrollado por el grupo de robótica social del RoboticsLab, del cual formaban parte los miembros del proyecto expertos en robótica. Durante la visita, se les mostró diferentes tipos de robots: desde móviles a estáticos, humanoides, robots tipo caricatura, etc. De esta forma, se familiarizaban con la tecnología actual desarrollada.

Las reuniones oficiales se organizaron de la siguiente manera:

La primera reunión sirvió para presentar al grupo y los diferentes antecedentes de los participantes. En esta reunión, el objetivo fue definir los principales campos de interés que se discutirían en las reuniones posteriores, con el fin de definir una lista de escenarios de uso para cada uno de estos campos. La estructura de esta reunión fue la siguiente:

- Se presentó el proyecto y los objetivos principales a todos los participantes.
- Luego, se les pidió a los diferentes participantes que realizasen una lluvia de ideas, exponiendo las principales necesidades de los pacientes y cuidadores desde su punto de vista.
- Finalmente, la última parte de la reunión se utilizó para categorizar estas ideas en los campos de interés correspondientes.

A continuación, se presentan las áreas definidas, y las ideas y preocupaciones sobre cada una de ellas:

- Seguridad: Una de las principales preocupaciones de los cuidadores era mantener vigilado al paciente. Se discutió que los pacientes con deterioro cognitivo se desorientan y pueden entrar en habitaciones peligrosas (por ejemplo, en la cocina), pueden caerse o incluso salir de la casa. Los cuidadores no pueden estar constantemente monitoreando a los pacientes, así que el robot podría ser de utilidad en este ámbito.

- Asistencia personal: Los psicólogos señalaron que la adherencia a las rutinas es importante para los usuarios, y todo el grupo estuvo de acuerdo en que un robot que tuviera funcionalidades referentes a la asistencia personal podría ser muy útil, especialmente debido a los problemas de memoria a corto plazo que padecen estos pacientes.
- Entretenimiento: Esta área fue sugerida principalmente por los cuidadores, debido al hecho de que los ancianos con demencia o deterioro cognitivo tienden a exigir gran parte de su tiempo. Si un robot pudiese proporcionar algo de entretenimiento al paciente, el cuidador podría tener un poco de tiempo libre para atender sus propias necesidades, que es principalmente lo que ellos anhelaban.
- Estimulación: Finalmente, los terapeutas indicaron que disponer de una herramienta a través de la cual se pueda realizar estimulación física y/o mental es útil para tratar de frenar la progresión de la enfermedad. Sin embargo, también afirmaron que estos ejercicios deben ser diseñados cuidadosamente para cada paciente y monitoreados por un especialista.

Las cuatro reuniones siguientes se centraron en cada uno de los campos mencionados anteriormente, utilizando un proceso basado en una lluvia de ideas para discutir las funcionalidades y las características del robot. Después de cada reunión, los expertos en robótica tomaron las ideas discutidas y definieron una lista de posibles escenarios de uso del robot para el campo correspondiente. La organización detallada de estas reuniones fue la siguiente:

- Al inicio de cada reunión, los escenarios resultantes de la anterior reunión convocada eran evaluados y aprobados por el grupo por unanimidad. La discusión fue un proceso iterativo en el que se podían introducir algunas modificaciones sobre un escenario hasta que todos los participantes lo aprobasen.
- Una vez acordados estos escenarios, la reunión continuaba con el siguiente campo de interés. Cada uno de los participantes sugirió diferentes escenarios de uso que consideraron útiles para incluir en el robot. Como se trataba de un proceso basado en una lluvia de ideas, también surgieron diferentes ideas, funcionalidades y aspectos generales.
- Después de cada reunión, los investigadores organizaban las ideas en un conjunto de escenarios de uso para la plataforma robótica, así como algunos aspectos generales para incluir en su diseño. Para cada escenario, también se establecieron sus objetivos y limitaciones.
- Las actas de la reunión, incluyendo estas plantillas con los escenarios y los aspectos generales discutidos, fueron enviadas a cada participante antes de la siguiente sesión.

Durante las cinco reuniones oficiales, varios de los expertos en robótica tomaron notas exhaustivas de todas las ideas presentadas y de las discusiones. A continuación, en las siguientes subsecciones, se describen las consideraciones generales definidas y los escenarios obtenidos durante las reuniones llevadas a cabo.

4.2.2.3 Consideraciones generales

En esta sección, se presentan las consideraciones extraídas de las reuniones sobre características o ideas generales a tener en cuenta durante el diseño del robot, y que no son propias de un escenario concreto:

- Aspecto exterior: Este tema no se trató en ninguna reunión en particular, aunque durante el desarrollo de las reuniones surgieron muchas ideas generales para el diseño del robot, incluyendo su apariencia externa. La opinión general de los expertos era que su aspecto debía ser lo más amigable posible, y propusieron diferentes diseños, basados en animales, un bebé, etc. o incluso diseños basados en otros robots existentes.

  Muchos de ellos expresaron sus preferencias en llevar a cabo un diseño similar al robot social Maggie [117], que ellos conocían gracias a la visita a la UC3M. Se trata de un robot móvil de 1,35 m de altura con un aspecto de caricatura, concebido para ser amigable e invitar a la gente a interactuar con ella. El robot Maggie puede observarse en la Figura 4.1.

Figura 4.1: Robot Maggie del RoboticsLab de la UC3M.

- Registros de las actividades del paciente: El robot debe llevar a cabo un registro de la actividad del paciente. Estos registros pueden ser utilizados por un profesional o su cuidador para adaptar las actividades del robot según las preferencias del paciente. Además, también puede ser utilizado para detectar cambios en la evolución del deterioro cognitivo.
- Personalización: El robot debe poderse adaptar según las preferencias de su usuario, tanto en las actividades que realiza y su forma de interaccionar con el usuario, como en su aspecto exterior, usando algún tipo de accesorio o complemento.
- Programación: Las tareas del robot deben permitir la posibilidad de ser programadas por el cuidador de manera local o incluso remotamente por un médico o un técnico. Por ejemplo, se puede definir una secuencia de actividades con el fin de mantener al paciente entretenido durante un período de tiempo. Esto implica proporcionar una interfaz fácil de usar para configurar las actividades del robot.
- Teleoperación: Un aspecto importante por integrar en el robot es la posibilidad de permitir que los cuidadores o terapeutas controlen el robot de forma remota para poder iniciar manualmente un escenario o dar órdenes simples al robot como, por ejemplo, decir una frase. Esto puede ser útil si el usuario se queda solo en casa o incluso, si escucha las sugerencias del robot más que las de su propio cuidador.

4.2.3 Escenarios propuestos

A continuación se describen los distintos escenarios de uso propuestos durante las reuniones, clasificados según el campo al que pertenecen.

4.2.3.1 Seguridad y vigilancia

Estos escenarios están relacionados con la seguridad del usuario. Los pacientes con demencia o deterioro cognitivo tienden a desorientarse y deambular incluso en sus hogares, y sus cuidadores no pueden vigilarlos constantemente. A continuación, se exponen los escenarios centrados en el ámbito de la vigilancia del usuario mediante un robot social, teniendo en cuenta diferentes enfoques.

- Vigilancia mediante robot estático: Vigilancia de la posición del anciano dentro de una habitación usando un robot situado en un lugar predefinido. El robot sólo puede ver una habitación a la vez, pero puede ser trasladado entre un conjunto de puntos predefinidos en diferentes lugares de la casa. Por ejemplo, se puede colocar en la mesita de noche para comprobar si la persona abandona la habitación durante la noche (véase la Figura 4.2). También se puede colocar de forma que vigile ciertas áreas peligrosas de la casa (por ejemplo, la

cocina o la puerta de la calle) definidas por el cuidador. Si el robot detecta al usuario en una de estas áreas, tratará de persuadirlo con un mensaje acústico para tratar que abandone esa área, además de avisar al cuidador (acústicamente o con una llamada o mensaje de texto).

Figura 4.2: Escenario de *Vigilancia mediante robot estático*.

- Vigilancia mediante robot móvil: Este escenario es similar al anterior, pero en este caso, el robot puede moverse libremente por la casa y seguir al usuario, de forma que le pueda vigilar en cualquier momento.
- Vigilancia mediante el robot como interfaz: En este caso, la casa debería estar dotada de diversos sensores en habitaciones y pasillos, de manera que se tenga registro constante de dónde se encuentra la persona y, eventualmente, de su actividad. El robot se utiliza como interfaz amigable para que informe al cuidador acerca de la posición del anciano. Si éste realiza alguna actividad peligrosa o se acerca a una zona de riesgo de la casa, el robot advierte al cuidador.
- Robot interfaz con dispositivo GPS: El robot está en la casa y, si el usuario ha salido, avisa al cuidador si lleva fuera más tiempo del previsto. Para ello, debe estar localizado mediante un sensor (un objeto que lleve consigo) de tipo GPS (del inglés *Global Positioning System*), de manera que le informe al cuidador de su posición a través de una interfaz amigable. El robot en este caso actúa como una centralita de supervisión del anciano cuando está fuera de casa.

4.2.3.2 Asistencia personal

Los escenarios siguientes describen situaciones en las que el robot puede ayudar al anciano con sus actividades diarias, recordándole o sugiriéndole cómo realizarlas. Esta información es proporcionada de antemano por el cuidador, que conoce las preferencias y los gustos del paciente.

- Ubicación de objetos mediante robot estático: Las personas que sufren deterioro cognitivo como la enfermedad de Alzheimer, a menudo preguntan por la ubicación de los diferentes objetos de la casa porque no pueden recordar el lugar habitual de éstos. El robot en estos casos puede tener una lista de los objetos más utilizados por el usuario (por ejemplo, el cepillo de dientes o las gafas) y su ubicación habitual, de forma que si pregunta por alguno de ellos, el robot le puede dar indicaciones sobre su ubicación. Estas indicaciones pueden ser dadas mediante instrucciones de voz o con la ayuda de imágenes o vídeos. Para ello, es importante insistir al usuario para que deje los objetos siempre en el mismo sitio.
- Ubicación de objetos mediante robot móvil: Este escenario es similar al anterior, pero en este caso un robot móvil acompaña al anciano hasta el lugar dónde se sitúa dicho objeto en lugar de indicárselo mediante instrucciones (véase la Figura 4.3).

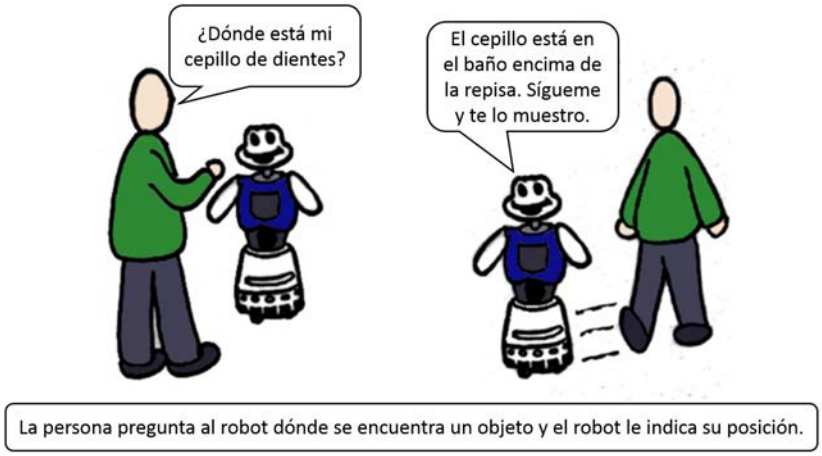

Figura 4.3: Escenario de asistencia personal de *Ubicación de objetos mediante robot móvil*.

- Anciano solo en casa: Este escenario se basa en la situación en la que el cuidador debe salir, dejando al usuario solo en la casa. En estos casos, el anciano puede ponerse nervioso o ansioso, así que el objetivo del robot consiste en mantenerle calmado hasta que llegue el cuidador. En estas situaciones el robot puede decir alguna frase para tranquilizarle o establecer una llamada telefónica o videollamada con el cuidador. La llamada se puede establecer a petición del usuario, o automáticamente por el robot.
- Recordar actividades y efemérides: Este escenario está basado en el hecho de que, en términos generales, es bueno para los ancianos acostumbrarse a una rutina diaria, sobre todo si tienen algún tipo de demencia o deterioro cognitivo. En este ámbito, el robot puede ser útil para el cuidador, ya que puede ayudar a recordar al usuario su rutina, explicándole la actividad que debe llevar a cabo en cada momento del día, y darle algún tipo de instrucción para realizarla en

el caso de necesitarlo. Esto se puede hacer con instrucciones mediante voz o con ayuda visual mediante imágenes o vídeos. Ejemplos de estas rutinas pueden ser las diferentes comidas o cuándo tomar los medicamentos. Además, el robot también puede recordar al paciente las fechas o eventos importantes. Como ejemplo, el robot puede recordar el cumpleaños de un pariente y enseñar una foto suya como apoyo visual. En todo caso, aunque el robot recuerde una actividad, debe ser el cuidador el responsable de supervisar que la actividad se realice correctamente.

- Ubicación del anciano en el entorno: Como consecuencia de la pérdida de memoria a corto plazo, los ancianos con enfermedades como el Alzheimer pueden desorientarse fácilmente y pensar que están en un lugar diferente, como en una casa anterior donde solían vivir de jóvenes. Es por ello, que muchos suelen preguntar con frecuencia por su ubicación actual. Esto podría ser indicado por el robot con explicaciones simples. Por ejemplo, el robot puede decir: "Estás en Madrid, en tu casa de la calle Castellana", o incluso referirse a la habitación de la casa donde se encuentra.
- Tomar decisiones: Aparte de desorientarse, otra consecuencia de la pérdida de memoria a corto plazo es que los pacientes pueden ponerse ansiosos o nerviosos cuando tienen que tomar ciertas decisiones, como por ejemplo decidir qué ropa ponerse. En tal caso, el robot puede sugerir al paciente qué ponerse, por ejemplo, basándose en el pronóstico del tiempo. El robot explica el resultado de la decisión básicamente mediante voz, pero puede complementar la información también con imágenes o vídeos. De esta forma, la persona no llegaría a encontrarse en la situación de incertidumbre y se podrían evitar situaciones de ansiedad.
- Responder preguntas frecuentes: Los pacientes con deterioro cognitivo/demencia a menudo preguntan al cuidador las mismas preguntas varias veces durante el día, como "¿qué hora es? o "¿qué día es hoy?". Para su cuidador, puede suponer una carga responder todo el tiempo a la misma pregunta, pero un robot puede responder sin esfuerzo. De esta forma, se conseguiría aliviar cierta carga al cuidador.

4.2.3.3 Entretenimiento

La base de estos escenarios es que el robot dispone de una colección de actividades agradables y adaptadas para cada paciente. Esta personalización se realiza gracias a la ayuda del cuidador y/o familiares, que proporcionan información sobre la vida del usuario.

De esta forma, el robot puede ser programado para combinar algunas de estas actividades con el fin de mantenerle entretenido durante un período de tiempo, proporcionando además algo de tiempo libre al cuidador para atender sus propias necesidades.

- Conversación unidireccional por parte del robot (Cuentacuentos): En este escenario, el robot tiene una colección de cuentos, curiosidades, poemas y eventos importantes, que cuenta al anciano (pueden ajustarse individualmente en contenido y duración). El contenido a contar puede ser escogido por el cuidador o autónomamente por el robot en base a un registro dinámico de las historias favoritas del usuario.
- Conversación unidireccional por parte del anciano (Escucha activa): El objetivo de este escenario es que el robot incite al usuario a hablar, de manera que éste se sienta escuchado y perciba el interés por él. El robot puede tener un conjunto de temas predefinidos sobre los que puede preguntar al anciano (por ejemplo, historias sobre su vida, parientes, trabajo o pasatiempos). El robot puede iniciar la conversación con frases predefinidas y luego detectar cuando el anciano deja de hablar e invitarlo a seguir hablando, usando algunos rellenos conversacionales como "¿verdad?", o "cuéntame más sobre eso". Gestos y expresiones pueden crear la impresión de que el robot entiende y escucha al usuario.
- Conversación bidireccional entre anciano y robot: El objetivo de este escenario es que el robot y el anciano puedan mantener una conversación natural en la que el robot "entiende" lo que el anciano dice y reacciona en consecuencia (similar a un chatbot).
- Juegos: En este escenario, el robot entretiene al anciano mediante un repertorio de juegos basados en sus preferencias, las cuales conoce a partir de la información aportada por su cuidador. Los juegos pueden ser de carácter general (por ejemplo, adivinar un personaje famoso), o utilizando información más personalizada (reconocer objetos del entorno del usuario o fotos de familiares cercanos).
- Contar noticias: El robot le cuenta al anciano las últimas noticias sobre sus temas favoritos: deportes, cultura, clima, etc. El robot puede obtener las últimas noticias mediante el uso de Internet y contárselas al usuario mediante voz, o incluso mostrándoselas por pantalla dependiendo de las preferencias del paciente.
- Reproductor multimedia: El robot entretiene al anciano con diferentes contenidos multimedia: Programas de televisión, programas de radio, la música favorita del paciente, eventos históricos, fotos personales o incluso videos (por ejemplo, cumpleaños de la familia, bodas, etc.). El contenido puede obtenerse localmente o a través de Internet, permitiendo al usuario ver sus programas favoritos, independientemente de cuándo se emitan. Un ejemplo de este escenario se puede observar en la Figura 4.4.

Figura 4.4: Escenario de entretenimiento de *Reproductor multimedia*.

- Robot afectivo: El objetivo de este escenario es crear un vínculo afectivo entre el usuario y el robot, y hacer que la propia persona se sienta necesitada y querida por parte del robot el cual requiere su atención. Por ejemplo, el robot puede necesitar "ser alimentado" (como los "Tamagotchi") o que le acaricien. Por otra parte, el robot puede hacer cumplidos al anciano para que éste se sienta mejor. En este escenario, es muy importante el aspecto externo del robot, el cual debe inspirar ternura para crear un vínculo afectivo con el usuario, como si de una mascota se tratase.

4.2.3.4 Estimulación cognitiva y física

Estos escenarios se basan en la idea de utilizar el robot como herramienta a través de la cual realizar los distintos ejercicios propios de un programa de estimulación, tanto física como cognitiva. El robot además de gestionar los ejercicios y guiar al usuario, debe ser capaz, en la medida de lo posible, de detectar que el usuario los ejecuta de forma correcta. Este tipo de escenarios pueden ser planteados como parte de un tratamiento diario que, sin la necesidad de estar concentrado en el tiempo que dura una sesión, podrían llevarse a cabo en distintos momentos del día de manera distribuida.

- Estimulación cognitiva: En este escenario, el robot dispone de una colección de ejercicios de estimulación cognitiva y ayuda al usuario a realizarlos. Para llevarlos a cabo, el robot puede explicarlos mediante voz, imágenes o vídeos, por ejemplo. El formato y el contenido de estos ejercicios, así como el número de sesiones diarias, dependen totalmente de la progresión del paciente y de los síntomas que se desarrollen siendo de forma diferente para cada persona. Por lo tanto, deben ser adaptados y supervisados por un especialista que trabaje habitualmente con el anciano.

- Estimulación física: El objetivo de este escenario es que el robot guíe al usuario a través de diferentes sesiones de ejercicios de estimulación física, mostrando cómo realizarlos con sus propios grados de libertad (por ejemplo, cabeza, brazos, etc.) o con la ayuda de imágenes mostradas en una pantalla. Estos ejercicios deben ser diseñados y supervisados por un fisioterapeuta que conozca el estado del anciano (véase la Figura 4.5).

Figura 4.5: Escenario de *Estimulación física*.

4.2.4 Discusión y definición de requisitos

Como se ya se ha mencionado, los escenarios presentados representan una lista de funcionalidades deseables para que un robot social ayude a los ancianos con deterioro cognitivo y a sus cuidadores. Sin embargo, existen varias posibilidades de cómo se puede diseñar e implementar este robot para llevar a cabo las funcionalidades, como ya se ha mencionado en el capítulo anterior. Estas posibilidades, las cuales se presentan a continuación, afectan sobre todo a la capacidad de movilidad del robot y a su apariencia externa:

- Un pequeño robot estático de sobremesa que puede ser portátil y que interactúa principalmente con ayudas visuales y de voz.
- Un robot móvil con ruedas, capaz de navegar en una casa o en un centro especializado (residencias o centros de día).
- Un robot de aspecto suave y tierno, como un animal o un bebé, que principalmente interactúa con el tacto y los sonidos no verbales.

Para cada tipo de robot, se debe analizar qué subconjunto de escenarios se podría implementar, ya que no todos son posibles para cada tipo (es decir, un robot estático no puede implementar un escenario en el que se requiera movilidad). Además, hay otros factores que deben tenerse en

cuenta, como la viabilidad técnica de cada escenario o las principales limitaciones sociales y éticas que presenta.

Esta sección presenta un análisis de la factibilidad de los escenarios, el cual puede ser utilizado como guía para decidir cuáles seleccionar para la construcción del primer prototipo del robot. Dependiendo de la selección, el robot tendrá diferentes características y alternativas a considerar.

4.2.4.1 Análisis de viabilidad de los escenarios: Limitaciones y consideraciones

En esta subsección, se realiza un análisis sobre las limitaciones que puede tener la implementación de los distintos escenarios debido al desarrollo tecnológico actual, así como ciertas consideraciones tanto sociales como éticas que debe tenerse en cuenta, y que fueron señaladas por los expertos durante las reuniones, especialmente por los psicólogos.

Limitaciones técnicas

Respecto a las limitaciones técnicas, se pueden observar en la Tabla 4.2 a modo de resumen, los principales requisitos técnicos implicados para el desarrollo de los escenarios, así como las limitaciones o desafíos que pueden existir para llevarlos a cabo. De la misma forma, se ha incluido una lista de escenarios afectados por cada uno de los requisitos técnicos, según la enumeración definida en la Tabla 4.1.

Áreas	**Escenarios**
Seguridad	1. Vigilancia mediante robot estático
	2. Vigilancia mediante robot móvil
	3. Vigilancia mediante el robot como interfaz
	4. Robot interfaz con dispositivo GPS
Asistencia Personal	5. Ubicación de objetos mediante robot estático
	6. Ubicación de objetos mediante robot móvil
	7. Anciano solo en casa
	8. Recordar actividades y efemérides
	9. Ubicación del anciano en el entorno
	10. Tomar decisiones
	11. Responder preguntas frecuentes
Entretenimiento	12. Conversación unidireccional por parte del robot (Cuentacuentos)
	13. Conversación unidireccional por parte del anciano (Escucha activa)
	14. Conversación bidireccional entre anciano y robot
	15. Juegos
	16. Contar noticias
	17. Reproductor multimedia
	18. Robot afectivo
Estimulación	19. Estimulación Cognitiva
	20. Estimulación Física

Tabla 4.1: Escenarios recopilados para el uso de un robot social interaccionando con un anciano.

Una de las limitaciones más importantes está relacionada con la capacidad de interacción por voz, especialmente en el caso del escenario en el que el robot y el usuario mantienen una conversación natural. Los sistemas de diálogo actuales no proporcionan el mismo nivel de comprensión y razonamiento que una persona; por lo tanto, los diálogos con el robot deben emularse con herramientas más sencillas como los *chatbots*. Esto puede llevar a una decepción con respecto a las expectativas tanto del anciano como de su cuidador.

Requisitos	Limitaciones técnicas	Escenarios
Robot estático	No puede vigilar de manera simultánea más de una estancia. Depende del encargado o cuidador para ser desplazado. Sólo puede dar indicaciones mediante comandos de voz o contenido multimedia	1, 5
Robot móvil	Escaleras, puertas, alfombras, etc. pueden suponer un obstáculo. Necesita un mapa de la estancia o un sistema de navegación robusto para poder desplazarse.	2, 6
Cuerpo articulado	Los movimientos deben ser naturales, suaves y silenciosos.	20
Interacción por voz	Dificultades para entender lo que dice la persona debido a la falta de vocalización, ruido ambiente, o limitaciones del propio reconocedor para procesar distintos temas de conversación de manera simultánea.	5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
Percepción Visual	Dificultad para percibir el estado de ánimo de la persona mayor y comprobar la correcta realización de algunas actividades diarias.	7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17
Base de conocimiento	Debe abarcar distinta información o contenido multimedia de la persona mayor, para lo cual se debe asegurar la privacidad de dicha información y permitir al cuidador poder acceder a ella de manera sencilla.	5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20
Conexión a Internet	La conexión depende de factores externos, pudiendo variar entre las estancias e incluso llegando a perderse.	3, 4, 7, 16, 17
Sistemas domóticos	Si la conexión se pierde, el robot no será capaz de comunicarse con el sistema domótico, perdiendo la detección de la persona.	3
Dispositivo GPS	Si falla la conexión del dispositivo GPS , el robot no podrá rastrear al usuario, pudiendo éste perderse	4

Tabla 4.2: Principales requisitos técnicos de los escenarios (identificados por su número) y sus limitaciones.

Una limitación técnica similar surge en los escenarios de asistencia personal, ya que hoy en día es difícil para un robot supervisar la realización de ciertas actividades (por ejemplo, evaluar si el anciano ha terminado la actividad o si la ha realizado correctamente o no). Por ejemplo, es extremadamente difícil para un sistema robótico evaluar si la persona ha tomado sus medicamentos. Esta limitación añade énfasis en el hecho de que el robot previsto sería una ayuda, pero no un sustituto para el cuidador, ya que sería este último deberá ser el encargado de supervisar si el paciente ha realizado correctamente las actividades.

Otra limitación técnica de los sistemas perceptivos de los robots es la capacidad de detectar de forma fiable el grado de ansiedad de una persona. Es por ello, que el escenario de *Anciano solo en casa*, plantea bastantes dificultades para llevarlo a cabo correctamente. Aun así, es posible incorporar al robot la opción de poder realizar una videollamada.

Limitaciones sociales y preocupaciones

Por otro lado, es muy importante también tener en cuenta las diferentes preocupaciones o inquietudes relacionadas con los factores sociales, psicológicos y éticos que pueden surgir a la hora de implementar los distintos escenarios. Estas preocupaciones se resumen en la Tabla 4.3 para cada uno de los escenarios. No obstante, a continuación se explican las más relevantes.

Principales limitaciones y preocupaciones éticas y sociales	**Escenarios**
Vigilar al usuario en estancias privadas.	1, 2, 3
La persona puede sentirse perseguida.	2
El robot puede suponer un obstáculo para el usuario.	2, 6
Alteración del entorno domésticos.	3
El anciano pueden querer quitarse los dispositivos de seguimiento	4
Si el objeto por el que pregunta el usuario no está en su sitio habitual, las explicaciones del robot pueden no ser de ayuda.	5, 6
La actitud del robot puede no adaptarse al estado de ánimo de la persona	7, 13, 14
Dificultad del robot para comprobar la correcta realización de algunas actividades	8, 19, 20
Incomodar o disgustar al usuario si las respuestas del robot no son coherentes con las preguntas realizadas por el propio usuario.	5, 6, 9, 10, 11, 14
Dificultad para detectar si el usuario se está aburriendo durante la ejecución de una tarea.	12, 13, 14, 15, 16, 17
El lazo afectivo que se crea entre la persona y el robot puede llegar a crear dependencia.	18
Los ejercicios a realizar deber ser especialmente diseñados para el usuario.	19, 20

Tabla 4.3: Principales limitaciones y preocupaciones éticas y sociales, obtenidas a partir de las reuniones y el conjunto de escenarios recopilados de ellas (identificados por su número).

Una de las principales preocupaciones surgió a partir del planteamiento de escenarios donde el robot debía ser móvil (*Vigilancia mediante robot móvil* y *Ubicación de objetos mediante robot móvil*). Según los comentarios recibidos de los cuidadores, el anciano podría sentirse perseguido por el robot y, en consecuencia, se sentiría incómodo con su presencia. También, se le suma el problema de que el robot puede incluso convertirse en un obstáculo, lo que podría representar un riesgo físico para el usuario.

Además, se deben tener en cuenta las cuestiones éticas que pueden surgir de la supervisión y vigilancia de las tareas del anciano en áreas privadas (como el baño). Esta preocupación afecta también a otros escenarios, pero en el caso de un robot estático no es tan relevante ya que sólo puede ser movido por el cuidador, controlando así lo que el robot pueda estar viendo en cada momento.

En los escenarios en los que el robot actúa como interfaz (*Vigilancia mediante robot interfaz* e *Robot interfaz con dispositivo GPS*), no está claro el hecho de necesitar un robot como tal para llevarlos a cabo, ya que las funcionalidades presentadas en ambos escenarios pueden ser implementadas por un sistema domótico y un sistema de localización GPS respectivamente. Aun así, podrían ser estudiados para mostrar las ventajas de interactuar con un robot real en comparación con un sistema tradicional. Adicionalmente, se deben tener en cuenta dos importantes aspectos asociados a estos escenarios. En el caso del escenario *Vigilancia mediante robot interfaz*, se requiere instalar sensores en el domicilio

del paciente, provocando una alteración en su entorno y lo que ello conlleva. Además, si el paciente cambia de residencia, todos los sensores deben ser instalados de nuevo, lo que también puede tener un impacto económico. En el otro caso, *Robot interfaz con dispositivo GPS*, es necesario que el paciente lleve un sensor consigo. En relación a este aspecto, los cuidadores y familiares alertaron de que a los pacientes con deterioro cognitivo no les gusta llevar objetos extraños por lo que posiblemente se los quiten y los pierdan.

El escenario *Robot afectivo* implica un tipo diferente de consideraciones, ya que puede crear en el paciente una necesidad de estar cuidando permanentemente al robot, y una sensación de malestar si no cumple esta tarea. Además, esta situación puede afectar el comportamiento del paciente con respecto a su entorno y hacer que descuide sus relaciones sociales, empeorando su condición. Aparte, se debe considerar que este escenario pueda requerir un robot con una apariencia y un comportamiento externos concretos, para lo cual se podría plantear la posibilidad de tener otro robot distinto al diseñado para cumplir el resto de los escenarios. En este caso, este robot implicaría tener un aspecto tierno, fácil de coger y abrazar y agradable al tacto.

Por último, los escenarios de estimulación son muy particulares para cada paciente y deben ser cuidadosamente diseñados y estudiados por los terapeutas; por lo tanto, aunque se pueden tener en cuenta sus necesidades técnicas, el contenido específico de los ejercicios debe adaptarse a cada paciente antes de su realización. Sin embargo, para evaluar la utilidad de estos escenarios, el mejor enfoque debe ser probarlos con los pacientes y sus cuidadores en entornos reales.

4.2.4.2 Requisitos del prototipo de robot social

En esta sección, considerando los escenarios definidos y las cuestiones planteadas en el análisis de viabilidad, se presentan los requisitos técnicos que debe cumplir el prototipo de robot social a diseñar, basándose en un subconjunto de escenarios seleccionados.

La primera decisión importante que se debe tomar para construir el prototipo es si el robot va a ser estático o móvil. Teniendo en cuenta las limitaciones técnicas de los robots móviles (ver Tabla 4.2) y también las preocupaciones presentadas en la Tabla 4.3 (un robot móvil puede suponer un obstáculo para el paciente), se decidió diseñar un robot estático como primer prototipo.

Esta decisión implica el no poder implementar aquellos escenarios que requieren un robot móvil, por lo que en su lugar se sustituyen por la alternativa planteada con el robot estático. Además, como se ha comentado en el apartado anterior, existen otros escenarios que presentan otras preocupaciones (por ejemplo, la vigilancia con robot interfaz) o dificultades técnicas, como la de tranquilizar al anciano cuando está solo en casa, por lo que se decidió prescindir de estos escenarios de cara a la primera versión del robot. En consecuencia, se decidió hacer una selección de escenarios de forma que sirviesen de guía para esta primera versión de robot.

Los escenarios elegidos fueron los siguientes:

- Vigilancia mediante robot estático
- Ubicación de objetos mediante robot estático
- Recordar actividades y efemérides
- Ubicación del anciano en el entorno
- Tomar decisiones
- Responder a preguntas frecuentes
- Contar cuentos
- Escucha Activa
- Juegos
- Contar noticias
- Reproductor Multimedia

Este subconjunto de escenarios se obtuvo extrayendo aquellos escenarios que presentaban preocupaciones menos considerables a la hora de llevarlos a cabo. Esta primera selección no implicaba que estos escenarios fuesen más relevantes que los otros, sino que representaban un punto de partida a partir del cual crear el prototipo basado en ellos. De igual forma, esto no conllevaba la exclusión del resto de escenarios para su implementación a largo plazo, como fue el caso del escenario de *Estimulación cognitiva*, el cual ha supuesto gran parte del trabajo realizado en esta tesis doctoral.

La razón de no incluir los escenarios relacionados con la estimulación en esta primera versión se debía a que su implementación no sólo implicaba el desarrollo de una serie de ejercicios, sino que también era necesario que se pudiese permitir la personalización a la hora de elegir dichos ejercicios según las necesidades del usuario. Además, se debía tener en cuenta el factor de la evaluación a largo plazo sobre la efectividad del programa planteado con el robot. Aun así, de cara al "diseño" del primer prototipo se tuvo en cuenta el escenario de *Estimulación física*, aunque como tal, no se tuviese en consideración su implementación para esa versión. Esto se debe a que, como se puede ver en la Tabla 4.4, este escenario requiere que el robot tenga movimientos del cuerpo, los cuales también pueden ser de utilidad para otros escenarios. Con el fin de dejar el robot preparado para futuras mejoras, el hecho de que el robot tuviese cierto grado de movilidad de su cuerpo se tuvo en cuenta a la hora de definir los requisitos técnicos.

En los siguientes apartados se analizan los aspectos estéticos y los requisitos técnicos del primer prototipo, basándose tanto en el mencionado subconjunto de escenarios como en las consideraciones generales establecidas durante las reuniones.

Escenarios	Principales requisitos							
	Robot móvil o estático	Movimiento del cuerpo	Interación por voz	Percepción visual	Pantalla	Base de datos	Conexión a Internet	Otros requisitos
1. Vigilancia mediante robot estático	Ambos	/	/	X			/	Robot portátil
2. Vigilancia mediante robot móvil	Móvil		/	X			/	Navegación robusta
3. Vigilancia mediante el robot como interfaz	Ambos		/	/			X	Sistema de sensores domótico
4. Robot interfaz con dispositivo GPS	Ambos		/	/			X	Dispositivo GPS ponible
5. Ubicación de objetos mediante robot estático	Ambos	/	X	/	X	X	/	
6. Ubicación de objetos mediante robot móvil	Móvil	/	X	/	X	X	/	Navegación robusta
7. Anciano solo en casa	Ambos	/	X	X	X	X	X	Posibilidad de videollamada
8. Recordar actividades y efemérides	Ambos	/	X	/	X	X	/	
9. Ubicación del anciano en el entorno	Ambos	/	X	/	X	X	/	
10. Tomar decisiones	Ambos	/	X	/	X	X	/	
11. Responder preguntas frecuentes	Ambos	/	X		/	X	/	
12. Conversación unidireccional por parte del robot	Ambos	/	X	/	/	X	/	
13. Conversación unidireccional por parte del anciano	Ambos	/	X	/	/	X	/	
14. Conversación bidireccional entre anciano y robot	Ambos	/	X	/	/	X	/	
15. Juegos	Ambos	/	X	/	X	X	/	
16. Contar noticias	Ambos	/	X	/	/		X	
17. Reproductor multimedia	Ambos	/	X	/	X	X	X	
18. Robot afectivo	Ambos	/	X	/	/		X	Aspecto amigable y acariciable
19. Estimulación cognitiva	Ambos		X	/	X	X		
20. Estimulación física	Ambos	X	X	/	X	X		

Tabla 4.4: Principales requisitos de cada escenario definido. Los requisitos necesarios han sido definidos con "X", los recomendables con "/" y los irrevelantes no se han marcado.

Aspecto estético

Una de las primeras conclusiones de las reuniones y de la discusión de los escenarios fue que se prefería una plataforma robótica estática frente a una móvil. Las razones principales fueron que un robot móvil puede suponer un obstáculo para el usuario, además de las limitaciones técnicas que implicaría. Sin embargo, a pesar de situar el robot sobre una base estática, este debía estar diseñado para ser portátil, de modo que pudiese ser trasladado entre diferentes lugares dentro de la casa o del centro.

Esta base estática no tiene por qué disminuir la expresividad del robot. Al ser un robot social cuyo principal objetivo es interactuar con el usuario, es importante dotarlo de una gran expresividad. Para ello, el robot debía equiparse con varios grados de libertad para permitir un amplio repertorio de gestos, expresiones y movimientos. La apariencia externa del robot también se discutió durante las reuniones y los asistentes estuvieron de acuerdo en que su aspecto debía ser lo más amigable posible. Aunque no se decidió ningún diseño externo, una de las propuestas fue tomar como referencia al robot social Maggie [117]. La mayoría de los cuidadores y terapeutas que asistieron a las reuniones apoyaron esta propuesta. Esto implicaba además que el primer prototipo de robot debía tener una cabeza, dos brazos y un cuerpo (algunos bocetos se muestran en las Figuras 4.2, 4.3, 4.4, y 4.5).

El tamaño del robot también suponía una cuestión clave. Considerando la experiencia previa con Maggie, un robot tan grande a veces puede ser perjudicial para la interacción social. Esto se debe a que algunos usuarios temen las posibles lesiones que puedan causar estos grandes robots. Además, teniendo en cuenta que el robot debe ser transportado fácilmente de una habitación a otra, tanto el volumen como el peso del robot debían ser limitados para poder llevarlo en brazos fácilmente. Teniendo en cuenta lo anterior, el diseño que se propuso consistía en un robot ligero, portátil, de sobremesa, antropomorfo (cabeza, cuerpo y 2 brazos), de aspecto animal o caricaturesco, y que pudiese ser fácilmente transportado por una persona a distintos lugares de la casa o del centro.

Especificaciones de Hardware

Para cumplir con los requisitos de los escenarios seleccionados, se necesitaban varios componentes de hardware que debía ser implementados en el robot. A continuación, se enumeran las funcionalidades necesarias para implementar los escenarios seleccionados y los dispositivos de hardware necesarios para llevarlas a cabo.

- Vigilancia del usuario: Esta funcionalidad se limitaría a la habitación en la que se encontrase el robot dado que el diseño elegido para el primer prototipo iba a consistir en un robot estático de sobremesa. Para llevar a cabo esta funcionalidad, se podía considerar como primer enfoque, la posibilidad de colocar sensores en el anciano. Sin embargo, como ya se ha comentado en la discusión, los expertos advirtieron que los ancianos con demencia pueden tratar de quitárselos.

Por lo tanto, los sensores incluidos debían ser transportados de forma natural por el usuario para que no le causen molestias.

Un enfoque diferente que se consideró fue colocar los sensores en el propio robot. Dado que el anciano puede estar ubicado en cualquier lugar de la habitación, los sensores visuales parecen ser una solución adecuada. Como ejemplo, se planteó usar la 3D Kinect para realizar esta tarea. Sin embargo, dado que tiene un ángulo de visión bastante estrecho, el rango de visión respecto a la habitación quedaría limitado. Esto podría resolverse, por ejemplo, mediante la inclusión de un torso giratorio en el robot gracias al cual, el robot podría realizar un escáner de más de 180 grados con el sensor Kinect situado en su cuerpo.

Además, como complemento, se podría añadir una cámara estándar en el cabezal del robot para la identificación del anciano durante la interacción estrecha entre el robot y la persona.

- Interacción natural: La mayoría de los ancianos con demencia o con deterioro cognitivo son personas de edad avanzada con escaso conocimiento en nuevas tecnologías. Por consiguiente, la interacción entre el anciano y el robot debía ser lo más natural posible, es decir, similar a la interacción humano-humano, o por lo menos fácilmente deducible por el anciano. Para el diseño de la plataforma se consideró dos métodos principales de interacción: verbal y táctil. Con relación a la comunicación verbal, para lograr un diálogo, el robot debía estar dotado de micrófonos para "escuchar" y de altavoces para "hablar". Estos componentes debían ser implementados en el robot para evitar que el anciano tuviese que llevar ningún objeto auxiliar para interaccionar con el robot. Por otro lado, la plataforma robótica también podría ser capaz de reaccionar al contacto con el usuario. Por lo tanto, tendría que estar equipado con una piel sensible. Esto puede lograrse mediante un conjunto de sensores táctiles distribuidos por la superficie del robot.

- Interfaz visual: Varios escenarios implicaban poder mostrar contenido multimedia o ayudar a la interacción con una interfaz visual. Para ello, se contemplaron diferentes enfoques, como el uso de una pantalla o incluso un proyector, dependiendo del presupuesto económico disponible. Una de las soluciones más baratas y sencillas consiste en utilizar una tableta controlada por el robot, en la que se pueda reproducir vídeos, audios e imágenes. Además, a través de dicha tableta también se podrían mostrar distintos menús con botones, suponiendo un método de interacción adicional a los ya presentados.

- Expresividad: La capacidad de expresión del robot es crucial para la calidad del HRI. Para ello, el robot debía contar con ciertos grados de libertad que favoreciesen la interacción, especialmente teniendo en cuenta algunos escenarios como el de *Estimulación física*. Al ser un pequeño robot de sobremesa, con sólo la parte superior del cuerpo, se adjudicaron estos grados

de libertad a los movimientos de la cabeza y el cuello, los brazos y la rotación del torso. Ésto se puede conseguir mediante diferentes servomotores, que permiten controlar su posición y que están siendo utilizados en muchos otros robots similares.

Los ojos del robot también son cruciales para proporcionar expresividad, por lo que se consideró hacer uso de dos pequeñas pantallas LCD cuadradas colocadas en la cabeza del robot. En estas pantallas podrían visualizarse fácilmente diferentes ojos con diferentes cargas emocionales. Además, estas pantallas permitirían también mostrar diferentes orientaciones de los ojos, permitiendo que el robot pueda seguir al usuario con su mirada.

Además, otra técnica que podría utilizarse para mejorar la expresividad sería la colocación de diversos dispositivos luminosos, como los LEDs RGB, en determinadas partes del cuerpo del robot. Esto permitiría expresar varios estados emocionales a través de diferentes colores, o incluso comunicar una alerta, como por ejemplo en escenarios donde el robot observa al usuario. Además, la voz del robot también suponía un aspecto crucial de cara a lograr un alto grado de expresividad. Dado que la mayor parte de la interacción necesaria para los escenarios propuestos era por voz, el sistema de sonido del robot debía permitir una pronunciación clara y de buena calidad, con el fin de minimizar los problemas de comprensión.

- Red: Algunos escenarios planteados requerían una alta velocidad de conexión a Internet. Es por ello por lo que la conexión a Internet, al menos, debía permitir la reproducción de contenido multimedia mediante *streaming*.

Especificaciones de software

Al igual que las especificaciones de hardware, había varios elementos de software necesarios para la implementación de los distintos escenarios, los cuales se enumeran a continuación:

- Interacción natural basada en diálogos multimodales: Uno de los aspectos clave para el éxito de la plataforma a desarrollar era el logro de una interacción natural fiable. Esto implicaba diálogos multimodales naturales, es decir, diálogos basados en varias formas de comunicación que pueden ser fácilmente comprensibles para la gente. Por ejemplo, si el robot quiere decir "hola", puede hacerlo ya sea con la voz, con gestos o con ambos al mismo tiempo.

  Mediante un gestor de diálogos multimodal, el robot podría ser capaz de entender lo que la gente está diciendo o por qué la gente está tocando el robot. El robot también sería capaz de detectar cuando el usuario está hablando o callado, si está cerca o lejos, etc. Además, el robot podría mostrar una mayor expresividad modulando su voz para expresar diferentes emociones y moviendo sus grados de libertad en consecuencia. Los sonidos no verbales, como los sonidos de la boca o la tos, también son un punto fundamental para dotar al robot de cierta vitalidad "realista".

- Interfaz amigable para el cuidador: Debido a que la plataforma robótica tenía que ser también considerada como un asistente para el cuidador del anciano, dentro de las consideraciones generales discutidas en las reuniones se planteó el hecho de que el cuidador debía contar con alguna herramienta o interfaz para poder personalizar y programar ciertas actividades del robot (reproducir películas, audios de los viejos tiempos, recordatorio de medicamentos, etc.). Por lo general, puede suceder que el propio cuidador no tenga conocimientos técnicos, por lo que la interfaz a implementar para que el cuidador configurase el robot según dicha personalización debía ser lo más amigable posible.
- Comunicación con el cuidador: Una de las principales preocupaciones que los cuidadores expresaron durante las reuniones fue el hecho de que los ancianos tienden a angustiarse o ponerse nerviosos cuando están solos, en lo cual se basó el escenario *Anciano solo en casa*, donde uno de los objetivos consistía en permitir al cuidador comunicarse con el paciente en cualquier momento (incluso si está fuera de la casa). Para lograrlo, el robot debía permitir realizar y recibir videollamadas, para lo cual se podían utilizar las entradas y salidas de audio incorporadas en la propia tableta, así como la pantalla para mostrar el vídeo y una cámara.
- Base de conocimientos: La mayoría de las habilidades a desarrollar en el robot se debían basar en una importante base de conocimiento. Este conocimiento representa la "inteligencia" del robot y es en su mayoría dependiente de cada usuario. En resumen, el robot debía contener la siguiente información personal de cada usuario:
  - Información general del usuario, como su nombre, edad, sexo, etc.
  - Datos de los familiares.
  - Contenido multimedia personal.
  - Información sobre objetos importantes del usuario (detalles, ubicación, etc.).
  - Posibles ubicaciones del usuario (ubicación actual, funcionalidad, ubicación relativa).
  - Preguntas frecuentes y repetitivas.
  - Repertorio de historias que al usuario le gusta escuchar.
  - Información sobre las historias que le gusta contar al usuario (sobre su vida, su familia, su trabajo, sus amores, el fútbol, etc.).
  - Rutina del usuario.
  - Temáticas favoritas, de cara a la reproducción de noticias, elección de juegos, etc.

- Teleoperación del robot: Para poder probar las funcionalidades del robot en diferentes entornos y con diferentes usuarios y sus cuidadores, puede ser útil proporcionar un método que permita teleoperarlo. Esto también puede permitir realizar algunos experimentos basados en *Mago de Oz* para evaluar una nueva funcionalidad antes de implementarla.

  Además, esta herramienta también podría ser utilizada por los cuidadores e incluso por los terapeutas para comunicarse con el anciano a través del robot, permitiendo el control remoto si el terapeuta no puede estar presente, o incluso porque el anciano pudiese ser más receptivo a las sugerencias del robot que a las de su propio cuidador.

4.2.5 Estudio de los escenarios con cuidadores

En paralelo con la construcción e implementación de funcionalidades del robot Mini, en el 2014 se llevó a cabo una encuesta por Internet a 24 cuidadores no profesionales (16 mujeres y 8 hombres) con edades comprendidas entre 30 y 80 años (M=60.6 , SD=13.6), para que valorasen la utilidad de cada uno de los escenarios en una escala del 1 (muy poco útil) al 5 (muy útil). Para ello, se les explicó en qué consistía cada escenario y cómo actuaría el robot en cada uno de ellos.

En la Figura 4.6 se representan los resultados de las medias generales obtenidas por cada uno de los escenarios. El resultado fue bastante satisfactorio, como se puede observar, ya que la media general de las respuestas superaba el 3. Los escenarios de estimulación fueron los mejor puntuados (M=4.1; SD=0.9), ya que son escenarios que un cuidador no profesional no puede abarcar sin la ayuda de un profesional al no disponer del conocimiento necesario para llevarlos a cabo, mientras que los escenarios de asistencia personal (más familiarizados) fueron peor calificados (M=3.1; SD=1.3), ya que representan escenarios en los que el robot ayuda al anciano en su día a día, pero que, en gran parte de los casos, implican que el cuidador sea el que supervise la acción, por lo que consideraban que ese papel lo podía desarrollar mucho mejor una persona directamente, sin la necesidad de un robot.

Cabe destacar que el escenario de *Recordar actividades* obtuvo un resultado bastante bueno (3,8). Esto se debe a que los cuidadores pueden verse abrumados por todas las tareas a realizar con el anciano, lo que puede provocar que olvide eventos relativamente importantes como la gestión de los medicamentos. Es por ello, que este escenario, además de poder ser útil para el propio anciano, representa una gran ayuda también a su propio cuidador.

Un aspecto que se puede destacar en los resultados fue la diferencia de las puntuaciones obtenidas entre los participantes masculinos y femeninos, ya que, en todos los escenarios, las mujeres puntuaron de manera más positiva (veáse la Figura 4.7). Esta diferencia, como se puede observar en la Figura 4.8, en ocasiones llega a superar incluso la unidad en las medias obtenidas, destacando sobre

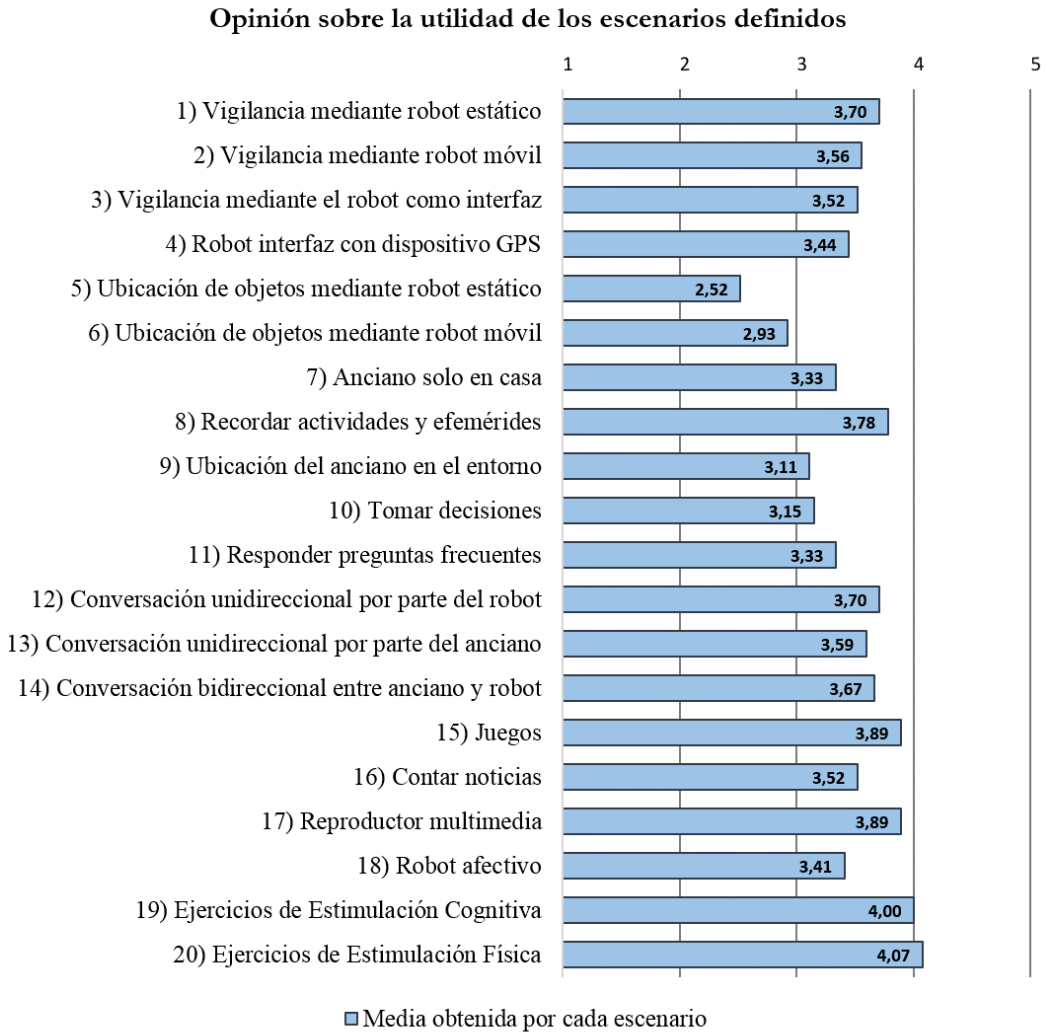

Figura 4.6: Gráfico de medias obtenidas en el estudio con cuidadores sobre la utilidad de los escenarios definidos (1:Muy poco útil, 5:Muy útil).

todo el escenario de *Robot afectivo*. Esto puede deberse a que, como ya se advirtió en las reuniones realizadas, los hombres tienden a ver los robots más como una herramienta que como un ente con cierta personalidad, por lo que intentar crear una relación basada en el afecto del anciano con el robot puede interpretarse como una tarea poco útil debido a la improbabilidad de crear dichos lazos afectivos que el escenario plantea.

Esta puntuación por parte de los participantes masculinos se vuelve incluso "negativa" (por debajo del 3) en los escenarios de asistencia personal y entretenimiento, a excepción de los escenarios de *Anciano solo en casa* y *Recordar actividades* de asistencia personal, y los de *Juegos* y *Reproductor multimedia* en el ámbito del entretenimiento. En cuanto a los dos primeros, puede justificarse

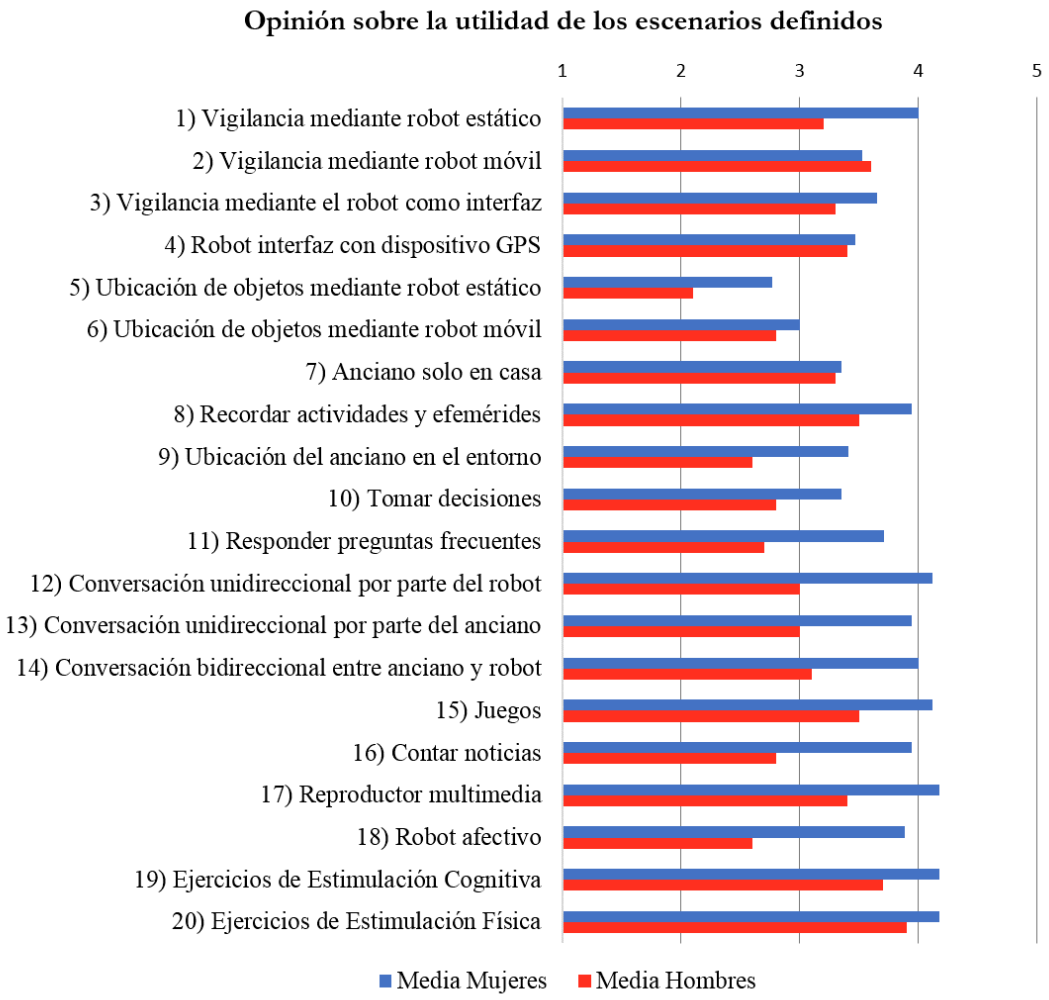

Figura 4.7: Gráfico de medias obtenidas por hombres y mujeres en el estudio con cuidadores sobre la utilidad de los escenarios definidos (1:Muy poco útil, 5:Muy útil).

debido a que estos dos escenarios son los que realmente más pueden ayudar al cuidador en su tarea diaria apoyando su labor sin que implique su "sustitución". En cuanto a los segundos, es justificable al representar escenarios ya implementados como aplicaciones en tabletas o móviles, por lo que extenderlos a su utilización en un robot mediante una pantalla puede representar un extra que los ancianos podrían sacar provecho, al poder mandar comandos no sólo mediante la pantalla y sus menús, sino también mediante voz (más familiarizados).

Además de puntuar la utilidad de cada uno de los escenarios, los participantes podían dejar al final de cuestionario algún comentario personal para expresar su opinión sobre el proyecto presentado. Algunos de los comentarios destacados fueron los siguientes:

	Media	σ	Media Mujeres	σ	Media Hombres	σ	ΔMedias
1) Vigilancia mediante robot estático	3,7	1,5	4,0	1,5	3,2	1,4	0,8
2) Vigilancia mediante robot móvil	3,6	1,4	3,5	1,4	3,6	1,5	-0,1
3) Vigilancia mediante el robot como interfaz	3,5	1,4	3,6	1,5	3,3	1,2	0,3
4) Robot interfaz con dispositivo GPS	3,4	1,5	3,5	1,5	3,4	1,6	0,1
5) Ubicación de objetos mediante robot estático	**2,5**	1,5	2,8	1,6	**2,1**	1,3	0,7
6) Ubicación de objetos mediante robot móvil	**2,9**	1,4	3,0	1,4	2,8	1,4	0,2
7) Anciano solo en casa	3,3	1,5	3,4	1,6	3,3	1,5	0,1
8) Recordar actividades y efemérides	3,8	1,3	3,9	1,3	3,5	1,2	0,4
9) Ubicación del anciano en el entorno	3,1	1,3	3,4	1,2	2,6	1,4	0,8
10) Tomar decisiones	3,1	1,2	3,4	1,2	2,8	1,2	0,6
11) Responder preguntas frecuentes	3,3	1,3	3,7	1,2	2,7	1,3	1,0
12) Conversación unidireccional por parte del robot	3,7	1,4	4,1	1,1	3,0	1,5	1,1
13) Conversación unidireccional por parte del anciano	3,6	1,3	3,9	1,3	3,0	1,3	0,9
14) Conversación bidireccional entre anciano y robot	3,7	1,3	4,0	1,1	3,1	1,4	0,9
15) Juegos	3,9	1,1	4,1	1,0	3,5	1,3	0,6
16) Contar noticias	3,5	1,3	3,9	1,1	2,8	1,3	1,1
17) Reproductor multimedia	3,9	1,1	4,2	0,9	3,4	1,2	0,8
18) Robot afectivo	3,4	1,4	3,9	1,1	2,6	1,5	**1,3**
19) Ejercicios de Estimulación Cognitiva	**4,0**	1,2	4,2	0,9	3,7	1,6	0,5
20) Ejercicios de Estimulación Física	**4,1**	1,1	4,2	0,9	3,9	1,3	0,3

Figura 4.8: Resultado numérico de las medias y desviaciones típicas obtenidas en el estudio con cuidadores sobre la utilidad de los escenarios (1:Muy poco útil, 5:Muy útil).

- "Me parece interesantísimo, pero me surgen muchas preguntas: ¿Cómo podría crearse un vínculo entre el robot y mi padre? ¿Cómo podría mi madre, cuidador principal, confiar en el robot? Si mi padre tiene problemas de lenguaje, ¿cómo podría comunicarse con el robot?"
- "Me parece muy interesante, pero creo que aún los cuidadores no estamos preparados para dejar a nuestros seres queridos acompañados por una máquina. Necesitaríamos sesiones informativas y sobre todo formativas."
- "Mi valoración no es muy positiva porque no sé hasta qué punto una máquina puede llegar a establecer la relación personal necesaria con el enfermo. En cuanto a las habilidades sugeridas para la máquina, me parecen apropiadas si se llegase a establecer el vínculo maquina/enfermo."
- "Hay que considerar que, dependiendo del estado de la enfermedad, serán útiles las acciones del robot."
- "Todo depende del deterioro que tenga el enfermo, en el caso de mi madre que es muy alto, lo más interesante seria lo referido a estimulación."
- "Dependerá mucho del estado del enfermo, parece que en estas preguntas el estado que debe tener es leve, para casos en que la enfermedad esté más avanzada no sería de utilidad porque no habría interacción."

- "Creo que un robot puede ayudar, pero en mi opinión lo más importante, en especial en etapas moderadas y avanzadas, es la presencia humana con el cuidado y el mayor cariño y muestras de afecto."
- "Me encanta la idea de este robot, porque mi madre no se deja gobernar por nadie humano hasta el momento y ya no sabemos de qué forma enfocar la situación. Para una persona como ella, esta sería la solución perfecta pues siempre se sentiría superior al robot (ella sigue empeñada en su autonomía, le cueste lo que le cueste), pero a la vez sería muy útil para todos y nos facilitaría la vida. Espero más información en lo sucesivo y que no sean muy caros."

Como se puede observar, gran parte de las preocupaciones se basan en si un robot es fiable de cara a cuidar al mayor, y si va a ser capaz de relacionarse el anciano con el robot entablando algún tipo de conversación. Por otro lado, se destacan aquellas preocupaciones sobre el uso de un robot en etapas moderadas del deterioro cognitivo. Es por ello que, entre otros motivos, el robot a desarrollar principalmente va a ser considerado para deterioros leves, debido a que en esta etapa los usuarios todavía son capaces de entablar una conversación con el robot y de poderle dar órdenes de manera coherente, sin alteraciones bruscas en la conducta.

4.3 Primer prototipo

Teniendo en cuenta los requisitos obtenidos en las reuniones, el primer prototipo fue diseñado para cumplir con las funcionalidades definidas. Este prototipo, al igual que los posteriores, fue desarrollado por el equipo de robots sociales de la Carlos III de Madrid.

Como se ha comentado, se trata de un robot de sobremesa 24/7 con una apariencia similar a la del robot Maggie, pero de proporciones más pequeñas. De ahí que se bautizase como MiniMaggie, aunque para abreviar se le denominó Mini, nombre que se ha mantenido también en las versiones posteriores. Este primer prototipo se fabricó en un material suave, como un juguete de peluche, con el fin de parecer un robot tierno y amigable que invitase a tocarlo. Este aspecto de peluche, al igual que gran parte del hardware que se menciona a continuación, se ha mantenido en las siguientes versiones.

4.3.1 Arquitectura hardware del prototipo

Mini mide aproximadamente 50 cm de alto y 30 cm de ancho. Fue diseñado para ser posicionado encima de una mesa e interaccionar con el usuario que se encuentre sentado enfrente suyo. Gracias a que es un robot relativamente ligero (aproximadamente 5kg), es fácilmente transportable para ser colocarlo en diferentes instancias de una casa o un centro.

Figura 4.9: Principales dispositivos del robot Mini.

Mini no es capaz de desplazarse ya que se encuentra fijo a una base (veáse la Figura 4.9). Aun así, tiene cinco grados de libertad: dos en la cabeza (movimientos de giro en el plano horizontal e inclinación vertical), uno en cada brazo (movimiento vertical) y uno en la base (giro horizontal del torso). Los movimientos de las articulaciones se consiguen mediante cinco servomotores Dynamixel AX-12, ubicados en las diferentes articulaciones.

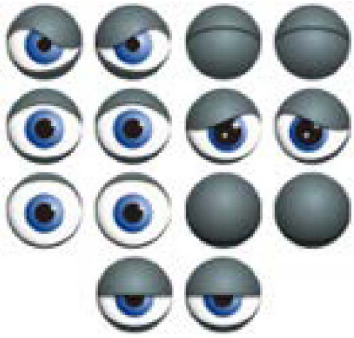

Figura 4.10: Tipos de expresiones que Mini muestra a través de los ojos.

Adicionalmente, Mini tiene implementados varios dispositivos luminosos situados en los ojos, las mejillas, la boca y el corazón, los cuales le añaden expresividad al robot [119]. Los ojos son representados individualmente en un par de pantallas OLED LCD 128x128 píxeles, conectadas a un PC a través del puerto serie RS 232. A través de dichas pantallas, se pueden mostrar distintos gifs animados que se corresponden con diferentes expresiones de los ojos: alegría, tristeza, ira, sorpresa, etc. Estos gifs animados también permiten nueve orientaciones y varias frecuencias de parpadeo (Figura 4.10).

Los dispositivos de las mejillas y el corazón (Figura 4.11) consisten en tres LEDs RGB (uno para cada mejilla y otro para el corazón), que se pueden encender y apagar con diferentes colores y frecuencias. Además, Mini también tiene una serie de LEDs en la boca, que se encienden desde el centro hacia afuera proporcionalmente al volumen de la voz de Mini, con el fin de emular el movimiento de los labios. Todos estos LEDs están controlados por una placa Arduino Mega colocada dentro de la carcasa de la base.

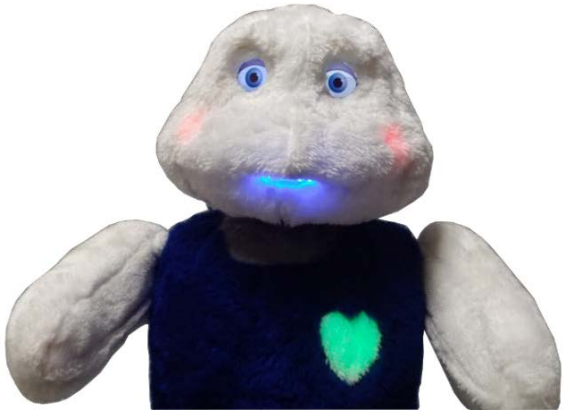

Figura 4.11: Dispositivos luminosos del robot Mini encendidos.

Para obtener información de su entorno, Mini dispone de diferentes dispositivos implementados. Bajo el acabado externo de peluche, el robot cuenta con tres sensores de tacto para detectar cuándo le tocan en la tripa o en los hombros. También dispone de micrófonos que le permiten escuchar y entender lo que el usuario dice en un momento dado. Debido a que el entorno puede ser en ocasiones ruidoso, Mini cuenta además con un micrófono de mano, para que el usuario pueda hablar a través de él de forma que la interacción sea más fiable. Además del micrófono, de cara a permitir la interacción por voz, el robot tiene un altavoz instalado dentro de su torso.

En la primera versión de Mini, el dispositivo de percepción visual que se eligió fue una cámara Kinect, situada delante del robot y fijada al mismo eje de rotación. Esto permitía ampliar el campo de visión de la cámara mediante el grado de libertad de la base del robot. En las posteriores versiones, esta cámara fue eliminada debido a su gran tamaño, precio y el alto consumo de CPU que causaba tener la cámara continuamente procesando información.

Además de todos estos dispositivos, Mini cuenta con una tableta externa, a través de la cual se permite mostrar diferente contenido multimedia como imágenes, video o audio. El uso de menús a través de la pantalla no fue implementado hasta el inicio del desarrollo del programa de estimulación cognitiva en Mini, el cual se explica en detalle en este documento. La tableta ha sido seleccionada principalmente por su peso ligero, bajo coste, por ser inalámbrica, y por disponer del hardware necesario para el desarrollo de aplicaciones.

Por último, dentro de la caja situada en la base, este primer prototipo contaba con un procesador Intel Core i5-3550, el cual realizaba la mayor parte de la computación del robot, además de baterías recargables, para permitir al robot un apagado controlado en el caso de que se desconectase por accidente.

4.3.2 Arquitectura software del prototipo

Desde el primer prototipo, la arquitectura software de Mini ha sido planteada según un modelo modular [120], organizada en diferentes niveles e implementada utilizando ROS (Robot Operating System). ROS[3] es una plataforma distribuida en la que cada uno de los ejecutables son denominados "nodos" y pueden funcionar independientemente. La comunicación entre nodos es realizada a través de mensajes o topics, permitiendo a los desarrolladores trabajar sobre un único nivel del robot, teniendo en cuenta el resto de niveles únicamente en referencia al intercambio de información que se debe realizar.

El objetivo de cada uno de estos niveles se ha mantenido en las distintas versiones, aunque el método para implementarlos ha sufrido cambios, al igual que las distintas funcionalidades poco a poco han sido mejoradas.

El software de bajo nivel de Mini está basado en las distintas interfaces de los drivers con los que cuenta, de cara a controlar los dispositivos implementados en el robot, con el objetivo final de permitir una comunicación multimodal. Este nivel, aunque ha sido actualizado en versiones posteriores según las actualizaciones del propio hardware, ha mantenido su funcionalidad.

Para permitir esta interacción multimodal, el sistema cuenta además con tres módulos destinados a este fin: el Módulo de Fusión Multimodal, el Gestor de Diálogos y el Módulo de Fisión Multimodal. A continuación, se explica el objetivo de cada uno de estos bloques:

- Módulo de Fusión Multimodal: Módulo encargado de proporcionar abstracción al gestor de diálogos, procesando las diferentes entradas de los dispositivos de percepción. Por ejemplo, si un usuario se acerca al robot y le saluda diciendo “Hola”, dos interfaces reaccionarán: el ASR (reconocedor de voz implementado) entenderá la palabra “Hola” y el módulo de visión reconocerá al usuario.

  Gracias a esta fusión multimodal, se consigue recibir la información de los distintos canales de entrada del robot y unirla en un único elemento al que se le denomina átomo o acto comunicativo (CA, del inglés *Communicative Act*). Este átomo representa la entrada que recibe el gestor de diálogo. Para que éste pueda interpretar los distintos átomos, es necesario traducir la información a un formato concreto.

[3] `http://wiki.ros.org/`

En el caso del ASR de Mini, se implementó un reconocedor de voz basado en gramáticas de Loquendo [121]. Cada gramática se compone de una serie de frases que el robot puede entender y procesar, las cuales son asociadas a una variable y valor concretos. Una vez que se recibe una de estas frases, el módulo de fusión multimodal recibe el valor de la variable determinada proporcionada por el reconocedor y transforma la información al formato concreto definido como entrada para el gestor de diálogos.

- Gestor de Diálogos: Módulo encargado de manejar la interacción multimodal. El gestor de diálogos implementado en el primer prototipo fue basado en el gestor de diálogos *IWAKI*. A través de ficheros XML, se describían las distintas acciones que se debían realizar según las entradas que se recibiese del Módulo de Fusión Multimodal en forma de átomos. Las relaciones entre las distintas entradas y salidas se denominaban recetas. Por una parte, había recetas que podían estar activas siempre, es decir, que independientemente del estado del robot, si se recibía la entrada de la receta, se realizaba la acción correspondiente. Por otro lado se encontraban aquellas recetas que inicialmente estaban inactivas, pero que podían ser activadas según una condición o estado del robot. De esta forma, se conseguía filtrar aquellas acciones del robot que debían ser realizadas sólo en ciertas situaciones.
- Módulo de Fisión Multimodal: Este módulo permite la coordinación de todas las interfaces de salida para crear gestos coherentes y naturales. Cada una de las acciones a realizar por el robot definidas por el Gestor de Diálogos, es recibida por el Módulo de Fisión Multimodal, el cual gestiona la información enviando la acción correspondiente a cada uno de los dispositivos implicados por separado, pero de manera coordinada.

Además de los módulos ya mencionados, Mini contaba con un repertorio limitado de aplicaciones, las cuales fueron implementadas a medida que se iban realizando las pruebas con los usuarios con el fin de probar los distintos escenarios. Estas aplicaciones eran activadas y gestionadas por el Sistema de Toma de Decisiones (*Decision Making System*, conocido como DMS por sus siglas en inglés) de Mini. Este sistema, que constituyó una parte del trabajo realizado en esta tesis, fue inicialmente modelado como una máquina de estados finitos (SM, del inglés *State Machine*) implementada en SMACH[4], donde cada estado se correspondía a una funcionalidad concreta del robot. Las transiciones a tener en cuenta podían ser lanzadas mediante una petición del usuario, automáticamente después de cierto tiempo, o por un evento externo.

[4] `http://wiki.ros.org/smach`

A continuación se explican los estados definidos y las transiciones que permitían pasar de un estado a otro:

- Reposo o dormido: Constituía el estado inicial tras el encendido del robot. Aquí, Mini permanecía inactiva, actuando como si estuviera durmiendo. Para despertarla, el usuario debía tocarla en el torso activando los sensores de tacto, realizando así la transición al estado de Waiting. En el caso de que el robot fuese desenchufado, si el robot se encontraba en cualquier otro estado, se desencadenaba una transición automática a este estado, antes de realizar un apagado controlado pasando al estado de Apagado.
- Waiting: Era el estado a partir del cual se iniciaban las aplicaciones del robot. Una vez en este estado, Mini preguntaba al usuario qué quería hacer, y este debía solicitar una funcionalidad del robot mediante voz, tras lo cual se activaba la transición al estado correspondiente a dicha funcionalidad. En el caso de no recibir respuesta, tras un tiempo predefinido el robot volvía al estado de Reposo.
- Aplicaciones: Mini estaba y sigue estando dotada de un repertorio de funcionalidades llamadas aplicaciones o habilidades. Cada aplicación se ejecuta independientemente en un estado diferente, por lo que añadir nuevos estados referentes a nuevas aplicaciones era fácilmente implementable gracias a esta estructura modular. Estos estados eran activados según la petición del usuario realizada desde el estado Waiting. Cuando se completaba la ejecución de la aplicación o cuando un usuario solicitaba la interrupción de la aplicación activa, el control salía del estado actual y volvía al estado Waiting. Dependiendo del escenario en el que se emplease el robot, el repertorio de aplicaciones disponibles y, por tanto, de los estados correspondientes, podía ser diferente.
- Apagado: Este estado tenía el objetivo de realizar un apagado controlado del robot. Durante este proceso, se debían desconectar todos los procesos de forma ordenada, además de guardar la información relevante. Este estado sólo era activado en el caso de que el robot fuese desconectado.

4.4 Pruebas preliminares con usuarios

De cara a poder observar las impresiones que podía causar este primer prototipo, durante la primera mitad del año 2015 se realizaron una serie de pruebas preliminares, basadas en la realización de cuatro sesiones grupales con el robot Mini en el centro de día Parque de las Avenidas de Madrid (España), con ancianos con distintos deterioros cognitivos. El objetivo principal de estas pruebas consistía en obtener una visión general acerca de las expectativas de los usuarios respecto al robot,

ver si tenían interés por las sesiones y analizar qué futuras líneas de investigación podían surgir, de cara a desarrollar y mejorar aquellas aplicaciones que pudiesen ser más útiles para los usuarios.

Para ello, además de la propia opinión de los ancianos, era importante tener en gran consideración durante las sesiones las opiniones de los responsables del centro. De esta forma, también se conseguía obtener una opinión más profesional sobre el robot.

El hecho de realizar las sesiones en un centro de día permitía analizar la reacción de los usuarios con el robot en un ambiente controlado y con distinta supervisión. Además, en caso de tener que teleoperar en algún momento el robot, no suponía ninguna intrusión en el entorno, dado que el teleoperador se podía meter en alguno de los despachos privados o ponerse en algún lugar que no molestase.

Los escenarios inicialmente elegidos para ser probados fueron los siguientes:

- Conversación unidireccional por parte del robot: Cuentacuentos y contar noticias.
- Juegos.
- Reproductor multimedia.
- Estimulación física.

Por una parte, se eligieron aquellos escenarios relacionados con el ámbito del entretenimiento que mejor se ajustasen a las pruebas, ya que los escenarios relacionados con la vigilancia y asistencia personal están más centrados en un individuo concreto, y por tanto deben ser personalizados, aparte de ser escenarios cuyo análisis involucra pruebas con el robot durante estancias prolongadas. Además, se planteó la idea de probar el escenario de estimulación física en grupo, pero finalmente se suprimió durante la ejecución de las sesiones, al observar la gran diferencia que había entre los distintos participantes debido a la variedad de deterioros cognitivos.

4.4.1 Metodología

Para las sesiones, se contó con 19 participantes (10 mujeres y 9 hombres) con edades comprendidas entre 65 y 97 años (M=82.6; SD=7.0). Dado que las sesiones eran realizadas en el centro de día involucrando a todo su personal, los participantes no fueron elegidos, sino que eran los propios clientes del centro. Debido a esto, las edades de los participantes variaban mucho, al igual que el tipo de deterioro cognitivo de cada uno de ellos (veáse la Figura 4.12).

Para el desarrollo de las pruebas, se dispuso de una sala diáfana en la que se colocó el robot al fondo sobre una plataforma, y a los usuarios en filas enfrente de él (Figura 4.13). Para que los participantes no tuvieran problemas para ver el contenido de la tableta, esta se conectó a una televisión suficientemente grande, además de poner altavoces para que pudiesen escuchar la voz del robot en toda la sala y utilizar un micrófono externo para evitar el ruido ambiente.

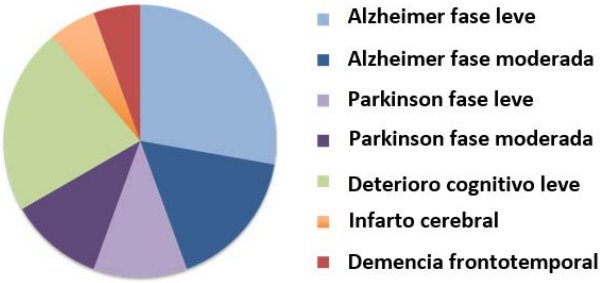

Figura 4.12: Porcentaje de los participantes según el tipo de deterioro cognitivo o demencia.

Cada sesión tenía una duración aproximada de 20 minutos. Durante las sesiones, se buscaba obtener resultados acerca de distintos escenarios relacionados con el entretenimiento (Cuentacuentos, juegos, contar noticias, mostrar contenido multimedia) y algunos ejercicios relacionados con la estimulación física. De cara a la obtención de los resultados, se hizo uso de tres métodos.

Figura 4.13: Sesión grupal con el robot Mini en el centro de día Parque de las Avenidas.

En primer lugar, los participantes tuvieron que rellenar distintos cuestionarios previos a las sesiones acerca de su actitud hacia las nuevas tecnologías, su opinión general sobre los robots, y su percepción hacía ellos y hacia los escenarios que se iban a probar.

Tras cada sesión, el terapeuta preguntaba de forma generalizada a los participantes sobre su impresión acerca del robot y de la sesión en general, de cara a obtener resultados cualitativos que servirían de base para la realización de las siguientes sesiones que se realizasen, y para obtener unas conclusiones generales acerca del robot. Además, todas las sesiones fueron grabadas como apoyo para obtener ciertos datos que no hubiesen sido percibidos por el terapeuta o por el personal presente del grupo de investigación de la universidad.

4.4.2 Cuestionarios preliminares

Como se ha mencionado en la metodología de las sesiones, los cuestionarios fueron usados para recopilar diversos datos sobre la percepción que tenían los usuarios acerca de las nuevas tecnologías, y más en concreto, acerca de los robots y los escenarios que se iban a probar durante las sesiones con Mini. Estos cuestionarios (Anexo A) fueron rellenados por los distintos participantes gracias a la ayuda del personal del centro de día en días previos a la primera sesión. La causa de realizarlo en días distintos fue principalmente para evitar que estos se cansasen demasiado al tener que realizar las dos tareas en un mismo día (cuestionarios y la sesión), especialmente al tratarse de cuestionarios largos.

Para definir los cuestionarios que se iban a usar en las pruebas, se analizaron aquellos que ya habían sido utilizados en diversos estudios de HRI con ancianos, seleccionando los que mejor se ajustasen, de modo que pudiesen servir como base para la creación de unos cuestionarios orientados a las sesiones que se iban a realizar. En algunos casos, se decidió solamente utilizar una parte del cuestionario y en otros, una simplificación en la escala de medida utilizada.

En total, se llegaron a definir cuatro cuestionarios, cada uno de ellos orientado a obtener una información concreta del usuario y de su impresión sobre los robots:

- Estudios demográficos: Este cuestionario tiene el objetivo de obtener los datos demográficos básicos acerca del usuario, como su edad, sexo, nivel de estudios y deterioro cognitivo. Los resultados de las pruebas eran anónimos, por lo que el nombre y apellidos fueron sustituidos por un código de referencia que se utilizaría para relacionar los resultados de los distintos cuestionarios de un mismo usuario.
- Actitud ante las nuevas tecnologías: Cuestionario orientado a conocer si el usuario tiene experiencia utilizando dispositivos electrónicos como móvil, televisión, ordenador, etc. y, en caso positivo, saber si le gusta usarlos. Para ello, se utilizó una escala del 1 al 5, donde 1 correspondía al extremo negativo (nada) y 5 al extremo positivo (mucho).
- Atributos de los robots: Con la realización de este cuestionario, se pretendía analizar la impresión general que los usuarios tenían sobre los robots, de cara a poder analizar su predisposición para interaccionar con Mini antes de conocerla. Para el diseño de este cuestionario, se utilizó el cuestionario RAS (del inglés *Robot Attitudes Scale*) [122], utilizado para evaluar 12 atributos en una escala del 1 al 8, donde el 1 pertenece al máximo valor del atributo positivo y el 8 al máximo valor del atributo negativo. Para simplificar el cuestionario, la escala se invirtió y se redujo a valores del 1 al 5, de forma que el 1 se correspondía al máximo valor negativo y el 5 pasaba a ser el máximo valor del atributo positivo, en concordancia con la escala utilizada en el resto de los cuestionarios. Del cuestionario empleado como referencia, fueron seleccionados 7 atributos (No amigables- Amigables,

Inútiles-Útiles, No fiables-Fiables, Aburridos-Divertidos, Máquinas complejas-Máquinas sencillas, Difíciles de usar-Fáciles de usar, Peligrosas-Inofensivos), a los que se sumaron otros 3 atributos (Ignorantes-Inteligentes, Insensibles-Sensibles, Inanimado-Ser vivo). Además, en este cuestionario se añadieron tres preguntas referentes a la interacción del usuario con el robot y su perspectiva de la misma.

- Opinión sobre los escenarios: Este cuestionario fue definido para obtener la opinión de los usuarios acerca de los escenarios que se iban a probar en las sesiones. Para ello, se creó utilizando aspectos de otros cuestionarios conocidos, pero no en su totalidad. Por cada uno de los escenarios planteados, se le pregunta al usuario si le gustaría tener un robot orientado a dicho escenario, si tendría la intención de usarlo y si lo percibe como algo útil. Esto se relaciona con los aspectos de *Intention to Use* y *Perceived Usefulness* del cuestionario Almere [123]. Además, se le pregunta por su preferencia de realizar la tarea con un robot o con un humano.

A continuación, se presentan los resultados de las medias obtenidas por cada uno de los cuestionarios.

4.4.2.1 Actitud ante nuevas tecnologías

Como se puede observar en los resultados del cuestionario sobre la actitud de los participantes ante nuevas tecnologías (veáse la Figura 4.14), se puede observar que prácticamente no tienen experiencia con los dispositivos electrónicos comunes como el móvil, el ordenador, etc. De la misma forma, la puntuación obtenida en la pregunta referente a si les gustan los aparatos electrónicos tiene un valor medio de 2,44 (por debajo del 3).

Por otra parte, se puede observar la diferencia entre hombres y mujeres en cuanto al uso de la tecnología, donde los participantes masculinos han puntuado más alto en la pregunta general sobre si les gusta usar aparatos electrónicos, al igual que en aquellas preguntas relacionadas con el uso de los distintos aparatos.

Sin embargo, las puntuaciones mejoran al preguntarles si les gusta usar cada uno de los dispositivos. Esta pregunta sólo debía ser contestada en el caso de usar dicho dispositivo. De esta forma, se puede observar cómo los participantes que usan cada uno de los dispositivos, lo hacen más por las posibilidades que les aportan sin llegarlos a usar por mera obligación.

Aunque este resultado varía en el caso del móvil entre las puntuaciones de las mujeres y los hombres, donde las mujeres han puntuado de manera más positiva su uso, mientras que los hombres lo han puntuado de manera incluso negativa, reflejando un cierto rechazo.

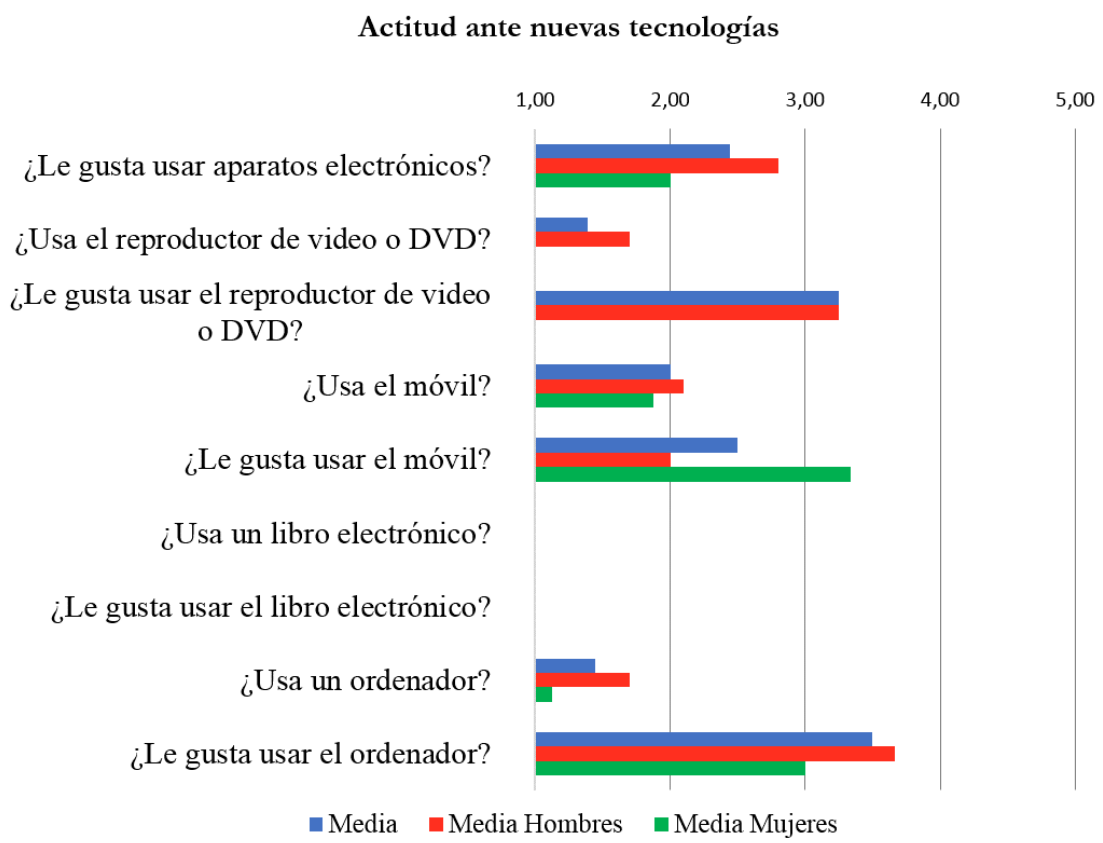

Figura 4.14: Gráfica con los resultados del cuestionario sobre la actitud de los participantes ante nuevas tecnologías (1:Muy poco, 5:Mucho).

4.4.2.2 Atributos de los robots

Una vez rellenado el cuestionario sobre la actitud antes nuevas tecnologías, los participantes debían dar su opinión sobre distintos atributos referentes a los robots. Para ello, como ya se ha mencionado en el diseño del cuestionario, se seleccionaron 10 parejas de atributos (positivo y negativo), de manera que los usuarios debían puntuar sobre una escala del 1 a 5, donde el 1 correspondía al máximo valor del atributo negativo, y 5 el máximo valor del positivo. Además, se les realizaron otras tres preguntas relacionadas con su percepción hacia la capacidad de interacción de los robots con las personas.

Para analizar las puntuaciones obtenidas, se han tenido en cuenta dos aspectos: por una parte, las medias generales de cada uno de los atributos, y por otra parte, las diferencias entre los valores resultantes de los participantes con cierta experiencia en nuevas tecnologías y los participantes sin experiencia.

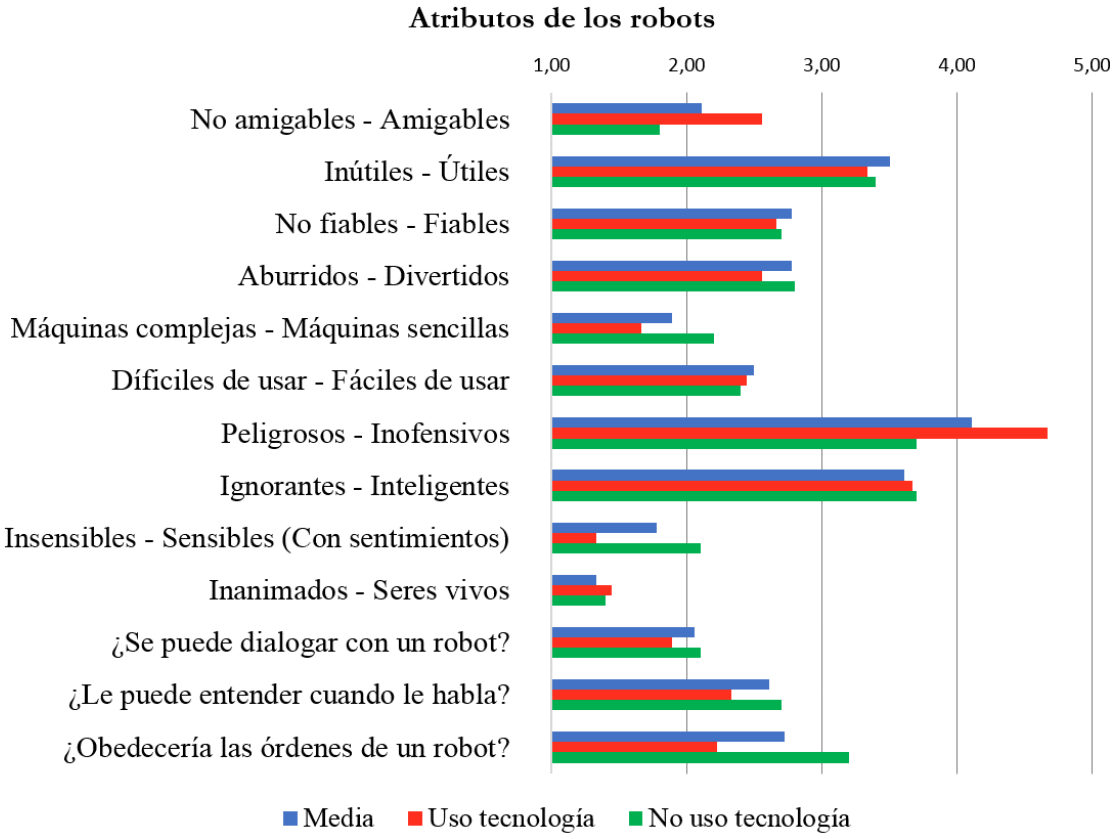

Figura 4.15: Gráfica con los resultados del cuestionario sobre la opinión de los participantes sobre los robots (1:Extremo atributo negativo, 5:Extremo atributo positivo).

Como se puede observar a grandes rasgos en la Figura 4.15, las diferencias de puntuación entre los diferentes tipos de participantes no fueron excepcionalmente considerables en cuanto a la tendencia positiva o negativa. Sin embargo, los participantes con experiencia en tecnología puntuaron en algunos casos de manera más extrema los distintos atributos, a excepción del atributo referente a si los robots son amigables o no, donde los participantes con experiencia, aunque votaron de manera negativa, tenían una puntuación más alta que la obtenida de los participantes sin experiencia.

Por otro lado, un dato curioso que se puede observar es la diferencia obtenida en la pregunta referente a si obedecerían las órdenes de un robot, donde los participantes con experiencia en tecnologías han dado un valor bastante más negativo que los otros participantes. Como suposición, se podría plantear que esto puede deberse tal vez a que entienden mejor las complejidades y limitaciones que puede tener un robot, como también se puede observar en las puntuaciones referentes a que son máquinas complejas y a su dificultad de cara a mantener una interacción humano-robot.

Por lo general, se puede determinar que los participantes consideran a los robots como máquinas no amigables, complejas, difíciles de usar, inofensivas, inteligentes, sin sentimientos, inanimadas y con dificultad para mantener una interacción o diálogo.

4.4.2.3 Opinión sobre los escenarios propuestos

El tercer y último cuestionario fue diseñado para obtener la opinión de los participantes acerca de los escenarios planteados para las sesiones. Por cada uno de estos, se les preguntó cuatro cuestiones referentes a si opinaban que el escenario era útil, si pensaban que lo llegarían a usar, si les gustaría tener un robot para ese fin, y a quién preferían como apoyo para realizar la tarea, a una persona o a un robot (1:Persona y 5:Robot).

Como se puede observar en la Figura 4.16, las puntuaciones obtenidas en las tres primeras cuestiones difieren según si los usuarios tienen experiencia o no con nuevas tecnologías. Curiosamente, los participantes con experiencia han puntuado de manera más negativa, sobre todo en los aspectos referentes a la intención de uso y si le gustaría tener un robot para ese fin, algo contradictorio, teniendo en cuenta que son las personas que inicialmente se podrían plantear como más afines para interaccionar con un robot.

Por otro lado, se puede suponer que al tratarse de un tipo de tecnología novedosa ninguno de ellos ha tenido experiencia interaccionando con un robot, por lo que aquellas personas que utilicen dispositivos electrónicos en su día a día pueden pensar que los robots tienen las mismas limitaciones que dichos dispositivos, dando lugar a una opinión más negativa acerca de las posibilidades de los robots.

Por otra parte, se puede ver que de forma generalizada los usuarios prefieren a las personas antes que a las máquinas para llevar a cabo los distintos escenarios. Esto se une a la perspectiva reflejada en el anterior cuestionario, de que los robots son dispositivos inanimados, sin sentimientos, poco amigables y máquinas complejas, pero en cierta manera útiles e inteligentes. Esto reafirma la idea de que tanto el primer prototipo diseñado, así como las futuras versiones de Mini, deben plantearse como máquinas fáciles de usar, expresivas, dotadas de cierta "personalidad", y con aspecto lo más amigable y simpático posible.

Adicionalmente, es importante presentar al robot como una herramienta que puede ayudar al anciano en su día a día, dando apoyo a sus cuidadores y terapeutas, y no como un sustituto de éstos. De esta manera, se puede conseguir que el robot sea mejor aceptado por los distintos usuarios.

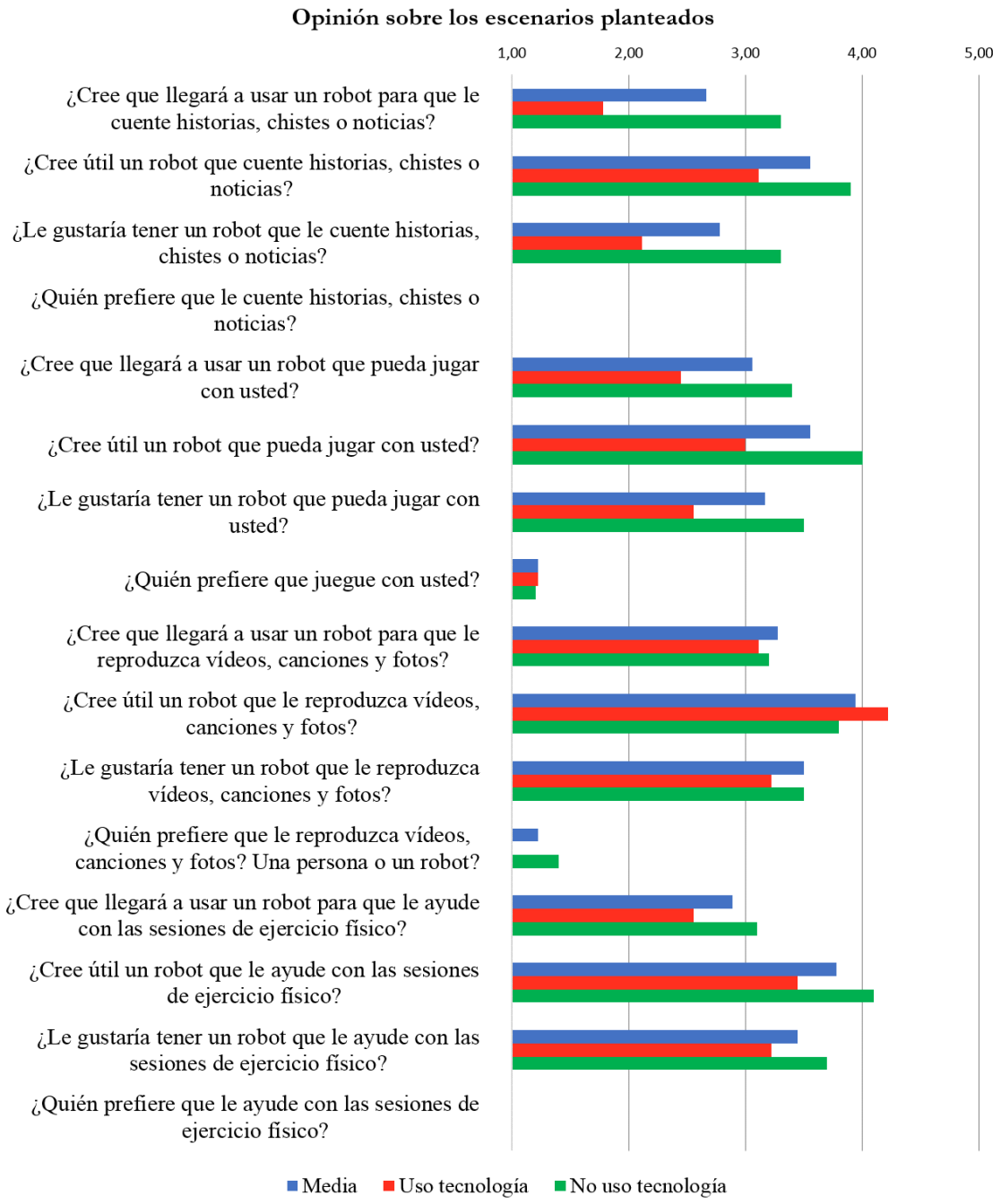

Figura 4.16: Gráfica con los resultados del cuestionario sobre la opinión de los participantes sobre los escenarios planteados para las sesiones (1:Extremo valor negativo, 5:Extremo valor positivo).

4.4.3 Sesiones

La idea inicial de las pruebas se basaba en realizar una sesión de presentación, tras la cual se realizarían una serie de sesiones, cada una de las cuales con una duración aproximada de 20 minutos, y orientadas a obtener resultados acerca de los distintos escenarios planteados. Este planteamiento sufrió cambios durante la realización de las pruebas, ya que se observó que tanto los escenarios a probar como el funcionamiento general de Mini debían ser rediseñados desde una premisa distinta a la inicial y más adaptada al usuario final. A continuación, se explican cada una de las cuatro sesiones que se llevaron a cabo y los distintos resultados obtenidos.

4.4.3.1 Sesión 1: Presentación

La primera sesión a principios del año 2015 tenía como objetivo principal presentar el robot en sí a los participantes y a sus familiares. Para ello, durante la presentación, un miembro del equipo interaccionaba con Mini para que ésta fuese explicando sus distintas capacidades, mientras que los participantes escuchaban lo que iba diciendo. Tras la sesión, la mayor parte de los participantes se vieron entusiasmados por la idea de realizar futuras sesiones con Mini.

4.4.3.2 Sesión 2: Cuentacuentos

Esta sesión se centró en mostrar el escenario de Cuentacuentos, que se había enmarcado dentro del ámbito del entretenimiento para el anciano. Durante la sesión, llevada a cabo un mes después de la sesión de presentación en el mes de Febrero, se pretendía mostrar a los participantes la habilidad del robot para contar diferentes tipos de historias: cuentos, chistes, curiosidades, y poemas. Para ello, igual que se hizo en la sesión de presentación, se utilizó a un presentador que interaccionase con el robot y que fuese el encargado de pedirle las diferentes historias mientras que los participantes escuchaban lo que iba contando el robot.

Para llevar a cabo este escenario, se plantearon dos alternativas a la hora de determinar quién tomaba la iniciativa en dicha interacción. La primera se basaba en el hecho de que fuese el presentador el que pidiese a Mini que contase algo en concreto, mientras que en la segunda alternativa, debía ser el robot el que tomase la iniciativa, preguntando qué es lo que querían escuchar y de esa forma dar a elegir. Finalmente se eligió la primera opción, en la que el presentador tomaba la iniciativa, de cara a que la sesión fuese mucho más robusta, ya que el presentador sabía lo que podía pedir al robot con el objetivo de mostrar todo el repertorio completo a los participantes.

Antes de comenzar la interacción con el robot, el presentador debía realizar una breve introducción para explicar en qué iba a consistir la sesión. Esto se mantuvo constante durante la realización de las distintas sesiones.

El esquema de la sesión fue el siguiente:

1. Tras despertar al robot y saludar a la gente, el presentador iniciaba la habilidad de cuentacuentos pidiendo al robot que contase algo, tras lo cual, el robot preguntaba qué quería que le contase.
2. El presentador iba pidiendo a Mini que contase una historia, poesía, etc. en general o una específica.
3. Al acabar el contenido a contar, el robot preguntaba si quería que le contase algo del mismo tipo u otra cosa diferente.
4. Durante la historia se podía hacer una pausa, retomarla o parar de contar esa historia.
5. También se podía dar la orden de salir de la habilidad interrumpiéndola.
6. El final de la sesión se marcaba según el interés que mostrasen los participantes.

Observaciones y resultados

El resultado de esta sesión no fue el deseado ya que, aunque no hubo fallos técnicos, sí que existieron bastantes errores de concepto referentes al planteamiento de la sesión.

Tras el desarrollo de la sesión planificada, la terapeuta del centro repasó en voz alta junto con los ancianos lo que habían estado escuchando. Resultó que no recordaban prácticamente nada de las historias y menos aún de los chistes y las curiosidades. De hecho, esa parte les pareció poco entretenida y muchos se durmieron. Por otra parte, lo que más disfrutaron fue cuando el robot recitó un par de poemas que ellos se sabían de memoria. De hecho, después de repasar la sesión con la terapeuta, se volvió a hacer que el robot contase esos poemas y resultó que cada vez les gustaba más ya que se lo sabían mejor. Como curiosidad, se les preguntó a los ancianos si se sabían otro poema diferente y una de las participantes volvió a recitar la poesía que ya había contado el robot tres veces. Esto demuestra cómo funciona la memoria a corto plazo de una persona con deterioro cognitivo, y que no hace falta tener un gran repertorio de historias. Basta con tener aquellas que les guste escuchar, aunque se cuenten repetidas veces.

Otro aspecto que los participantes echaron en falta fue que el robot recitase refranes durante la sesión. Dado que los ancianos sí que conocen un gran repertorio de refranes, se les sugirió que se los recitasen al robot para que este se los pudiese "aprender". Esto sirvió de excusa para que la persona que controlaba la aplicación de teleoperación (herramienta que se utiliza para realizar operaciones que se encuentren fuera de la aplicación desarrollada), pudiese escribir lo que decían los ancianos y hacer que el robot lo repitiese en alto. Curiosamente, esta parte de la sesión resultó bastante entretenido para los usuarios.

En resumen, las conclusiones que se obtuvieron de esta sesión fueron las siguientes:

- Los ancianos se aburren con historias largas, incluso aunque se cuenten de manera entretenida. Lo mismo pasa con las curiosidades.
- Con su nivel de deterioro cognitivo, les cuesta entender los chistes, ya que el sarcasmo y la ironía son conceptos demasiado difíciles para ellos.
- Les ilusiona que el robot sea pequeño y les pueda enseñar cosas.
- Lo que más les gusta escuchar son "relatos" que se sepan de memoria, y si es posible, que sean capaces de recitar de manera automática, como poesías muy conocidas o refranes.
- A los mayores les cuesta recordar lo que se les acaba de contar debido a sus problemas con la memoria a corto plazo. Esto significa que no pasa nada por repetir por ejemplo un poema, ya que si les ha gustado la primera vez, lo más probable es que les guste incluso más la segunda vez, puesto que lo recordarán mejor.
- El presentador no debe ser el que tome la iniciativa, ya que el robot debe estar diseñado para que sea el mayor el que interactúe con él, y éste seguramente no sabrá cómo pedirle algo al robot o qué pedirle. Para evitar esto, es muy importante que el robot sea proactivo y que sea capaz de tomar la iniciativa dependiendo del usuario al que vaya dirigido.
- Los ancianos no van a ser capaces de decirle al robot que pare de hablar o que haga una pausa. Lo que sí que se puede plantear es que el robot de vez en cuando pregunte al usuario si le está gustando lo que le está contando, y dependiendo de su respuesta, continúe o no.
- Las sesiones deben ser mucho más interactivas y participativas para evitar que los ancianos se aburran.

4.4.3.3 Sesión 3: Cuentacuentos versión 2

Tras realizar una primera sesión de este escenario, y tras analizar los diferentes problemas que se tuvo, se llegó a la conclusión de que había muchos aspectos por que mejorar. Debido a esto, se decidió replantear la sesión prácticamente desde cero, lo que implicó retrasar las pruebas dos meses, y repetirla desde una perspectiva totalmente diferente a la que se planteó en un primer momento.

En primer lugar, lo importante no es querer mostrar al anciano todas las cosas que puede contar Mini, ya que seguramente gran parte de ellas le aburran. Lo importante es contarle aquellas cosas que él pueda reconocer e incluso recitar al mismo tiempo que el robot. En la primera sesión se pudo ver que esto pasa sobre todo con poemas y refranes. Si se les cuenta cosas nuevas, lo más probables es que a los pocos minutos desconecten toda su atención. Por este motivo, se decidió centrar la tercera

sesión en contar poemas, refranes o dichos que los mayores conociesen. Para evitar que se aburriesen, los poemas debían ser cortos o, si no, consistir en los fragmentos más conocidos de otros poemas más largos.

El esquema de la sesión fue el siguiente:

1. El presentador hacía una introducción a los usuarios sobre la sesión que se iba a llevar a cabo.
2. Tras despertar al robot y saludar a la gente, el presentador pedía al robot que empezase el juego de los refranes.
3. Durante el juego, el robot decía la primera parte del refrán y los participantes debían decir cómo acaba. Una vez que los participantes decidiesen la respuesta, era el presentador el encargado de comunicarle el resultado al robot para que este confirmase la respuesta correcta.
4. Después del juego, el presentador pedía a Mini un poema (selección de poemas que más gustaron a los participantes en la sesión anterior) y ella animaba a los participantes a recitar el poema al mismo tiempo.
5. Según los participantes, el presentador podía pedir a Mini un poema específico o que repitiese el juego de refranes.
6. El final de la sesión dependía del interés de los usuarios.
7. Para finalizar, el terapeuta revisaba con los participantes aquellos aspectos importantes de la sesión y les realizaba preguntas acerca de lo que Mini les había contado.

Observaciones y resultados

El resultado de esta sesión fue más satisfactorio en comparación con la sesión anterior. Para los participantes resultó más entretenida, lo que permitió que prestasen mayor atención durante gran parte del tiempo. Aunque participaron activamente recitando los poemas y con el juego de los refranes, en general los ancianos disfrutaron más con el juego. Esto se debía a que para completar los distintos refranes se les daba un tiempo amplio para contestar, dando la oportunidad a los participantes de pensar una respuesta con cierta calma e incluso de recibir ayuda del terapeuta en el caso de que ninguno supiese la respuesta. Esto hacía que todos se mantuviesen más activos y atentos. Por el contrario, en el caso de los poemas, el robot los recitaba a un ritmo lento pero constante, lo que provocaba que, si alguno de los participantes se quedaba atascado en una parte, le costase engancharse de nuevo a la tarea.

Por otra parte, los usuarios sugirieron que para futuras sesiones hubiese más juegos del estilo de los refranes, así como implementar al robot la capacidad de poner canciones populares que todos ellos pudiesen reconocer con facilidad.

Dado que a los participantes no les importa que se repita varias veces el mismo contenido, se planteó utilizar esto para hacer diferentes interacciones con ellos de cara a futuros desarrollos. Por ejemplo, se puede recitar un poema, después pedir que lo vayan recitando junto con el robot (mucho más despacio) y después intentar alternar versos en los que el robot dice algunos y los participantes tienen que seguir. Por otro lado, dado que les hace bastante ilusión poder enseñar al robot que ellos también saben, por ejemplo, muchos refranes, se puede hacer que el robot empiece un refrán y que los participantes lo tengan que terminar para que así se lo aprenda Mini. Finalmente, el robot lo repetiría para demostrar que se lo ha aprendido.

A modo de resumen, las conclusiones que se obtuvieron de esta sesión fueron las siguientes:

- La mejor opción para un escenario en el que se pruebe Mini con usuarios es una sesión en la que los participantes puedan participar activamente y no sólo como oyentes.
- Los participantes prefieren una sesión basada en juegos.
- Los juegos o ejercicios deben estar enfocados en temas que puedan reconocer.
- Es importante que durante el desarrollo de la sesión el robot anime a los participantes a participar para evitar que pierdan la atención.

4.4.3.4 Sesión 4: Juegos y ejercicios de estimulación cognitiva

La última sesión, llevada a cabo en junio del 2015, tuvo como objetivo probar el escenario de juegos con los usuarios, aunque para el diseño de estos, se decidió basarse en ejercicios existentes de estimulación cognitiva, a modo de poder analizar las posibilidades sobre el futuro desarrollo de un programa de estimulación cognitiva usando el robot Mini. Los ejercicios que se plantearon estaban basados en las funciones cognitivas de memoria, percepción y cálculo. A continuación, se explica en qué consistía cada uno de ellos:

- Comidas regionales: El robot enseña una foto de un plato típico de una región de España, y el usuario debe decir a qué región pertenece.
- Monumentos: El robot muestra una foto de un monumento conocido del mundo, y el usuario debe decir en qué ciudad se encuentra.
- Sonidos de animales: A través de la pantalla, Mini reproduce un sonido de un animal, y el usuario debe reconocer el animal al que pertenece.

- Operaciones de cálculo: En este ejercicio, Mini plantea situaciones de la vida cotidiana en las que se debe realizar algún tipo de cálculo matemático, y el usuario debe decir cuál es el resultado de esa operación. Por ejemplo: "Si voy a comprar la carne que cuesta 3€ y tengo un billete de 5€, ¿cuánto dinero me devolverán?".
- Órdenes: El robot da órdenes para que los usuarios vayan moviendo diferentes partes del cuerpo. En este caso, el robot no revisa si el usuario lo ha hecho bien o no. Este ejercicio tiene el objetivo de probar un ejercicio basado en el escenario de *Estimulación física*.

En cada uno de los ejercicios se realizaban entre 5 a 8 preguntas. Para poder responder a cada pregunta, una vez que el robot la formulaba, el presentador esperaba a que los participantes dijesen la respuesta y él la repetía por el micrófono para que el robot la escuchase.

El esquema de la sesión fue el siguiente:

1. Presentación de la sesión
2. El presentador despertaba a Mini y le pedía que iniciase la sesión.
3. Mini comenzaba el primer juego, luego pasaba al segundo, y así sucesivamente, de forma automática hasta acabar los juegos de la sesión.
4. Al terminar la sesión, el presentador podía pedir al robot que repitiese un juego concreto. El final de la sesión dependía del interés de los participantes.
5. Al final de la sesión, el terapeuta habló con el grupo sobre la sesión y revisó lo que Mini ha hecho.

Observaciones y resultados

El resultado obtenido en la sesión fue más positivo incluso que en la anterior. Los participantes estuvieron atentos y participaron activamente respondiendo a las preguntas del robot. De la misma forma, los trabajadores del centro de día se mostraron interesados en realizar sesiones similares basadas en utilizar al robot para la realización de ejercicios de estimulación cognitiva, ya que opinaban que la implantación de este escenario podía ser bastante útil para usarlo con usuarios con deterioros cognitivos leves.

Pese a los buenos resultados obtenidos, hubo un aspecto que falló durante el trascurso de la sesión, a pesar de que el contenido de los ejercicios estaba bien planteado. Durante la ejecución del ejercicio, el robot se limitaba a explicar el ejercicio, después realizar las preguntas y una vez que recibía la respuesta, este solamente decía si se había acertado o fallado. Esto provoca que el usuario en ocasiones pierda cierto interés y motivación a la hora de interaccionar con el robot, y en el caso de la

sesión, la terapeuta fue la encargada de mantener esta motivación en los participantes. Es importante por tanto, que si se desea implementar este u otro escenario en el robot, Mini sea capaz de motivar al usuario durante la realización de la tarea para mantener el interés del usuario.

Tras estas pruebas preliminares realizadas con usuarios, analizando los problemas que han surgido, los escenarios probados y la respuesta de los usuarios hacia ellos, y dadas las grandes posibilidades que se han observado que existen en el uso de robots en escenarios relacionados con la estimulación, se decidió centrar las futuras investigaciones en desarrollar un programa de estimulación a través del robot Mini. Esto no sólo se debe a los resultados obtenidos en las pruebas con usuarios, sino a que en el estudio realizado con cuidadores, los escenarios de estimulación fueron los mejor calificados.

Estos programas se basan en la realización de actividades que estimulan diferentes funciones cognitivas, según niveles de habilidad y ejecución, y con gran variedad de ejercicios diferentes. De esta forma, se permite potenciar las funciones preservadas, promover la recuperación de las no conservadas, y frenar la evolución de algunas enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer. De igual forma, ayuda a prevenir el deterioro cognitivo.

4.5 Versión actual del robot Mini

Tras las pruebas en el centro de día y tras el desarrollo de nuevas aplicaciones para el robot, se realizó un análisis del prototipo, tras lo cual se decidió llevar a cabo una serie de cambios que afectarían sobre todo a futuros desarrollos de software. Estos cambios se basaron en crear una estructura general y unas pautas a seguir de cara a desarrollar nuevas aplicaciones, así como la creación de un nuevo Gestor de Diálogos y de un nuevo Sistema de Toma de Decisiones(DMS). Para llevar a cabo esto, se contó con la colaboración de los distintos integrantes del equipo de investigación de Robots Sociales del RoboticsLab de la UC3M.

A nivel de hardware, Mini ha sufrido ciertas actualizaciones de cara a la utilización de dispositivos más actuales como fue el caso del cambio del procesador, que fue sustituido por un i7-7700K. En cuanto a la cámara Kinect, se decidió prescindir de ella, y actualmente se tiene planeado instalar en las futuras versiones una cámara de tipo WebCam que, aunque no ofrezca tanta información como la Kinect, es de un volumen mucho más reducido y puede ser instalada en el interior del robot.

En cuanto a la apariencia de Mini, desde el primer prototipo se ha probado con diferentes versiones, variando el material del acabado exterior de Mini, los complementos, así como el color de su torso. Sin embargo, se ha llegado a la conclusión de que independientemente de cuál sea el color del torso, los usuarios prefieren el recubrimiento de peluche por todo el cuerpo del robot.

A continuación, se mencionan los principales cambios de software que se realizaron en Mini en las versiones posteriores.

4.5.1 Hri Manager

El Gestor de Diálogos utilizado en el primer prototipo fue basado en el sistema IWAKI, como ya se ha mencionado previamente. Este gestor fue de gran utilidad mientras el número de aplicaciones en el robot era reducido, pero a medida que este número se incrementaba, la cantidad de recetas que había que crear hacía insostenible su mantenimiento. Esto en parte se debía al hecho de que las recetas no permitían condiciones de entradas con funciones lógicas de tipo OR (para lo cual, la solución era crear dos recetas separadas con la misma acción a realizar), y tampoco permitía definir una receta que realizase distintas acciones condicionadas, como por ejemplo, por los distintos valores de una variable de entrada. Por ello, se tomó la decisión de crear enteramente desde cero un nuevo Gestor de Diálogos, denominado HRI Manager (Human-Robot Interaction Manager), el cual forma parte del trabajo realizado en la tesis doctoral de Enrique Fernández, otro integrante del equipo de trabajo de Robots Sociales de la UC3M. A continuación, se explican los aspectos más relevantes del nuevo módulo desarrollado.

El HRI Manager, al igual que el antiguo Gestor de Diálogos, es el módulo encargado de gestionar los diálogos básicos del robot, así como de la comunicación entre las habilidades y el alto nivel con los módulos encargados de la gestión de percepción y expresión de Mini (Perception Manager y Expression Manager).

De cara a poder modelar estos diálogos, se ha tratado de sintetizar aquellos elementos que se mantienen comunes en los posibles diálogos y cuya combinación permite representar una conversación más compleja entre el usuario y el robot. Estos elementos constituyen las unidades básicas para la interacción y han sido denominados Actos Comunicativos o CAs. El HRI Manager es el encargado de controlar la ejecución de cada acto comunicativo, mientras que las aplicaciones o habilidades de más alto nivel son las encargadas de lanzar dicha ejecución de cara a controlar el flujo del diálogo general. Por tanto, las aplicaciones son las responsables de definir los diálogos correspondientes utilizando los CAs existentes.

Para la ejecución de un Acto Comunicativo, la aplicación debe enviar la información necesaria al HRI para configurar y activar dicho CA, y esperar hasta que el HRI le envíe una respuesta sobre su correcta ejecución. Debido a que se puede dar el caso en el que se tengan distintas aplicaciones activas al mismo tiempo, el HRI Manager debe ser capaz de activar y gestionar múltiples CAs simultáneamente.

Para poder clasificar los CAs se han tenido en cuenta dos variables. En primer lugar, se debe diferenciar entre cuál de los dos interlocutores (usuario o robot) ha iniciado la conversación. Por

otra parte, se debe tener en consideración la intención de la conversación, la cual define la dirección en la que fluye la información durante la interacción. En cuanto a la intención, se puede dar el caso en el que el interlocutor que ha tomado la iniciativa simplemente quiera dar información al otro interlocutor, o, por el contrario, pretenda obtener cierta información del otro interlocutor. Combinando las distintas posibilidades, se obtiene los cuatro CAs básicos en los que se ha basado el HRI Manager, y que permiten modelar la interacción entre robot y humano:

- El Robot da información: El robot toma la iniciativa para dar al usuario cierta información a través de los distintos modos de expresión (voz, gestos, sonidos no verbales, gestos y/o contenido multimedia por medio de la tableta).
- El Robot pide información: El robot toma la iniciativa para preguntar al usuario con la intención de obtener cierta información. Para la ejecución de este CA, es importante tener en cuenta tanto el tiempo que el usuario tiene para responder como el método que debe utilizar el usuario para responder (voz, tableta o sensores de tacto). La respuesta puede ser abierta, donde cualquier información que dé el usuario se considera como correcta (por ejemplo, preguntarle su nombre), o, por el contrario, tener sólo una respuesta correcta, de forma que cualquier otra respuesta se considera errónea (como puede ser el caso en el que el robot le pida al usuario la solución de una operación matemática). Además, se puede tener el caso en el que se solicite una respuesta simple o una respuesta múltiple (la respuesta en sí se compone de varias respuestas simples). En el caso de la respuesta múltiple, se puede requerir que esta venga además con un orden concreto o no.
- El Usuario da información: En este caso, es el usuario quien toma la iniciativa de la interacción para comunicar cierta información al robot como, por ejemplo, saludarle.
- El Usuario pide información: El usuario toma la iniciativa de la interacción, con la intención de preguntar al robot para que éste le dé una información concreta.

El uso de los CAs constituye uno de los pilares básicos en el diseño de las distintas aplicaciones, ya que es el método por el cual se permite la interacción entre el usuario y el robot.

4.5.2 Skills o Habilidades

Las habilidades de Mini fueron rediseñadas basándose en el concepto de *Action* de *ROS* [5]. Cada habilidad debe estar diseñada para que su objetivo principal sea llegar a alcanzar una meta concreta. Esta meta variará según la propia habilidad a implementar. Por ejemplo, una meta podría ser mover

[5] `http://wiki.ros.org/actionlib`

una parte del cuerpo del robot hasta un punto concreto, empezar un juego y que dure un tiempo determinado, o realizar una sesión de estimulación.

La habilidad a ejecutar se define como *ActionServer* o servidor, y el módulo que manda ejecutar dicha habilidad es el cliente de tipo *ActionClient*. La principal comunicación entre el cliente y servidor se realiza mediante tres tipos de mensajes, basados en las especificaciones de *Action* de *ROS*, cada uno de ellos con una finalidad concreta.

En primer lugar se define el *goal*, un mensaje que envía el cliente al servidor para definir su objetivo o meta a alcanzar en su ejecución. En el caso de Mini, éste contiene distintos parámetros en los que se especifica no sólo el comando principal a ejecutar, sino que también pueden definirse otros como el tiempo de ejecución, el número de iteraciones a ejecutar o el nivel de proactividad del usuario con el que se está interaccionando.

El *feedback*, por su parte, es el mensaje implementado en el servidor, que es utilizado para informar a un cliente sobre el progreso incremental del objetivo marcado para la habilidad. Este *feedback* se puede enviar múltiples veces durante la ejecución de la habilidad. En el robot, el *feedback* es usado para enviar el estado de la propia habilidad en el caso de que se produzca algún cambio, el porcentaje realizado del objetivo marcado y el cambio en el grado de interacción del usuario durante el desarrollo de la habilidad, en el caso de ser necesario.

Finalmente, se tiene el *result*, que es el mensaje que envía el servidor al cliente una vez se completa la ejecución del objetivo, y que sirve para informar si la habilidad ha alcanzado el objetivo marcado o no, o si se ha producido algún tipo de error durante la ejecución. A diferencia del *feedback*, el *result* sólo se envía una vez al terminar la acción.

Además de estos tres mensajes, las distintas habilidades implementadas en Mini deben permitir recibir otros mensajes a través de los cuales se pueda pausar la habilidad, reanudarla e incluso interrumpirla. La correcta ejecución o no de estas acciones se confirma a través del parámetro del estado de la habilidad en el mensaje de *feedback* que envía la propia habilidad.

4.5.3 Sistema de Toma de Decisiones (DMS)

Aunque el anterior DMS se mantuvo constante durante versiones posteriores del robot, siendo utilizado para parte de los desarrollos implicados en esta tesis, actualmente ha sido rediseñado como parte de la tesis doctoral de Marcos Maroto, otro integrante del equipo de Robots Sociales de la UC3M.

Este DMS ha sido orientado a la interacción del robot con un usuario concreto en su entorno doméstico, por lo que ha sido diseñado para poder adaptar la elección de habilidades a ejecutar según los gustos del usuario, dando distintos valores a cada habilidad dependiendo de dichos gustos. También se ha incorporado un calendario para señalar actividades y avisos ligados a una fecha y

hora concreta. Gracias a este nuevo DMS, el robot puede tomar la decisión de activar las distintas aplicaciones según las preferencias del usuario al que vaya dirigido o la rutina diaria que éste deba seguir. Además, según sea el nivel de proactividad de cada usuario, el robot puede variar su capacidad de tomar la iniciativa para elegir la actividad a realizar en cada momento, dando más o menos capacidad al usuario para que sea él el que la elija. El nivel de proactividad también es comunicado a las habilidades a la hora de activarlas, de manera que la ejecución de ellas pueda variar dependiendo de dicho nivel.

Por otra parte, el DMS es el actual módulo encargado de pausar, reanudar e interrumpir las distintas habilidades, además de lanzarlas. La interrupción de una habilidad puede deberse a una petición por parte del usuario o a una orden del DMS, debido a la necesidad de ejecutar otra actividad más prioritaria que la que se esté llevando a cabo.

4.6 Resumen

En este capítulo se han expuesto las distintas fases que se siguieron con el fin de llegar a desarrollar la plataforma robótica Mini, para lo cual fue necesario la definición de unos escenarios de uso y el análisis de las limitaciones y requisitos que tenía cada uno de estos escenarios. Además, se presenta el primer prototipo llevado a cabo, tanto a nivel software como hardware, y los cambios realizados en las actuales versiones.

Por otra parte, se han presentado los resultados obtenidos a través de diversas pruebas. Primero, se realizó un estudio para obtener la opinión de los cuidadores sobre la utilidad de los distintos escenarios planteados. En segundo lugar, se llevaron a cabo unas pruebas en un centro de día con el fin de observar las primeras impresiones de los usuarios al interaccionar con el robot en sesiones grupales y orientar las investigaciones hacia aquellos escenarios que obtuviesen una mejor realimentación por parte de los usuarios y de los responsables del centro. Tras estas pruebas se llegó a la conclusión de que la implementación del escenario de *Estimulación cognitiva* en el robot Mini podía abrir un amplio abanico de posibilidades. Esto además se sumó al hecho de que, al analizar los robots existentes orientados a este colectivo, se observó la falta de definición de un programa terapéutico de estimulación cognitiva como parte de las funcionalidades abarcadas y que dicho programa pudiese estar distribuido a lo largo del día en diferentes sesiones.

En el siguiente capítulo se presenta la propuesta de dicho programa de estimulación cognitiva con el fin de ser implementado en el robot Mini.

CAPÍTULO 5

Propuesta de un programa terapéutico de estimulación cognitiva con el robot Mini

5.1 Introducción

Tras el estudio realizado con los cuidadores para puntuar la utilidad de los distintos escenarios inicialmente definidos y las pruebas realizadas en el centro de día, se observó la gran oportunidad que podía ofrecer el desarrollo de un programa terapéutico de estimulación cognitiva basado en Mini. Esto se suma al hecho de que actualmente, casi no existen robots que permitan realizar un programa completo de estimulación cognitiva, más allá de la realización de ejercicios independientes basados principalmente en una pantalla táctil (tal y como se ha presentado en el Capítulo 3).

La definición e implementación de dicho programa constituye el tema central de esta tesis, por lo que los siguientes capítulos se centran en los distintos aspectos que se han abarcado para su desarrollo: propuesta, implementación y pruebas con usuarios.

En este capítulo, primero se presenta el análisis realizado de los distintos métodos de estimulación cognitiva existentes y de las principales ventajas y desventajas que tiene cada uno de estos métodos. Tras esto, se presenta la propuesta definida del programa terapéutico de estimulación cognitiva basada en el robot Mini. Dicha propuesta fue basada en los métodos existentes presentados, tanto tradicionales, sobre todo para la definición de ejercicios, como los métodos informáticos, en especial el software Gradior, para la definición de ciertos parámetros necesarios de cara a determinar el

tratamiento a realizar por el usuario. Además, este programa presenta como novedad la opción de permitir al usuario llevar a cabo el tratamiento diario basado en el robot, a través de sesiones distribuidas que se alternan con el resto de las actividades a realizar con Mini durante el día.

Igualmente, se exponen los requisitos que el programa terapéutico de estimulación cognitiva a implementar debe cumplir para llevarse a cabo, tanto a nivel técnico como terapéutico.

Finalmente, se presenta una propuesta de ejercicios a implementar en el robot con el objetivo de abarcar las distintas funciones cognitivas, implicando para ello, los distintos métodos de interacción que el robot Mini permite.

5.2 Análisis de los métodos existentes de estimulación cognitiva

Tras el estudio realizado de los distintos métodos de estimulación cognitiva, ya expuestos en el Capítulo 2, estos se pueden dividir principalmente en dos categorías: los métodos "tradicionales" y los informáticos, considerando tradicionales todas aquellas técnicas no informatizadas que el terapeuta utiliza para estimular las funciones cognitivas del usuario.

A continuación, se presenta un análisis de las ventajas y desventajas de cada uno de estos métodos.

5.2.1 Estimulación tradicional

Los programas tradicionales de estimulación cognitiva son muy variados y abarcan una amplia gama de ejercicios y actividades que incluyen, no sólo la estimulación de funciones cognitivas, sino también otras terapias como la orientación a la realidad y reminiscencia.

Como ya se explicó en el Capítulo 2, estas terapias se basan en gran medida en la realización de cuadernos o láminas de ejercicios en los que se suelen incluir funciones cognitivas como el lenguaje, atención, memoria, percepción, lectura y escritura, funciones ejecutivas y cálculo, además de otras actividades complementarias, como pueden ser las manualidades, de cara a ejercitar otras funciones cognitivas como la praxia.

En este tipo de programas de estimulación, el terapeuta juega un papel imprescindible, ya que, además de ser el responsable de supervisar la correcta realización de las distintas actividades o ejercicios, es quién debe tener la capacidad para el diseño específico de cada programa de estimulación, adaptándolo a cada usuario concreto.

5.2.1.1 Desventajas y Ventajas

Además de la capacidad y creatividad del propio terapeuta para adaptar el programa al paciente, existen varios *limitantes* en este tipo de estimulación. Por una parte, dado que el terapeuta debe

supervisar ciertos ejercicios así como corregir los que ha realizado el usuario, aparece la dificultad de trabajar en tratamientos en los que un terapeuta trate al mismo tiempo con múltiples usuarios, siendo sus tratamientos mayoritariamente individualizados. A su vez, los tratamientos suelen ser bastante limitados en cuanto a variedad de ejercicios o contenido para ejercitar una misma actividad cognitiva al basarse en láminas que no pueden ser modificadas sin que esto conlleve un trabajo extra para el terapeuta. Otro inconveniente es la falta de tiempo y de recursos que impide, en gran parte de los casos, establecer terapias rehabilitadoras que cubran la gran demanda que surge de las personas que sufren déficit o deterioro cognitivo.

Por otra parte, es importante remarcar varias *ventajas* de este tipo de métodos. Primero, son métodos en los que es fácil incorporar muchas técnicas de estimulación y adaptarlas al usuario según sus necesidades, sobre todo en cuanto a gustos se refiere. Se pueden incluir terapias más personales como la reminiscencia y la orientación, además de otras más técnicas, como pueden ser la realización de ejercicios basados en láminas. Además, existe un amplio abanico de posibilidades en cuanto a la realización de actividades que impliquen diversos objetos y materiales.

Sin embargo, la mayor ventaja a destacar con este tipo de tratamientos es el trato humano y personal que se le da al paciente. El terapeuta conoce a cada usuario y sabe cómo hablar con él, tratarle y animarle, pero sobre todo cabe destacar que el terapeuta es una persona, y esto es un aspecto primordial, ya que los usuarios finales son pacientes por lo general ajenos a nuevas tecnologías, y que prefieren el trato con personas al trato con máquinas.

5.2.2 Programas informáticos

Por otra parte, se pueden destacar los métodos informáticos. Estos programas han surgido en estas últimas décadas gracias al gran avance tecnológico. En ellos, el paciente interacciona con el programa a través del ratón o de una pantalla táctil, no siendo necesario ningún conocimiento informático mínimo.

5.2.2.1 Ventajas y desventajas

Dentro de las *ventajas* de este tipo de tecnologías, cabe destacar la flexibilidad de diseño y la evaluación de los resultados.

En primer lugar, este tipo de programas permiten almacenar un gran número de ejercicios y variaciones de estos. Es por ello que, para un mismo tipo de ejercicio, se pueden encontrar, además de múltiples niveles, un gran número de variaciones en cuanto al contenido o estímulos que se muestran. De esta forma, se da la posibilidad de crear programas mucho más variados evitando crear la sensación al paciente de repetir un ejercicio concreto, y así evitar el efecto aprendizaje.

En segundo lugar, se proporcionan sesiones de evaluación y rehabilitación de forma sistematizada, sin necesidad de tener conocimientos de informática. El propio programa dirige la evaluación y la rehabilitación cognitiva, según los parámetros establecidos previamente por el terapeuta, quien además cuenta con informes del seguimiento del usuario. Estos resultados y su evaluación se obtienen de manera automática cuando el paciente termina el ejercicio que esté realizando. Además, el programa proporciona al paciente realimentación inmediata de sus respuestas a través de refuerzos visuales y auditivos. Todo esto permite al terapeuta supervisar sesiones con múltiples pacientes simultáneamente, pero con tratamientos totalmente individualizados.

Por otra parte, este tipo de programas están diseñados con una interfaz suficientemente sencilla de forma que, tanto terapeutas como pacientes, los pueden utilizar sin conocimientos previos. Mediante dicha interfaz, se permite la definición de tratamientos personalizados y aleatorizados, evitando el efecto de aprendizaje y asegurando la diversidad de contenido frente a un estímulo a una misma actividad cognitiva.

Entre las *desventajas* de este tipo de tratamientos, la más remarcable es la limitación que tienen en cuanto a variedad de tipo de terapias que proporcionan y de las funciones cognitivas que ejercitan. El tipo de ejercicios que incluyen abarcan gran parte de las funciones cognitivas, pero algunas de ellas con limitaciones, y otras quedan totalmente ausentes. Por ejemplo, en el caso del lenguaje no se trabaja la interacción por voz o escritura, sino que se centran más en aspectos como el vocabulario. A su vez, dado que la única interfaz suele ser una pantalla, funciones cognitivas como la praxia o algunas gnosias (táctiles, olfativas y gustativas) tampoco se reflejan en este tipo de programas.

Otra desventaja que tienen este tipo de métodos es que la realimentación que se le da al usuario, aunque es inmediata, suele ser bastante repetitiva, monótona e "impersonal". Esto hace que pueda resultar al usuario algo aburrido y pierda la atención.

Por último, cabe destacar que el papel del terapeuta sigue siendo esencial, no sólo de cara a la selección de los ejercicios que debe realizar el paciente, sino también de cara a darle una segunda realimentación y animarle con los distintos ejercicios, sobre todo en aquellas situaciones en las que el usuario se pueda sentir agobiado o paralizado, ya que esto no puede ser captado por el programa.

A continuación se muestra la Tabla5.1 que resume las principales ventajas y desventajas que los métodos informáticos tienen frente a los métodos tradicionales.

5.2.3 Estimulación con robots

Aunque el incremento de robots sociales en estos últimos años ha sido exponencial, como ya se expuso en el Capítulo 3, todavía no se ha llegado a utilizar prácticamente ningún robot con el fin de realizar un programa completo de estimulación cognitiva orientado a mayores con deterioro cognitivo. Los únicos casos existentes, como los robots Pepper o Hector, consisten en robots

Ventajas y desventajas de los métodos informáticos frente a los métodos tradicionales	
Ventajas	Desventajas
• Evaluación automática e inmediata de resultados. • Fácil diseño de tratamientos individualizados y variados en cuanto al repertorio de ejercicios. • Complemento de terapia tradicional. • Contenido variado a mostrar en los ejercicios. • Control y estructuración de variables. • Permite trabajo en domicilio. • Rápida realimentación del robot sobre los aciertos o fallos del usuario. • Aumento de cobertura e intensidad del trabajo. • Más atractivo para personas jóvenes.	• No se abarca todas las terapias. • Necesidad de terapias complementarias. • Miedo a romper algún dispositivo. • Existencia de prejuicios. • Falta de control de conducta. • Falta de apoyo personalizado. • Requiere habilidades y conocimientos.

Tabla 5.1: Ventajas y desventajas de los métodos informáticos frente a los métodos tradicionales de estimulación cognitiva.

que disponen de una pantalla, a través de la cual el paciente realiza los ejercicios de estimulación, exactamente igual que lo podrían hacer con un programa informático como los antes mencionados. A pesar de que en algunos casos se incluya como novedad el reconocimiento por voz, como por ejemplo el robot Kompai, realmente no se han llegado, a día de hoy, a aprovechar las ventajas que un robot puede aportar frente a programas informáticos. A continuación, se presenta un análisis de dichas ventajas con el fin de poder desarrollar un programa de estimulación cognitiva basado en el robot Mini como herramienta principal.

5.2.3.1 Ventajas de los robots frente a los programas informáticos de estimulación

A nivel técnico, es importante resaltar que los robots sociales, al tratarse de herramientas informáticas, tienen las mismas ventajas antes mencionadas que los programas informáticos, pero además, ofrecen otro tipo de ventajas adicionales.

En primer lugar, los robots presentan la posibilidad de poder conectar múltiples dispositivos, los cuales permiten una interacción con el paciente mucho más completa. Por un lado, se puede

disponer de varios métodos de percepción del usuario, utilizando la detección mediante cámaras, sensores táctiles y micrófonos, además de la entrada que pueda venir desde una tableta. En cuanto a expresividad, los robots pueden disponer no sólo de motores para mover las articulaciones, sino también de luces, voz y otros sonidos, contenido multimedia, etc. A través de ellos pueden simular múltiples emociones y expresiones, abriendo la posibilidad de poder dar una realimentación al paciente mucho más expresiva que la que se puede dar a través de un ordenador.

Otro aspecto a destacar es la posibilidad de añadir nuevas funcionalidades al robot relacionadas con los tratamientos que pueden incluir, abriendo el abanico de posibilidades permitidas por los programas informáticos. Esto se consigue mediante una interacción multimodal, no sólo a partir de los dispositivos ya mencionados, sino también mediante la utilización de objetos externos, como por ejemplo material de estimulación sensorial, que el robot puede reconocer ya sea mediante la instalación de dispositivos como RFID (del inglés *Radio Frequency Identification*), balizas electrónicas, o directamente mediante la cámara. De esta forma, se consigue incluir ejercicios en los que se trabajan funciones cognitivas que quedaban excluidas en los programas por ordenador, como la praxia y ciertas gnosias.

Aunque se trata de un aspecto en el que falta mucho por desarrollar, cabe mencionar la posibilidad de poder personalizar al robot, de forma que se adapte en lo más posible al trato con el paciente. Como primera aproximación, se puede utilizar al robot para introducir cierto contenido personal del propio paciente, de forma que se le puedan mostrar fotos de la familia, de algún evento, etc., para poder introducir terapias tales como Orientación a la realidad o de Reminiscencia.

A nivel social, es importante destacar una de las grandes desventajas que se tiene respecto a los programas informáticos. Como ya se ha destacado, y además se apreció en los resultados de los tests en las pruebas en el centro de día, los pacientes, por lo general, prefieren el trato con una persona antes que con un programa informático. Aunque hoy en día un robot no se percibe como una persona, a diferencia de los programas informáticos, un robot social puede dar la imagen de un "ser vivo" con ciertas emociones y con el que se puede interaccionar de manera más natural. Esto puede crear un vínculo con el paciente de forma que el sujeto muestre más interés durante la interacción y pueda así mantener la atención durante más tiempo. El robot no sólo reacciona a las respuestas del usuario dentro de cada ejercicio, sino también puede reaccionar ante acciones de éste, como puede ser que se levante y el robot le llame para que no se vaya, que se ría si el paciente le hace cosquillas u otro tipo de comportamientos ajenos al tratamiento. A continuación, se muestra la Tabla 5.2 en la que se destacan aquellas ventajas y desventajas de los robots en comparación con los métodos puramente informáticos, en lo referente a aspectos más sociales y personales.

Ventajas y desventajas de los robots en programas frente a los métodos informáticos	
Ventajas	Desventajas
• Más cercanía. • "Cuerpo" físico que puede ver y tocar. • Aspecto más amigable. • Mayor capacidad de conexión de dispositivos. • Mayor expresividad (articulaciones, leds, etc.). • Mayor posibilidad de métodos de interacción. • Existencia de habilidades sociales. • No miedo al uso de ordenador. • Atribución de cualidades reales a un ser no real. • Posibilidad de abarcar más funciones cognitivas.	• No familiarización. • Habla no humanizada ("Habla robot"). • Alto coste. • Necesidad de apoyo técnico especializado. • Desconfianza ante algo tan novedoso.

Tabla 5.2: Ventajas y desventajas del uso de robots en programas de estimulación cognitiva frente a los métodos informáticos existentes.

Otro aspecto que no se ha tenido en cuenta hasta ahora en los programas de estimulación es la posibilidad de tener un sistema en la casa del propio paciente funcionando las 24h, el cuál sirva como herramienta de estimulación distribuida, sin la necesidad de estar concentrada en sesiones diarias. Esto se hace imposible en las terapias antes mencionadas, debido a la dificultad de tener un terapeuta disponible durante todo el día en el caso de usar terapias tradicionales, o tener el ordenador encendido solamente con el programa específico activo. Por el contrario, un robot de este tipo debe estar diseñado para estar activo de manera continua, lo cual permitiría disponer de este tipo de estimulación cognitiva distribuida a lo largo del día día, no sólo utilizando ejercicios concretos de estimulación, sino también preguntando de forma esporádica al paciente sobre algún aspecto que ayude a ejercitar las distintas funciones cognitivas (por ejemplo, preguntándole la hora o algún aspecto sobre un objeto de la casa, su ropa, etc.).

De esta forma, y analizando lo antes mencionado, se puede concluir que los robots aportan una gran variedad de posibilidades en cuanto al desarrollo de un programa de estimulación se refiere. No sólo se tienen las mismas ventajas que un programa informático, sino que se añaden otras referentes

a la interacción con el usuario, en concreto la percepción y la expresividad, y la posibilidad de ampliar el abanico de opciones referentes a terapias de estimulación cognitiva.

Dado que hay ciertas funciones que no se pueden incluir utilizando robots, es importante destacar el papel del terapeuta para que éste pueda aportar al paciente un programa lo más completo posible de estimulación, utilizando técnicas y materiales que sólo una persona pueda aportar (por lo menos hoy en día). De la misma forma, el terapeuta puede incitar al paciente a que haga lo que el robot dice como si de una "tercera" persona se tratase.

A continuación, se presenta la propuesta definida para realizar e implementar un programa terapéutico de estimulación cognitiva en el robot Mini. Para poder llevar a cabo la implementación del programa, se deben tener en cuenta varios aspectos relevantes. Como primer punto de la propuesta, se definen aquellos requisitos que debía cumplir la habilidad a desarrollar, desde un punto de vista no sólo terapéutico, sino también técnico. En segundo lugar, se presenta una primera propuesta de ejercicios posibles a implementar utilizando el robot como plataforma, clasificados cada uno de ellos según la principal función cognitiva que ejercitan.

5.3 Estimulación cognitiva con el robot Mini

De cara al desarrollo de un programa de estimulación cognitiva con el robot Mini lo más completo posible, fue necesario la definición de una serie de especificaciones. Como base de dicho desarrollo, se debía tener en cuenta todas las ventajas que se puede tener mediante el uso de robots orientados a este fin. En consecuencia, como requisito básico, el programa a desarrollar debía permitir realizar el mismo tipo de tareas que se realizan con los programas informáticos, y a esto sumarle nuevas aportaciones propias del robot.

5.3.1 Ejercicios de estimulación cognitiva

En cuanto a los ejercicios a incluir, Mini debía permitir ejercitar las funciones cognitivas de orientación, memoria, percepción, atención, lenguaje, funciones ejecutivas y praxias. Esto presentaba un desafío, sobre todo en lo relacionado a llevar a cabo ejercicios en los que se ejercitasen las praxias en el usuario, debido a los dispositivos instalados en Mini en ese momento. Realizar estos ejercicios implicaba el uso de objetos externos que los ancianos pudiesen manipular y ser detectados por el robot. Dado que en esos momentos el módulo de percepción de Mini no había sido programado para detectar ese tipo de tareas, y no se consideró imprescindible para la primera versión del programa, se decidió prescindir por el momento de dicha función cognitiva. Aun así, y con vistas a futuras innovaciones, el programa debía permitir la introducción de nuevos métodos de

respuesta de manera simple, sin que esto implicase una remodelación del código creado, a partir de una parametrización genérica del método de respuesta.

En referencia al contenido a mostrar, la mayor parte de los ejercicios se basarían en contenido genérico e impersonal (contenido igual para cualquier usuario). Aun así, además de disponer de un contenido genérico para todos los usuarios, Mini debía permitir almacenar contenido personal y único del propio usuario al que va dirigido el tratamiento de cara a poderlo utilizar en la realización de distintos ejercicios (por ejemplo, en un ejercicio de memoria donde se muestren fotos de familiares y se pregunte por sus nombres). Para ello, uno de los grandes requisitos era contar con una base de datos en la cual se pudiese guardar toda esta información personal del usuario.

De la misma forma, esta información individualizada, puede ser utilizada en la implementación de nuevas terapias, como la terapia de reminiscencia. Esta terapia, como se explica en el Capítulo 2, se basa en el uso de fotografías o contenido multimedia del propio paciente o de eventos populares, objetos antiguos personales o genéricos, etc., en la que se anima al paciente a que exprese lo que le hace sentir, haciéndole recordar momentos de su pasado. De esta forma, se consigue trabajar la memoria episódica (recuerdos personales y específicos como el nacimiento de los hijos, viajes, trabajos...) así como la memoria semántica. Debido a la limitación que Mini tiene respecto a su reconocimiento por voz, el llevar a cabo este tipo de terapias tal cual están planteadas presenta una gran dificultad de cara a reconocer lo que el usuario pueda decirle al robot. En su lugar, una aproximación que se podía tener en cuenta para llevarla a cabo era tener la posibilidad de poder mostrar cierto contenido multimedia al usuario (imágenes antiguas, videos o canciones), sin que el robot esperase una respuesta concreta suya, sino simplemente con el fin de que el usuario pudiese rememorarlo. Dentro del contenido a mostrar, se podría tener en cuenta contenido más genérico de la época o personal del usuario.

5.3.2 Definición de tratamiento

Además del repertorio de ejercicios que Mini puede tener y el contenido a mostrar, era imprescindible concretar cómo se iban a llevar a cabo estos ejercicios. De cara a desarrollar un programa completo de estimulación cognitiva, Mini debía permitir la realización de tratamientos personalizados y adaptados al deterioro del paciente al que va dirigido. Para ello, se debía diferenciar entre lo que el terapeuta tendría que definir, y aquello que definiría la propia habilidad basándose en lo especificado por el profesional. Todos aquellos datos pautados por el terapeuta serían introducidos mediante el uso de una interfaz externa a la que se conectase el robot para obtener la información.

Dado que Mini está diseñado para interaccionar con el usuario a lo largo del día, de cara al planteamiento de este programa terapéutico, se ha propuesto la posibilidad de llevar a cabo el tratamiento con el usuario de manera distribuida. Para ello, el usuario realizará el tratamiento diario correspondiente, dividiendo los ejercicios a realizar en sesiones reducidas con una duración

parametrizada por el terapeuta, definiendo además, el tiempo que debe trascurrir entre sesión y sesión.

Es importante mencionar que el DMS de Mini ha sido diseñado para alternar entre las distintas aplicaciones implementadas en el robot según las necesidades del usuario y, siempre que la ejecución de las otras aplicaciones no lo impida, el tratamiento será activado de manera periódica cada cierto tiempo, independientemente del tiempo definido que deba transcurrir entre sesiones. Por tanto, si el DMS decide activar el tratamiento, debe ser la propia habilidad la que analice si llevarlo a cabo según el tiempo transcurrido desde la última ejecución.

Por otra parte, el terapeuta debe ser el responsable de definir las actuaciones que debe realizar un usuario a lo largo de la semana, definiendo por tanto, el tratamiento semanal. Una actuación consiste en un ejercicio o un grupo de ejercicios pertenecientes a la misma función cognitiva y nivel de dificultad, que debe realizarse al menos una vez a la semana. Cada actuación viene definida por los siguientes parámetros:

- Número de ejercicios que lo componen o el tiempo que debe cumplimentar el paciente realizando ejercicios que se ajusten a los requisitos de la propia actuación.
- Función cognitiva a ejercitar.
- Nivel de dificultad.
- Frecuencia (días por semana) con la que queremos que el paciente realice la actuación.
- Prioridad frente a otras actuaciones del tratamiento semanal definido.

Por ejemplo, un terapeuta podría definir como tratamiento semanal las siguientes actuaciones: 20' de ejercicios de memoria (Actuación 1), nivel 3, 4 veces por semana y con la prioridad máxima, otros 10' de percepción (Actuación 2), nivel 2, con una frecuencia de 2 veces por semana, prioridad baja, etc.

A su vez, se puede plantear la posibilidad de que el terapeuta pueda determinar qué porcentaje de tratamiento es necesario que el usuario cumpla a lo largo del día (ej: entre un 80-100% de los ejercicios). Esto se traducirá en una variación entre los pesos de la toma de decisiones: A partir del 80% el peso disminuirá, pero no será nulo. Sólo se anulará al 100% del tratamiento.

A partir del tratamiento semanal pautado, la aplicación debería ser capaz de calcular el tratamiento diario a seguir teniendo en cuenta las actuaciones a realizar ese día según los días que ya se hayan llevado a cabo durante la semana, su prioridad a la hora de elegirlas frente a otras actuaciones, además de tener en cuenta un tiempo mínimo y máximo de tratamiento diario para el paciente. Cuando la habilidad ejecuta el tratamiento diario, se debe encargar de seleccionar aquellos ejercicios

que cumplen las condiciones especificadas en cada actuación de ese día. Por tanto, el tratamiento diario se puede definir como el conjunto de ejercicios que un usuario debe realizar a lo largo del día.

Como se ha mencionado, debido a la ventaja de tener a disposición un robot como Mini durante las 24h, el usuario puede tener la opción de realizar los ejercicios de forma distribuida en diferentes momentos del día, agrupándose en sesiones cortas e intercalándose con otras actividades. Estas sesiones deben tener un tiempo límite definido por el terapeuta. Para poder determinar cuántos ejercicios ha completado el usuario respecto del tratamiento diario, es importante que la habilidad pueda hacer un seguimiento del porcentaje del tratamiento realizado.

De manera adicional, la habilidad debe permitir la ejecución del tratamiento diario, así como la posibilidad de ejecutar un ejercicio concreto, una sesión predefinida o darle la posibilidad al usuario para que elija una sesión o un ejercicio mediante un menú. La elección de las distintas opciones debe venir definida por el DMS del robot. En el caso de activar la habilidad con la opción de tratamiento, ésta debe ejecutar los ejercicios del tratamiento diario correspondientes hasta alcanzar el tiempo máximo de sesión. En el caso de volver a lanzar la opción de tratamiento, la habilidad debe ser capaz de reanudarlo desde el último ejercicio del tratamiento diario que se ha realizado. De la misma forma, la habilidad debe permitir alternar entre las opciones de tratamiento, sesión y ejercicio individual.

Durante la ejecución del tratamiento diario, los ejercicios que lo componen se ejecutan de forma aleatoria, ejecutando primero aquellos que tengan una prioridad mayor.

Para poder realizar un seguimiento de los resultados del paciente, la habilidad debe ser capaz además, de generar un fichero donde se guarden los distintos tiempos de realización, el porcentaje realizado del tratamiento y de cada una de las actuaciones definidas, así como el porcentaje de aciertos y fallos obtenidos.

5.4 Requisitos técnicos y de interacción del programa de estimulación

Además de las especificaciones desde un punto de vista terapéutico, para poder llevar a cabo el programa de estimulación cognitiva en Mini, fue necesario definir una serie de requisitos técnicos de cara a poder implementar el programa, así como otros requisitos orientados a optimizar la interacción entre el usuario y el robot. Además de los requisitos, también se debían tener en consideración las limitaciones técnicas que el robot Mini podía presentar, de cara a marcar unos objetivos realizables.

5.4.1 Requisitos técnicos

En primer lugar, es importante entender la arquitectura que utiliza el robot y en la cual se debía basar la implementación de los ejercicios de estimulación. Por una parte, la habilidad a desarrollar, con el fin de implementar el programa terapéutico de estimulación cognitiva en Mini, debía estar basada en el mismo formato que el resto de habilidades de Mini (Capítulo 4), y por tanto, basada en el concepto *Action* de ROS. Esto implicaba utilizar los mensajes de *Goal, Feedback y Result* con los mismos parámetros que los utilizados por las habilidades ya implementadas, y que, además, se permitiese recibir los comandos de pausa, reanudación e interrupción de la propia habilidad mediante otros mensajes.

Adicionalmente, en los casos en los que se tiene que mostrar información o solicitar una respuesta al usuario, la habilidad debía ser capaz de realizar correctamente la comunicación con el módulo de HRI, mediante la activación de los Actos Comunicativos (CAs) correspondientes.

Por otra parte, se debía tener en consideración los distintos dispositivos implementados en el robot y los nuevos desarrollos que se tendrían que llevar a cabo en ellos para disponer de todas las funcionalidades necesarias. Esto era de suma importancia de cara a definir los métodos de respuesta disponibles en el robot, así como aquellos métodos para mostrar la información, y de esa forma tenerlo en cuenta en la propuesta del repertorio de ejercicios posibles.

En referencia a los métodos de respuesta, se incluyeron como posibilidades la respuestas mediante voz, sensores de tacto o a través de los botones que se mostrasen por la pantalla de la tableta. Adicionalmente, y dado que en futuros desarrollos se podrían incorporar nuevos métodos de respuesta en Mini, la habilidad a desarrollar debía permitir la parametrización del valor correspondiente al método de respuesta o canal de entrada, de forma que la introducción de un nuevo método fuese sencilla sin implicar grandes cambios en el código.

Además de los métodos de respuesta, era crucial tener en consideración los medios implementados en Mini para expresarse y mostrar información, implicando la voz, los gestos mediante movimientos de sus distintas articulaciones, el color de sus leds y la expresión de los ojos, y la información mostrada por la pantalla (imagen, audio o video). La incorporación de estos medios en los distintos ejercicios permite sacar el máximo rendimiento y beneficio de las capacidades de Mini como robot, ya sea para definir una gama distinta de ejercicios a los utilizados en los programas informáticos, como para crear un vínculo más cercano con el usuario.

Para llevar a cabo el programa, se debía tener en cuenta una de las grandes limitaciones que tenía y sigue teniendo el robot, en lo referente al reconocedor de voz. Este reconocimiento funciona mediante el uso de gramáticas. Cada gramática de Mini se compone de una serie de comandos que el robot puede entender y procesar, y estas gramáticas se pueden activar o desactivar según lo que se quiere que entienda Mini en un momento dado. Esto hace que todas aquellas frases o respuestas

que pueda dar un usuario deban estar previamente definidas. Además, es importante tener en cuenta que el hecho de tener activas muchas gramáticas simultáneamente, puede generar falsos positivos al poder tener dos comandos muy similares y equivocar uno por el otro. Esta limitación es relevante, sobre todo de cara al desarrollo de ejercicios en los que el usuario tenga que contestar por voz y la respuesta pueda ser muy genérica. Es por ello, que para el diseño de los ejercicios, se consideró respuestas relativamente limitadas y dentro de una temática concreta.

5.4.2 Requisitos de la interacción

Además de los aspectos técnicos y terapéuticos, se debe tener en cuenta el aspecto social del robot. La interacción entre Mini y el usuario es un aspecto muy importante al tratarse de un robot social, a lo que se suma el hecho de que los usuarios a los que va dirigida Mini son personas por lo general ajenas a nuevas tecnologías, y que en ocasiones las llegan a rechazar. Por tanto, todos los desarrollos que se hagan deben permitir una interacción muy intuitiva y sencilla para el usuario. Esto sobre todo debe verse reflejado en las instrucciones que indica el robot para realizar un ejercicio, y el apoyo que se realiza en los distintos métodos de expresión (voz, gestos y pantalla).

A su vez, como se pudo observar en los primeros experimentos con Mini, es esencial que el robot sea proactivo, y que anime al usuario a participar y así evitar que el usuario desconecte o adquiera desinterés por la tarea. Para ello, el robot debe ser capaz de llamar la atención al usuario de diversas formas, según las distintas situaciones. A su vez, debe ser relativamente capaz de evitar que el usuario se agobie en el caso de que falle una respuesta o no la sepa. Además, otro factor a considerar es el nivel de proactividad del propio usuario que puede afectar sobre todo en los casos en los que tenga que tomar una decisión, como la elección de un ejercicio dentro de un menú.

Por último, es importante contemplar las limitaciones ambientales o físicas que puede tener el usuario durante la realización de los ejercicios. Es por ello que la voz del robot debe ser alta y clara, y el contenido que se muestre por la pantalla debe ser lo más grande posible para que el usuario lo pueda ver bien, siempre que no tenga un problema de vista relativamente grave. En cuanto a los métodos de respuesta del usuario, el principal problema puede surgir cuando la persona deba contestar por voz y haya ruido ambiente, o tenga algún tipo de problema como afonía. En esos casos, la habilidad debe ser capaz de dar como segunda opción otro método de respuesta al usuario para que pueda realizar los ejercicios.

5.5 Propuesta de ejercicios a implementar

A continuación, se presenta la primera propuesta definida en cuanto al repertorio de ejercicios que podían ser implementados en el robot para estimular las distintas funciones cognitivas, de tal forma que se aprovechen al máximo todas las posibilidades que el robot Mini permite:

5.5.1 Orientación temporo espacial

- Orientación temporal: Momento del día, mes, día de la semana, día del mes, estación, año.

5.5.2 Atención

- Atención selectiva visual secuencial:
  - El sujeto debe tocar la pantalla cuando los objetos vayan apareciendo en ella (en principio, se puede hacer que sea suficiente con tocar la pantalla en general, y después ya se puede complicar para que haya que tocar el objeto en concreto).
  - Igual que el anterior, pero en este caso el sujeto debe tocar al robot cuando aparezca el objeto. El sujeto debe tocar al robot con cualquier objeto y en niveles superiores, sólo cuando aparezca un objeto en concreto. Para los dos juegos, en niveles más difíciles, se incluirán movimientos del robot y sonidos no verbales como distractores.
- Atención selectiva visual simultánea:
  - Pedir al usuario que cuente cuantas veces realiza un movimiento concreto o activa una parte del cuerpo.
- Atención vigilancia color:
  - Pedir al sujeto que toque al robot cuando la luz led del corazón le cambie a un color concreto.

5.5.3 Percepción (Gnosias)

- Percepción colores:
  - Decir los objetos de la pantalla que sean del color que pide el robot o que muestra por el corazón.

- Percepción visual rostros:
  - Mini muestra emociones y el sujeto debe indicar por voz cuál es.
- Percepción visual corporal:
  - Mini mueve una parte del cuerpo y el sujeto debe decir cuál ha movido por voz o tocando el sensor más cercano de tacto.
- Percepción de tamaños:
  - Mini plantea al sujeto preguntas sobre dos objetos para que conteste cuál pesa más, o en el caso de que lo diga el robot, contestar verdadero o falso. Como apoyo visual, se puede mostrar una imagen con los dos (o tres objetos) subidos a una báscula, indicando la misma afirmación del robot o con un interrogante.
- Percepción acústica:
  - Mini reproduce un sonido por la tableta y el sujeto debe de indicar de qué se trata (con o sin opciones). Para dar las opciones, se pueden mostrar por pantalla imágenes numeradas o con palabras. Cuando Mini dé la respuesta, puede hacer también el sonido con su propia voz.

5.5.4 Memoria

- Memoria Verbal Inmediata y Corto plazo:
  - El robot dice una palabra y después cuenta hasta 10 (sólo pantalla), tras lo cual, pregunta al sujeto por la palabra que había dicho por voz. En niveles superiores, el robot dice más de una palabra y el sujeto las tiene que decir por orden tras la espera. Además, en la espera se puede incluir movimientos y sonidos del robot, e incluso música.
- Memoria Visual Corporal Inmediata y Corto plazo:
  - El robot hace una serie de movimientos con el cuerpo. Pasado un tiempo de espera, le pide al sujeto que toque las partes del cuerpo que debe mover el robot para repetir la secuencia marcada.
  - Igual que el anterior, pero haciendo que el sujeto sea el que repita los movimientos (Difícil de implementar).

- Memoria Asociativa:
  - Asociar movimientos del robot con caras, nombres y palabras.
- Memoria Semántica (Implícita):
  - Pregunta cultura general.
  - Pregunta sobre personajes.
  - Pregunta con fotos antiguas de Madrid.
  - Poner fotos de profesiones y herramientas que utilizan cada uno (En el caso que directamente se le preguntase para qué sirve el objeto sería del campo de F. ejecutiva). Si el sujeto acierta una pareja, el robot hace "más o menos" el gesto que haría ese profesional, incitando al sujeto que haga también el movimiento (Praxia).

5.5.5 Función ejecutiva

- Razonamiento Historia:
  - Decir una lista de acciones (3) para llevar a cabo una tarea, y el sujeto las tiene que ordenar.
- Claves:
  - El usuario debe tocar una parte del cuerpo del robot según el estímulo que se le muestre. Se puede hacer con dos imágenes teniendo que tocar un hombro diferente según la imagen.
  - Similar al anterior ejercicio, pero con sonidos (audio a través de la tableta o sonidos no verbales del propio robot).
  - Asignar a cada palabra un movimiento del cuerpo y después pedirle al sujeto que haga el movimiento que correspondería a una secuencia de palabras dada. Otra versión del juego podría ser tocando en el robot la parte del cuerpo correspondiente (el robot indicará cuando es correcto o no).
- Inhibición:
  - Juego de “Simón dice”.

- Interferencia:
  - Dar cuatro imágenes e indicar cual es la diferente.
  - De una lista de objetos, decir cuales tienen relación con algo concreto.
- Razonamiento:
  - Poner 3 fotos y hay que ordenar por edades por voz.

5.5.6 Cálculo

- El robot plantea varios problemas al sujeto con resultado numérico.

5.5.7 Lenguaje

- Vocabulario y léxico:
  - Sinónimos y antónimos
- Lenguaje automático:
  - El juego de los refranes.

5.6 Resumen

En este capítulo se ha presentado el análisis realizado sobre los distintos métodos actualmente utilizados para aplicar la terapia de estimulación cognitiva, presentando las posibles ventajas y desvantajas que pueden surgir. Esto ha servido de base para la propuesta de un programa terapéutico de estimulación cognitiva usando al robot Mini como plataforma para llevarlo a cabo. Para la definición de dicha propuesta, se han presentando los aspectos tanto terapéuticos como técnicos a tener en cuenta para su desarrollo.

A partir de esta propuesta, se llevó a cabo la implementación del programa en el robot, la cual se expone en el siguiente capítulo. Para ello, fue necesario la creación de una nueva habilidad que pudiese ejecutar el robot, además de la definición y programación del repertorio de ejercicios de cara a permitir ejercitar las distintas funciones cognitivas.

CAPÍTULO 6

Implementación del programa terapéutico de estimulación cognitiva

6.1 Introducción

Para llevar a cabo la implementación del programa de estimulación cognitiva en el robot Mini, se ha creado a nivel de software un paquete denominado *cognitive stimulation*. Dentro de este paquete, coexisten tres *skills* o habilidades distintas, cada una responsable de gestionar un nivel concreto de la habilidad general de estimulación cognitiva. Estas habilidades son las siguientes:

- Por una parte, se tiene el Gestor Principal, programa encargado de gestionar la elección de las sesiones o ejercicios individuales de estimulación cognitiva, de mostrar al usuario los menús correspondientes para que este pueda elegir la opción que desea (una sesión o un ejercicio en concreto), y de mandar la orden a la habilidad correspondiente según la acción a llevar a cabo: al Gestor de Sesiones en el caso de querer ejecutar una sesión o al Ejecutor de Ejercicios si se quiere un ejercicio concreto.

  Este gestor es además el encargado de recibir la petición de realizar el tratamiento diario, el cual debe de generar a partir de las distintas actuaciones definidas por el terapeuta, teniendo en cuenta su distribución a lo largo de la semana. Una vez se tenga definido el tratamiento diario, se manda una orden al Gestor de Sesiones, el cual se encarga de ejecutar los distintos ejercicios que lo componen, teniendo en cuenta el tiempo máximo de sesión.

- Por otra parte, se tiene el Gestor de Sesiones, programa que recibe la orden del Gestor Principal con la sesión a ejecutar y que debe gestionar. Para ello, a partir del nombre de sesión que ha recibido, accede a un fichero donde están definidos los ejercicios que componen dicha sesión. De uno en uno debe ir procesando cada ejercicio, mandando la petición (cada ejercicio de manera independiente) al Ejecutor de Ejercicios con la ruta del ejercicio que se quiere ejecutar.
- Finalmente, se tiene el Ejecutor de Ejercicios, programa que recibe la petición de un ejercicio concreto, a través de su ruta, el cual debe encargarse de gestionar y ejecutar.

A continuación, en la Figura 6.1 se muestra un esquema general de comunicaciones entre las distintas habilidades implementadas para llevar a cabo el programa terapéutico de estimulación cognitiva con el robot Mini.

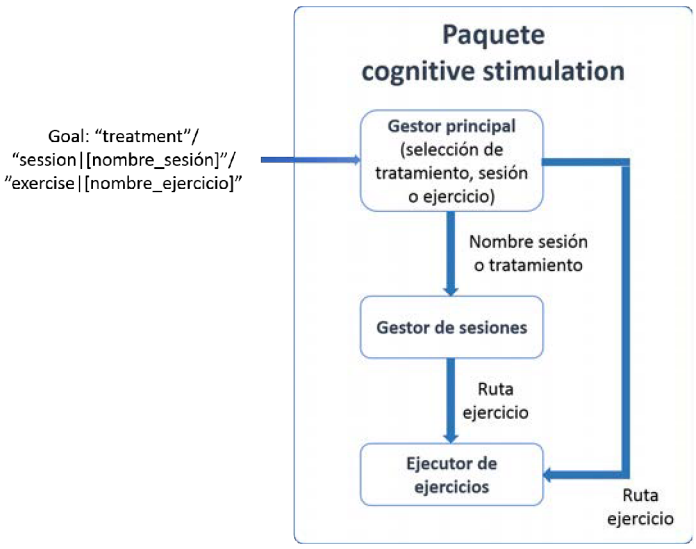

Figura 6.1: Esquema general de la comunicación entre las habilidades implementadas.

A continuación, se explican cada una de estas habilidades en detalle y cómo se han llevado a cabo según las consideraciones que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del programa de estimulación cognitiva presentadas en el capítulo anterior.

6.2 Gestor principal

El Gestor Principal constituye el pilar base a través del cual llegan todas las peticiones provenientes del Sistema de Toma de Decisiones (DMS) del robot en lo referente a la estimulación cognitiva, ya sea para realizar el tratamiento diario, una sesión o un ejercicio independiente, y según el caso, comunicar dicha orden al Gestor de Sesiones o al Ejecutor de Ejercicios.

A continuación se detallan las posibles peticiones que puede recibir el programa:

- En primer lugar, la habilidad puede haber sido activada con el deseo de ejecutar una de las sesiones que Mini tiene predefinidas. En ese caso, puede ser que dentro del comando de activación de la habilidad se haya definido la sesión concreta a realizar o no. En caso negativo, se le presenta al usuario un menú para que pueda elegir una sesión de entre las que Mini tiene predefinidas, siempre que el nivel de proactividad del usuario no tenga el valor mínimo, en cuyo caso la habilidad elige una sesión de forma aleatoria para evitarle al usuario tener que realizar dicha elección. De igual forma, el número de opciones que se muestran en el menú se ve afectado según este nivel de proactividad, reduciéndose proporcionalmente a medida que el nivel disminuye. Una vez definida la sesión, se le envía la petición al Gestor de Sesiones determinando la sesión a realizar. Por el contrario, si en caso de que el usuario tenga que elegir una sesión, éste tras un tiempo no selecciona una opción, la habilidad finaliza comunicándoselo al DMS (véase la Figura 6.2).

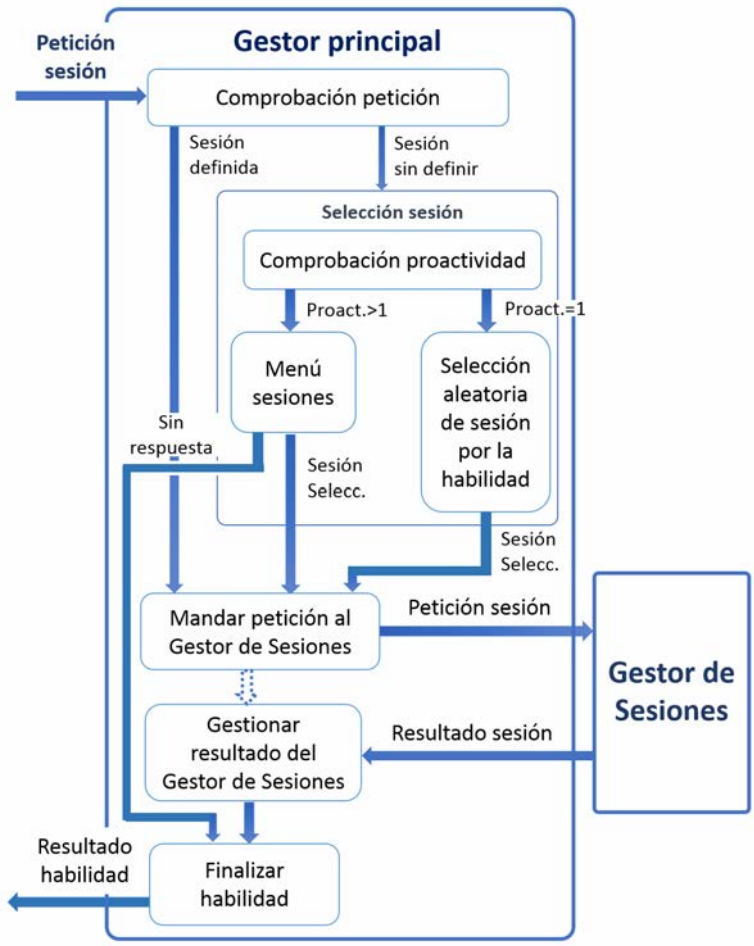

Figura 6.2: Esquema general de funcionamiento del Gestor Principal bajo petición de una sesión.

- Como segunda opción, se puede haber recibido la petición de ejecutar sólo un ejercicio dentro de la colección que posee el robot. Este ejercicio puede venir dado por la toma de decisiones del robot, o no haber sido definido, en cuyo caso se le da la opción al usuario para que elija uno, siempre que su nivel de proactividad no tenga el valor mínimo. En caso de que así sea, al igual que sucede con el caso de las sesiones, la habilidad escoge un ejercicio al azar para ser llevado a cabo. Si por el contrario, el nivel de proactividad del usuario supera el valor mínimo, el usuario debe elegir un ejercicio a través de los menús que se muestran. Primero, debe elegir una función cognitiva concreta, y una vez seleccionada una opción, se le muestra un menú con los ejercicios predefinidos orientados a ejercitar dicha función cognitiva. Finalmente, el usuario debe elegir el nivel de dificultad de ejercicio. Las opciones que se muestran tanto en el menú de funciones cognitivas como en el de ejercicios son proporcionales al nivel de proactividad del usuario, tal como sucede con el menú de sesiones. De esta forma, en el caso de que el nivel de proactividad del usuario tenga el valor máximo, se mostrarán todas las opciones definidas en el menú. Para construir los distintos menús, el robot cuenta con un fichero de tipo XML donde se incluye la lista de ejercicios disponibles, además de la función cognitiva que ejercita cada uno de ellos y sus correspondientes niveles (véase la Figura 6.3).

```
<exercise>
   <name>perception_emotions</name>
   <description>Emociones del robot</description>
   <cognitive_function>perception</cognitive_function>
   <levels>2</levels>
   <time>2</time>
</exercise>
<exercise>
   <name>perception_colors_heart</name>
   <description>Colores del corazón</description>
   <cognitive_function>perception</cognitive_function>
   <levels>3</levels>
   <time>2</time>
</exercise>
```

Figura 6.3: Ejemplo de la definición de los ejercicios *Emociones del robot* (Percepción 1) y *Colores del corazón* (Percepción 2) en el XML que contiene los datos generales de los ejercicios implementados en el robot.

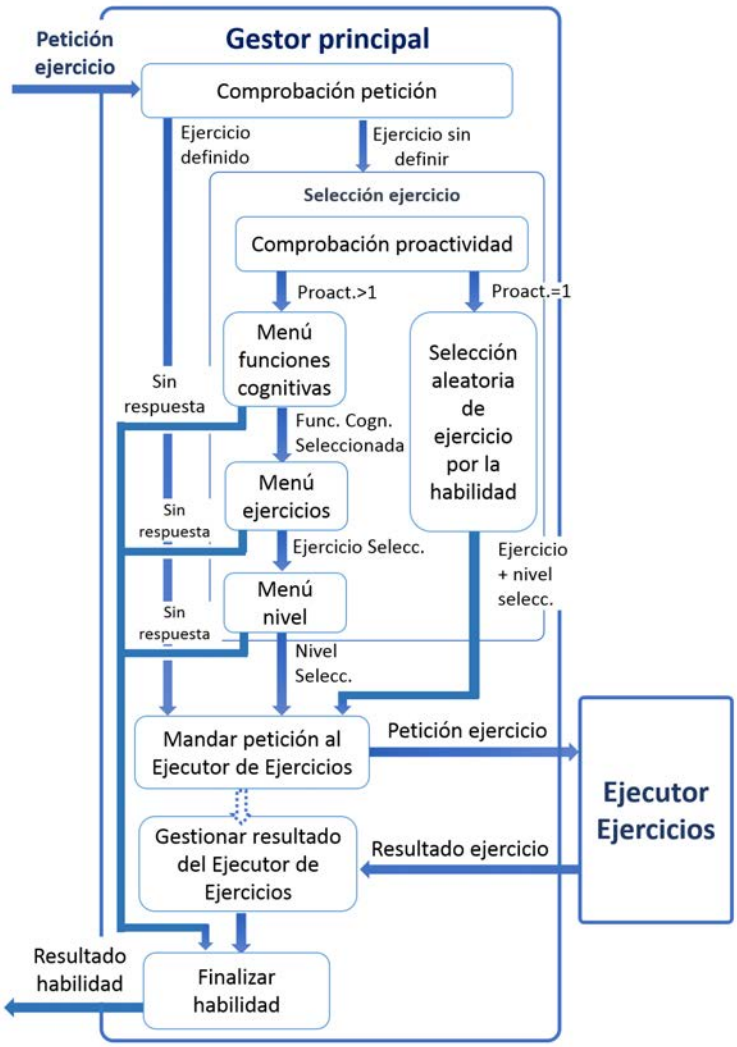

Figura 6.4: Esquema general de funcionamiento del Gestor Principal bajo petición de un ejercicio.

Una vez definido el ejercicio, se envía al Ejecutor de Ejercicios la petición para que lo lleve a cabo. Al igual que en el caso de las sesiones, si el usuario no selecciona una opción en los menús que se muestran tras un tiempo límite, la habilidad "supone" que el usuario no desea realizar un ejercicio, en cuyo caso se vuelve a desactivar la habilidad, comunicándoselo al DMS (Figura 6.4).

- Finalmente, se tiene la opción de realizar el tratamiento diario. Para ello, se debe tener en consideración si esa petición proviene del DMS del robot, o si ha sido una petición del usuario. En el caso de que provenga del usuario, el tratamiento se lanza siempre que éste no se haya completado, ya que el tratamiento diario está limitado por un tiempo o número de ejercicios. Si por el contrario ha sido iniciado bajo petición del robot, la habilidad debe tener en consideración si ha pasado un tiempo mínimo desde la última vez que el usuario realizó una sesión del tratamiento. Si el tiempo trascurrido es menor, el tratamiento no se lanza y se desactiva la habilidad. Es importante mencionar que el DMS del robot envía la petición de realizar el tratamiento de forma periódica siempre que este no haya sido completado, y es la propia habilidad la que decide si realmente lanzar el tratamiento o no, según el tiempo mínimo ya mencionado. A continuación, se explica el procedimiento para gestionar el tratamiento diario dentro de esta habilidad.

6.2.1 Gestión del tratamiento

Como ya se indicó en la definición de requisitos del anterior capítulo, un tratamiento semanal se debe componer de varias actuaciones definidas por el terapeuta para ser realizadas durante la semana. Cada actuación consiste en uno o varios ejercicios pertenecientes a la misma categoría (función cognitiva y/o nivel), y puede venir limitada por un número de ejercicios que la componen o el tiempo de ejecución de dicha actuación. Por cada una de ellas, el terapeuta debe definir su frecuencia semanal, es decir, cuántas veces por semana se debe realizar dicha actuación, además de su prioridad respecto al resto de actuaciones definidas.

En el caso de recibir la petición de tratamiento (Figura 6.5), la habilidad debe realizar varias comprobaciones. En primer lugar, como ya se ha mencionado, debe comprobar si la orden ha llegado por parte del robot o del usuario. Si ha sido por parte del robot, lo siguiente es comprobar cuánto tiempo ha pasado desde la última ejecución del tratamiento, es decir, el tiempo trascurrido desde que el usuario realizó la última sesión perteneciente a su tratamiento diario. Para ello, el tiempo trascurrido se compara con un tiempo mínimo entre sesiones que el terapeuta debe haber predefinido a la hora de diseñar el tratamiento semanal. Cabe recalcar que todos los datos que debe definir el terapeuta se introducen mediante una aplicación externa al robot, la cual se encarga de transferir la información al robot mediante una base de datos común a la cual Mini tiene acceso. A continuación, y sólo si el tiempo trascurrido es mayor, es importante que desde la habilidad, el robot se asegure que el usuario está listo para realizar el tratamiento, dado que en este caso, ha sido el robot quién ha tomado la iniciativa de forma automática para lanzar el tratamiento. Para ello, simplemente se le pregunta al usuario si está listo y se le muestra en la pantalla un menú con las opciones “SI”/“NO”. En caso afirmativo, se prosigue con la ejecución del tratamiento, mientras que

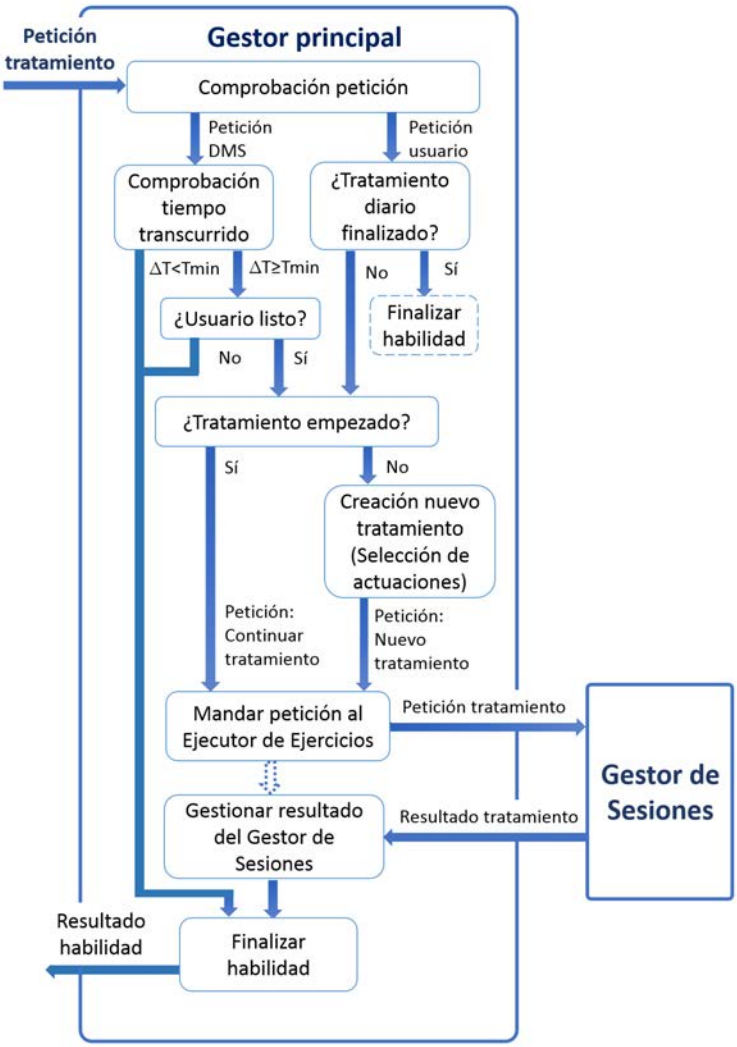

Figura 6.5: Esquema general de funcionamiento del Gestor Principal bajo petición de una tratamiento.

si selecciona la opción negativa o no contesta, la aplicación no prosigue y se finaliza, comunicándole el resultado al DMS. En el caso de que el tratamiento haya sido lanzado por petición del usuario, este se lleva a cabo siempre que no se haya completado el tratamiento correspondiente para dicho día.

Una vez realizada esta primera comprobación, lo siguiente que se debe hacer es comprobar si es la primera vez que se lanza el tratamiento ese día concreto o, por el contrario, ya existe un tratamiento iniciado. Si es la primera vez que se lanza, el siguiente paso a realizar antes de comenzar el tratamiento diario, es el diseño de éste, es decir, se debe definir qué actuaciones se van a realizar ese día. Para determinar esto se tiene en cuenta, por una parte, la frecuencia con la que se deben realizar cada una de ellas, los días que ya se han realizado a lo largo de la semana y su prioridad a la hora de elegirlas

frente a otras actuaciones. Por otra parte, también se tienen en cuenta el mínimo y máximo tiempo de tratamiento diario que debe realizar el usuario por cada día, o si se desea definir según el límite de ejercicios, el mínimo y máximo número de ejercicios a ejecutar. Estos límites deben ser previamente definidos por un terapeuta. Las actuaciones que determinan el tratamiento diario son añadidas a un fichero XML, para su posterior lectura en el Gestor de Sesiones (Figura 6.6).

```
<exercise>
  <id>1</id>
  <type>exercise</type>
  <macro>macro_time</macro>
  <limit_macro>10</limit_macro>
  <cogn_func>memory</cogn_func>
  <level>1</level>
  <priority>1</priority>
  <random>false</random>
  <num_questions>0</num_questions>
  <frequency>7</frequency>
</exercise>
```

Figura 6.6: Definición de una actuación en el fichero XML creado para el tratamiento semanal.

Finalmente, se envía la petición al Gestor de Sesiones para que empiece o continúe el tratamiento definido. Dado que el tratamiento diario se puede dividir en varias sesiones de un tiempo límite (parámetro especificado por el terapeuta) a lo largo del día, dentro de la petición que se envía, también se debe determinar este tiempo límite.

6.3 Gestor de Sesiones

El Gestor de Sesiones, como bien dice su nombre, es aquella habilidad encargada de gestionar y llevar a cabo la ejecución de las sesiones que se quieren realizar, así como la responsable de llevar a cabo el tratamiento diario marcado por el Gestor Principal. Para ello, esta habilidad se puede activar mediante tres tipos de petición: empezar el tratamiento diario, continuar el tratamiento o ejecutar una sesión predefinida (Figura 6.7).

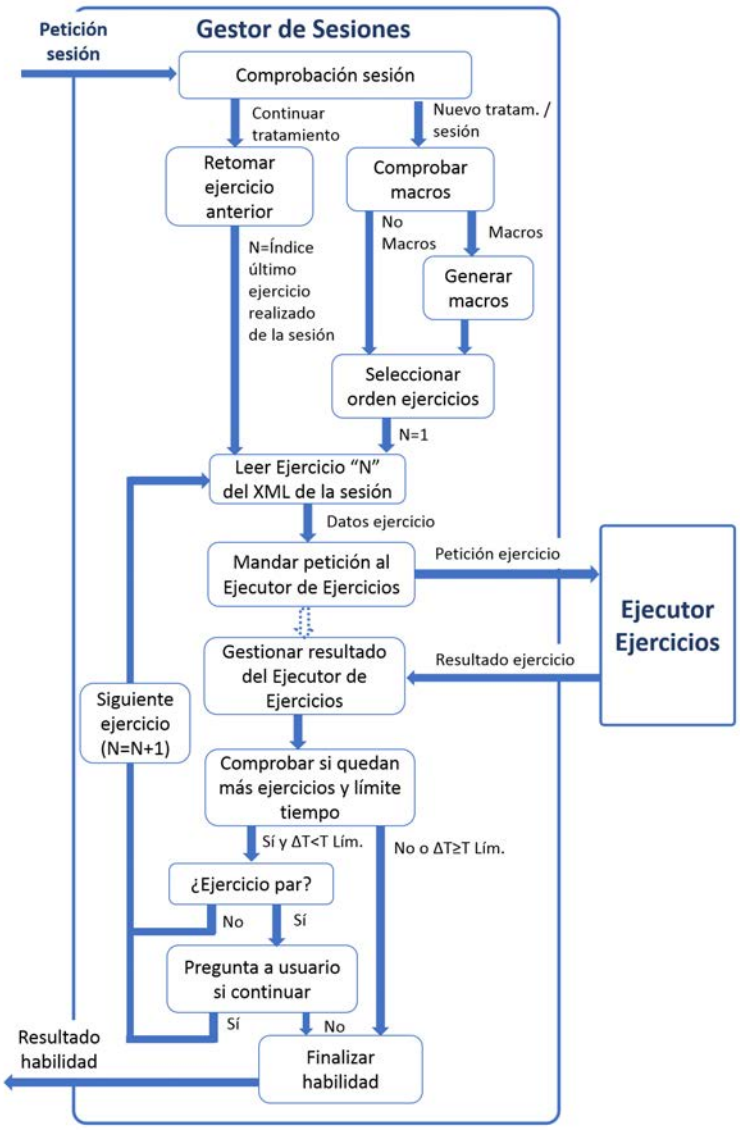

Figura 6.7: Esquema general de funcionamiento del Gestor de Sesiones.

Además de esto, la habilidad también debe tener en consideración si se ha definido un límite de tiempo para llevar a cabo la petición o, si por el contrario, debe ejecutarla hasta que esta se complete. Esto es de gran importancia en el caso de tener que ejecutar el tratamiento, pues como ya se ha mencionado, el planteamiento de este programa de estimulación cognitiva se basa en realizar el tratamiento a lo largo del día en diferentes "mini-sesiones" de una duración máxima determinada, hasta finalizar dicho tratamiento diario. Para ello, el terapeuta debe haber definido cuánto tiempo van a durar estas sesiones, ya que si no se define este límite, el tratamiento diario se realizará de forma seguida en una sola sesión.

Una vez recibida la petición, la habilidad debe acceder al fichero en el que se determinan los ejercicios que componen la sesión a realizar, para lo cual el nombre del fichero debe ser el mismo nombre que el de la propia sesión.

Dentro de estos ficheros, la definición de los distintos ejercicios a ejecutar puede venir dada mediante dos métodos. En primer lugar, se puede tener la definición de un ejercicio concreto, determinando el nombre del ejercicio específico, la función cognitiva, el nivel a realizar, además del método de ejecución del ejercicio (aleatorio o secuencial) y el número de preguntas si se quisiese determinar (en el caso de definir este parámetro como 0, se ejecutan todas las preguntas de las que dispone ese ejercicio). Como segundo método, se puede tener la definición de un bloque de ejercicios denominado *macro*, los cuales deben cumplir unas condiciones concretas de función cognitiva y nivel. Por cada *macro* definida, se debe determinar si ésta va a estar limitada por el número de ejercicios a ejecutar o por un tiempo de ejecución, y según sea este tipo, se debe determinar a su vez el límite correspondiente (número de ejercicios o tiempo en minutos). Además, al igual que en el caso de un ejercicio concreto, se debe definir el método de ejecución y el número de preguntas.

Dentro de una misma sesión, se pueden tener definidos tanto ejercicios concretos como *macros* a ejecutar. Para cada uno de ellos, tanto para cada ejercicio suelto como para cada *macro*, es importante definir su prioridad de ejecución, de forma que al llevar a cabo la sesión se realicen antes los de mayor prioridad.

En el caso de que la sesión a ejecutar contenga alguna *macro* en su definición, antes de iniciar dicha sesión, se procede a realizar los siguientes pasos. Por cada una de las *macros* definidas, se debe comprobar qué ejercicios de los que dispone el robot cumplen las condiciones definidas de función cognitiva y nivel, además de comprobar que no estén ya incluidos en esa sesión. De entre esos ejercicios, se eligen tantos como estén definidos en la *macro*. En el caso de que el límite venga dado por el tiempo de ejecución, el número de ejercicios se calcula según el tiempo estimado de realización de cada uno de ellos. Este dato se obtiene de un fichero XML donde se guardan la lista de ejercicios y el tiempo estimado de realización por cada uno de los niveles de los que dispone cada ejercicio. A medida que se definen los ejercicios concretos incluidos en la sesión, estos son añadidos en otro fichero XML en el mismo orden en el que se haya especificado en el fichero inicial. Por ejemplo, si inicialmente se tiene un fichero con los ejercicios "Ejercicio 1, *Macro* 1, Ejercicio 2, Ejercicio 3" (cada uno de ellos con sus correspondientes parámetros), al transformar las *macros*, se obtiene otro fichero separado con los ejercicios transformados "Ejercicio 1, Ejercicio 1 de *Macro* 1, Ejercicio 2 de *Macro* 1,etc., Ejercicio N de *Macro* 1, Ejercicio 2, Ejercicio 3".

En este nuevo fichero, se debe determinar por cada uno de los ejercicios su nombre, función cognitiva, nivel, modo de ejecución, número de preguntas y su prioridad. Los ejercicios elegidos a partir de una *macro* heredan los mismos valores definidos en la *macro* (función cognitiva, nivel, modo

ejecución, nº de preguntas y prioridad), además de añadir el nombre del ejercicio. Una vez realizado este proceso, la habilidad utiliza el nuevo fichero creado para leer los ejercicios que debe ir ejecutando (véase la Figura 6.8).

```
<exercise>
    <id>2</id>
    <name>macro_time</name>
    <limit_macro>5</limit_macro>
    <type>exercise</type>
    <cogn_func>memory</cogn_func>
    <level>1</level>
    <priority>2</priority>
    <random>false</random>
    <num_questions>0</num_questions>
</exercise>
```

```
<exercise>
    <id>2</id>
    <name>memory_monuments</name>
    <type>exercise</type>
    <cogn_func>memory</cogn_func>
    <level>1</level>
    <random>false</random>
    <num_questions>0</num_questions>
</exercise>
<exercise>
    <id>2</id>
    <name>memory_words</name>
    <type>exercise</type>
    <cogn_func>memory</cogn_func>
    <level>1</level>
    <priority>2</priority>
    <random>false</random>
    <num_questions>0</num_questions>
</exercise>
```

Figura 6.8: Transformación de la *macro* en el nuevo XML creado.

Además de los parámetros mencionados, dentro los ficheros de cada sesión se define el método de ejecución de la sesión en sí (parámetro independiente del método de ejecución del ejercicio), el cual puede ser de manera aleatoria o de forma secuencial según se requiera. En el caso de tener que ejecutar los ejercicios de forma aleatoria, primero se deben llevar a cabo aquellos con un valor de prioridad más alto. Si la sesión contiene *macros*, el orden de los ejercicios se elige después de la transformación de dichas *macros*.

Una vez obtenido el orden de ejecución de los ejercicios, la habilidad se encarga de irlos gestionando, y por cada uno de ellos debe mandar una petición al Ejecutor de Ejercicios para que éste los lleve a cabo. Cuando el ejecutor le comunica que ha terminado correctamente el ejercicio, el Gestor de Sesiones le envía una nueva petición con el siguiente ejercicio de la sesión.

Para comprobar si el usuario quiere realizar la sesión entera o no, cada dos ejercicios se le pregunta si quiere seguir con la actividad, mostrando a través de la tableta dos botones con las opciones

"SI"/"NO". En caso de que el usuario conteste que "NO" o no conteste, la sesión se interrumpe. Si, por el contrario, el usuario quiere seguir con la sesión, el robot muestra una imagen de alegría al mismo tiempo que también lo expresa por voz con una frase del estilo "¡Qué bien!", y prosigue con la sesión.

Una vez se finaliza la sesión, ya sea porque no quedan ejercicios, porque se ha alcanzado el tiempo límite definido o por voluntad del propio usuario, se envía el resultado al Gestor Principal y se desactiva la habilidad. Sólo se considera que se ha llevado a cabo correctamente la petición inicial de la habilidad, si se realizan todos los ejercicios de la sesión o si se alcanza el tiempo máximo definido para llevarla a cabo.

Es importante que la habilidad sea capaz de dar realimentación al usuario a medida que vaya avanzando la sesión entre ejercicio y ejercicio. Para ello, tras haber finalizado un ejercicio y antes de proseguir la sesión, el robot anima al usuario a realizar el siguiente ejercicio propuesto basando sus frases en el resultado obtenido del último ejercicio realizado (valor que recibe de la habilidad encargada de llevar a cabo los ejercicios). Para ello, se han definido como rangos los valores superiores al 75% de aciertos y los inferiores al 75%. De esta forma, se tiene la misma consideración para porcentajes malos como para medios, animando al usuario siempre desde una actitud positiva para evitar que el usuario se pueda sentir agobiado o defraudado. Todas estas frases se componen de una parte común ("Vamos con el siguiente ejercicio", "Pasemos al siguiente ejercicio", "Sigamos con otro ejercicio") a la que se añade la frase dependiente del porcentaje de aciertos. En el caso de ser mayor o igual al 75%, el robot dice una frase como, por ejemplo, "Seguro que en este mantienes la buena racha", "Este seguro que se te da tan bien como el anterior", "Esto ya lo tienes dominado"; en el caso de haber obtenido un rango de aciertos inferior al 75%, las frases que dice Mini son, por ejemplo, "Seguro que se te da mejor este", "Ya verás cómo éste lo bordas", "Venga, que tú puedes".

6.3.1 Gestión del tratamiento

En el caso del tratamiento, el fichero que debe leer la habilidad es similar al de una sesión genérica. Las actuaciones que componen el tratamiento diario deben ser definidas siguiendo las mismas pautas que las *macros*. De esta forma, los pasos a seguir para llevar a cabo el tratamiento son los mismos que con una sesión que contenga *macros*. La transformación de dichas *macros* sólo es necesario realizarla al comenzar un nuevo tratamiento diario, y no en las consecuentes sesiones del tratamiento a lo largo del día.

De cara a alternar los ejercicios de las distintas actuaciones, el método de ejecución de la sesión se define siempre como aleatorio. De igual forma, el método de ejecución de cada una de estas actuaciones, y por tanto de los ejercicios que las componen, también se define como aleatorio. Para

ello, el Gestor Principal debe introducir estas especificaciones al crear el fichero de tratamiento diario con las actuaciones seleccionadas.

Dado que el tratamiento se puede llevar a cabo en múltiples sesiones, el fichero creado tras la transformación de las *macros* no se debe modificar hasta que no se inicie un nuevo tratamiento. De igual forma, el orden de los ejercicios obtenido en la primera ejecución se debe guardar, al igual que el indicador del último ejercicio realizado, de forma que si se vuelve a lanzar el tratamiento, éste pueda ser retomado desde el último ejercicio realizado.

6.4 Ejecutor de Ejercicios

Esta habilidad es la encargada de gestionar y llevar a cabo un ejercicio de estimulación cognitiva. Para ello, la habilidad debe ser activada mediante una petición en la que se debe especificar qué ejercicio realizar, definiendo para ello la ruta del fichero del propio ejercicio. Dentro de este fichero se define el tipo de procedimiento a seguir durante la ejecución del ejercicio, además del propio contenido de éste. Por otra parte, la habilidad también debe recibir el método que se va a seguir para realizar el ejercicio (preguntas ordenadas según el fichero u orden aleatorio), y el número de preguntas a realizar, siempre que éste no supere el número de preguntas definidas en el fichero del ejercicio.

En el programa de estimulación se ha tenido en consideración la posibilidad de tener dos tipos de ejercicios:

- En primer lugar, se define el tipo *question*, caracterizado por ir planteando distintas preguntas al usuario para que éste las responda. La mayor parte de los ejercicios de los que dispone Mini en su repertorio en estos momentos, pertenecen a este tipo, ya que son en los que realmente se consigue una interacción entre el robot y el usuario.
- Por otra parte, se ha definido el tipo denominado como *show-info*, en el cual el robot muestra una sucesión de bloques de información, ya sea mediante voz, contenido multimedia, etc., sin esperar una respuesta concreta del usuario. Esto puede ser útil en aquellos ejercicios que consisten por ejemplo, en enseñar una sucesión de fotografías para que el usuario pueda hacer memoria, sin esperar que éste dé una respuesta concreta al robot.

Por tanto, el primer paso que debe llevar a cabo la habilidad tras recibir la petición de realizar un ejercicio es comprobar de qué tipo es éste, y así proceder al método correspondiente de ejecución.En la Figura 6.9 se representa el esquema general de funcionamiento de la habilidad Ejecutor de Ejercicios.

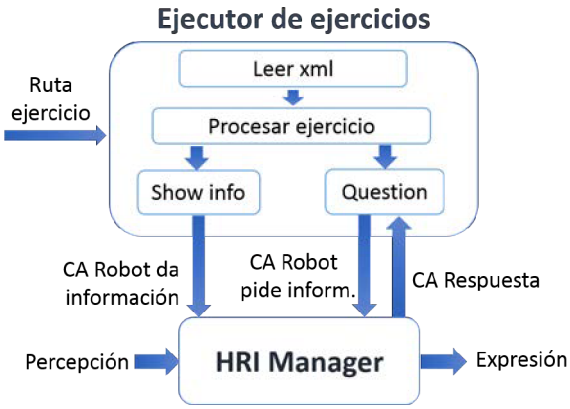

Figura 6.9: Esquema general de funcionamiento del Ejecutor de Ejercicios.

6.4.1 Ejercicio tipo *show_info*

En este caso, el ejercicio se compone de una secuencia de bloques de información que se muestran al usuario. El límite de bloques y su orden es el determinado según la petición recibida al activar la habilidad. Cada bloque puede contener contenido de voz, multimedia y/o un gesto, que se reproduce al usuario tras enviar un CA de mostrar información al HRI con los parámetros correspondientes. Tras un tiempo de espera definido en el bloque, se pasa al siguiente hasta finalizar el ejercicio. Finalmente, la habilidad antes de desactivarse manda el resultado de la ejecución a través del mensaje correspondiente, y con un porcentaje de aciertos con valor del 100%.

6.4.2 Ejercicio tipo *question*

En el caso de tener un ejercicio de tipo *question* (véase la Figura 6.10), el primer paso que se lleva a cabo es leer la información del fichero del ejercicio referente a las instrucciones y mostrar al usuario las indicaciones correspondientes para que éste sepa realizar el ejercicio.

A continuación, se van leyendo cada una de las preguntas detalladas en el fichero de forma aleatoria o secuencial (según la petición recibida) y, por cada una de ellas, se realiza el siguiente proceso:

1. Primero, se analiza si el método de pregunta-respuesta es múltiple o no. Se considera un método múltiple a aquel que viene definido por una secuencia de diferentes alternativas para llevar a cabo la pregunta. Entre estas alternativas puede haberse modificado la información que se muestra durante la pregunta o variado el método de respuesta.

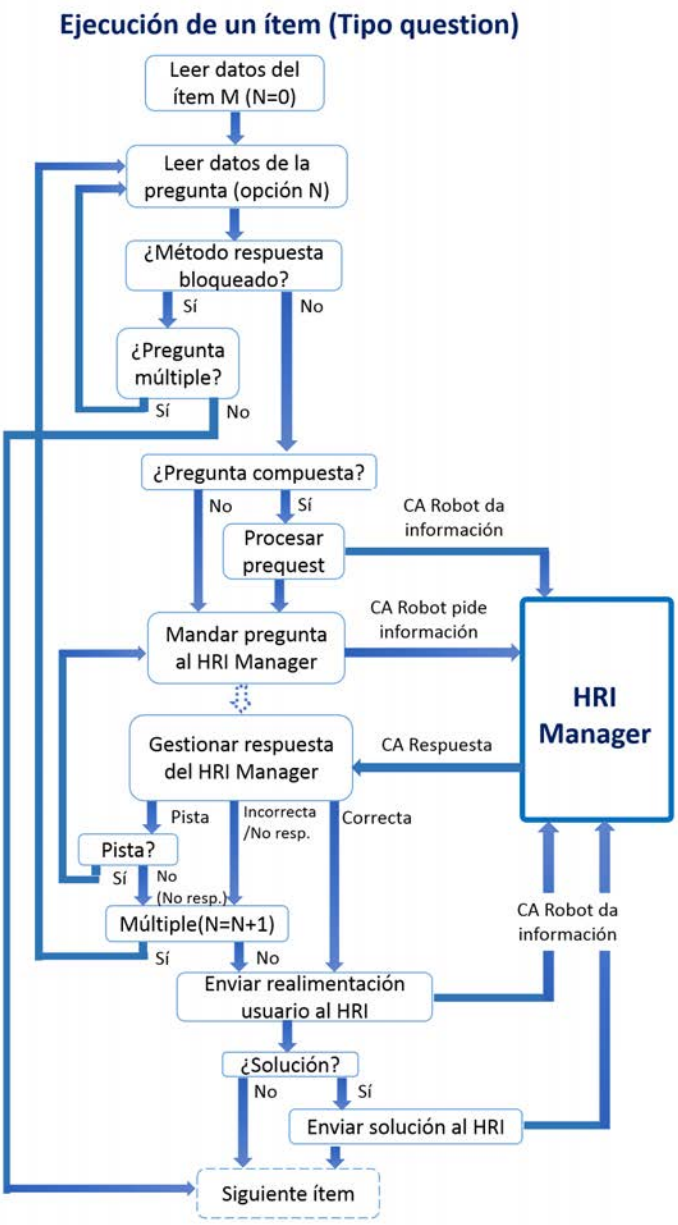

Figura 6.10: Esquema general de la gestión de un *ítem* de tipo *question* en el Ejecutor de Ejercicios.

Por ejemplo, para una misma pregunta se puede tener el siguiente esquema:

- Pregunta 1 Opción 1: Frase X, Imagen 1, Método de respuesta A
- Pregunta 1 Opción 2: Frase X, Imagen 2, Método de respuesta A
- Pregunta 1 Opción 3: Frase Y, Imagen 1, Método de respuesta B

A la hora de ejecutar las distintas opciones, se empieza siempre por la primera opción. En el caso de que el usuario no sea capaz de responder correctamente, se repite la pregunta, pero

basada en la opción 2, y así sucesivamente hasta que el usuario responda correctamente o se acabe el número de opciones. Por este motivo, las opciones definidas son ordenadas de mayor a menor complejidad, de forma que al usuario se le vaya dando más facilidades para contestar en el caso de que no sepa la respuesta.

En la gran parte de los casos de preguntas-respuestas múltiples, las distintas opciones implican un cambio en el método de respuesta. Esto puede aplicarse a los siguientes casos:

- Aquellos en los que el usuario tiene que contestar por medio de un método y el dispositivo implicado para la respuesta falla o da problemas, por lo que dicho método es bloqueado durante el resto del ejercicio y se utiliza como alternativa el siguiente método. Esto sucede sobre todo en los casos en los que el usuario tiene que contestar por voz y hay ruido ambiente, o el usuario tiene alguna afonía o no vocaliza bien. Para ello, se da como segunda opción (las dos opciones no se activan al mismo tiempo) que el usuario pueda contestar mediante otro método, como por ejemplo a través de botones que se muestran por la pantalla de la tableta.
- Aquellos casos en los que el usuario no es capaz de contestar mediante el primer método porque no sabe la respuesta, entonces se utiliza el segundo método como alternativa más sencilla tras volverle a realizar la pregunta. En ese caso, el primer método no se queda bloqueado durante el resto del ejercicio, sino que se vuelve a utilizar en la siguiente pregunta.

2. En caso de tener sólo una opción, directamente se pasa a ejecutar la pregunta definida. Si por el contrario hay varias opciones para el método de respuesta, se empieza por la primera que está definida en el fichero, como ya se ha mencionado, a no ser que alguno de los métodos haya sido bloqueado por la propia habilidad o por una orden externa, debido a limitaciones del usuario o por algún error en alguno de los dispositivos involucrados.

3. Una vez se tiene elegido el método de respuesta correspondiente, se pasa a ejecutar la pregunta. Para ello se han tenido en consideración dos tipos de preguntas: complejas y simples. Las preguntas complejas son aquellas que para realizar la propia pregunta, antes hay que realizar una secuencia de acciones en las que se implica mostrar una información concreta al usuario. Por ejemplo, este sería el caso de tener una pregunta en la que primero se debe mostrar una secuencia de imágenes para que el usuario atienda a algún aspecto de ellas, y al finalizar dicha secuencia, el robot le realiza la pregunta correspondiente al usuario. Por otra parte, las preguntas simples son aquellas en las que la pregunta en sí viene definida en una única acción. Cada una de estas acciones a realizar puede implicar que el robot diga algo por voz,

que realice un gesto concreto y/o que muestre un contenido por la pantalla, pudiendo una acción contener uno o varios tipos de expresión.

4. Para realizar la pregunta correspondiente, la habilidad envía al módulo de HRI los parámetros correspondientes mediante un CA (acto comunicativo), de forma que sea éste el encargado de ejecutarla y gestionar el valor de respuesta del usuario (Figura 6.11). Para ello, además de la pregunta en sí, el gesto a realizar y el contenido multimedia a mostrar (en caso de haber sido definidos), se deben especificar otros parámetros como el tiempo límite de respuesta, el número de intentos que tiene el usuario para responder y la respuesta correcta. Todos estos valores se obtienen a través del fichero del ejercicio.

5. Una vez enviada la pregunta, la habilidad espera hasta recibir la respuesta correspondiente del módulo de HRI, el cual comunica a la habilidad si el usuario ha contestado correctamente a la pregunta, si ha fallado, si no ha contestado, si se ha pedido una pista o si se ha tenido algún problema técnico en el método de respuesta. Además de ello, la habilidad también recibe el número de intentos que ha necesitado y el tiempo de respuesta por cada uno de ellos. Estos datos se deben tener en cuenta de cara al seguimiento de resultados del usuario. El HRI, en este caso, también es el encargado de comunicar al usuario si ha acertado ("Muy bien. Has acertado", "Genial", etc.) o ha fallado la pregunta ("No, esa no es la respuesta correcta", "No es correcto", etc).

6. A continuación, se guardan los datos recibidos y se pasa a analizar la respuesta del usuario. En el caso de haber recibido una petición de pista, pueden darse tres casos:

    a) Si es la primera vez que el usuario pide pista y para esa pregunta existe una pista definida, se le comunica la pista al usuario y se le repite la pregunta de nuevo, pero dándole un número de intentos iguales a los que le quedaban antes de solicitarla.

    b) Si es la primera vez que el usuario pide pista y para esa pregunta no hay una pista definida, se le comunica al usuario que no se le puede dar la pista y se le repite la pregunta de nuevo, pero dándole un número de intentos iguales a los que le quedaban antes de solicitarla.

    c) Si es la segunda vez que el usuario pide pista, se da la pregunta por no contestada y no se vuelve a preguntar de nuevo.

7. Si el método de pregunta-respuesta es múltiple y la respuesta del usuario no ha sido correcta, se carga la siguiente opción de esa pregunta, y se repiten los pasos desde el punto 3 según los parámetros definidos en esa opción, a no ser que implique un método de respuesta que haya sido bloqueado. En el caso de que esa pregunta no tenga disponibles más opciones o la

pregunta en sí no sea múltiple, se le muestra al usuario la solución (mediante voz, imagen y/o gesto) en caso de que esa pregunta tenga una solución especificada dentro del ejercicio, y a continuación, se da por finalizada la pregunta.

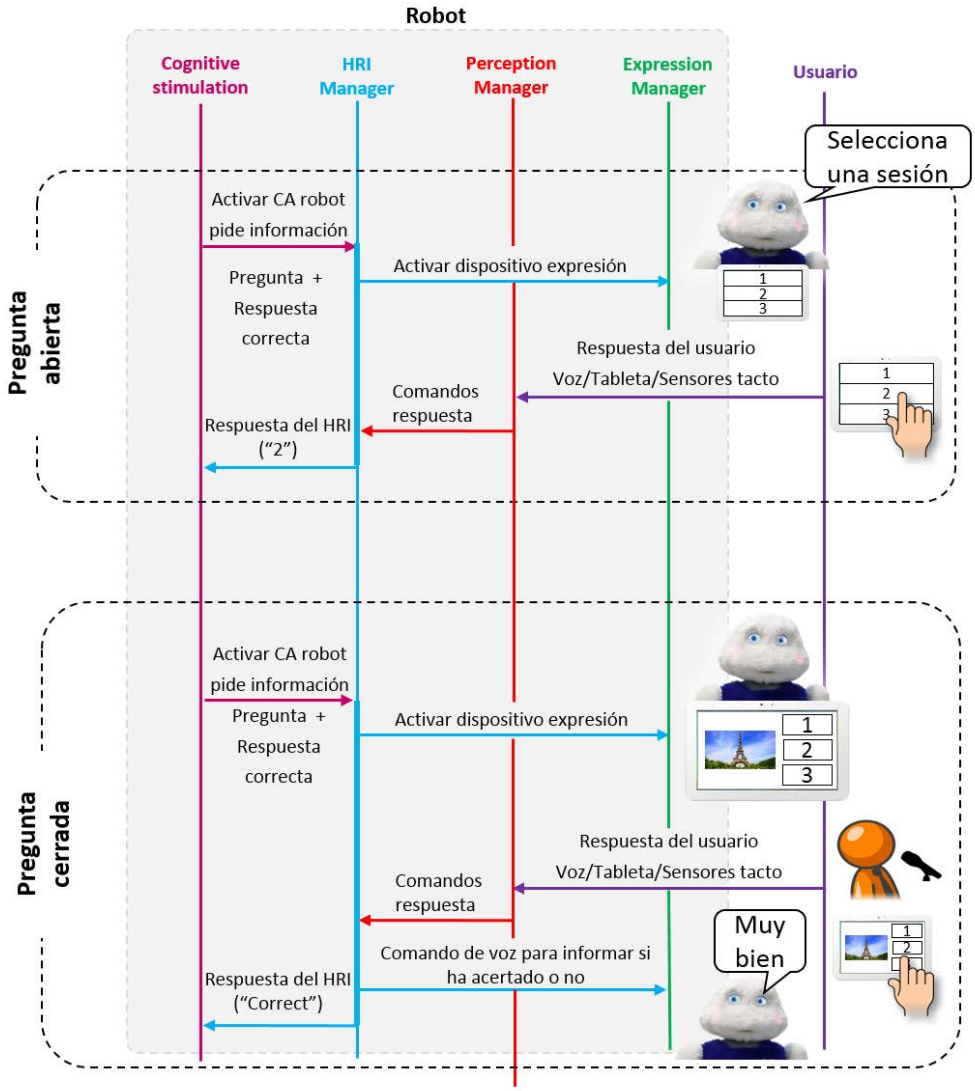

Figura 6.11: Intercambio de mensajes entre los distintos módulos software del robot durante la realización de una pregunta abierta (por ejemplo: para elegir una sesión) y una pregunta cerrada (por ejemplo: durante la realización de los ejercicios de tipo *question*).

8. Posteriormente, la habilidad comprueba si el ejercicio ha finalizado o no. En el caso de que queden más preguntas por realizar, antes de pasar a la siguiente, es importante que el robot además de comunicar al usuario si ha acertado o fallado la respuesta, sea capaz de darle una realimentación según vayan siendo sus respuestas a lo largo del ejercicio, felicitándole si responde correctamente o animándole si falla las respuestas. De esta segunda realimentación

se encarga la propia habilidad del ejercicio. Por una parte, si el usuario responde dos preguntas seguidas correctamente, la habilidad de forma aleatoria (33%) decide si felicitar al usuario ("Lo estás haciendo genial", "Estás en racha", "Venga, que vas genial") o no decir nada. En el caso de que haya fallado la pregunta, la habilidad anima siempre al usuario y según si lleva solo una pregunta seguida fallada o más, adapta las frases que le dice. De esta forma, si lleva solo una respuesta incorrecta el robot debe intentar que no se desanime quitándole importancia por ese fallo puntual con frases del tipo "Nada, no te preocupes por esta. A ver qué tal la siguiente" o "Esto ha sido un fallo puntual, prueba con la siguiente."; mientras que si lleva dos o más fallos seguidos, el robot debe intentar más encarecidamente restarle importancia y, ante todo, que el usuario no se ponga nervioso, diciéndole frases del tipo "Venga, ánimo, que esto es difícil hasta para mí" o "No te pongas nervioso, que lo estás haciendo muy bien".

Si por el contrario el ejercicio ha finalizado, la propia habilidad comunica al usuario que el ejercicio ha acabado ("Este ejercicio ya ha terminado", "Esta era la última pregunta del ejercicio") y según el porcentaje de aciertos, le felicita o le anima por el trabajo realizado. A continuación se presentan las distintas frases que el robot dice al usuario según su porcentaje de aciertos total del ejercicio realizado:

- >75% Aciertos:
  - "Ya veo que se te ha dado genial. Enhorabuena."
  - "Qué bien lo has hecho. Has acertado un montón."
  - "Ala, que de preguntas correctas. Buen trabajo."
  - "Se te ha dado muy bien. Habrá que ponértelo más difícil la próxima vez."
  - "Qué bien que lo has hecho. Ahora tienes que mantener la racha."
- 50-75% Aciertos:
  - "Bueno, aunque has tenido algún fallo, se te ha dado bastante bien."
  - "Aunque te ha costado un poco, no está nada mal. Buen trabajo."
  - "Independientemente de algunos fallos, lo has hecho bastante bien."
  - "Pues no se te ha dado mal en general, a pesar de algún fallito."
  - "Oye, pues al fin al cabo, se te ha dado bastante bien."
- <50% Aciertos:
  - "Bueno, veo que te ha costado un poco. No te preocupes"
  - "Este ha sido un poco complicado, pero ánimo, que a la siguiente lo harás mucho mejor."
  - "No te preocupes por los fallos, que el ejercicio era difícil."

9. Una vez se hayan realizado todas las preguntas de las que se compone el ejercicio, se añaden los distintos resultados obtenidos a un fichero, así como el tiempo que ha tardado el usuario en realizar dicho ejercicio. Además, la habilidad accede al fichero en el que se definen los tiempos medios de cada ejercicio y nivel, y estima el nuevo tiempo correspondiente a ese ejercicio y nivel según el tiempo total obtenido.

10. Finalmente, la habilidad comunica el resultado de la ejecución y el porcentaje de aciertos a través del mensaje *result*, tras lo cual se desactiva.

6.5 Mensajes de las habilidades

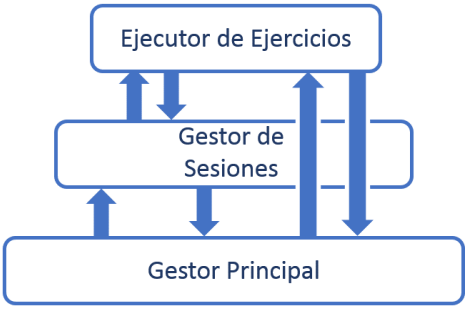

Figura 6.12: Pirámide esquemática de la comunicación de mensajes entre habilidades.

La comunicación que se realiza entre las tres habilidades (Gestor Principal, Gestor de Sesiones y Ejecutor de Ejercicios) está basada en los mensajes propios de Action de ROS, es decir, un *goal*, *feedback* y *result*. Además, las tres habilidades deben ser capaces de recibir las peticiones de pausa, reanudación y cancelación mediante otros mensajes auxiliares. Es importante considerar la habilidad completa de estimulación cognitiva como una pirámide, donde el Gestor Principal se sitúa en la base, el Gestor de Sesiones en medio, y en la parte superior el Ejecutor de Ejercicios (véase la Figura 6.12). Cualquier petición que provenga del DMS (único método para activar la habilidad de estimulación cognitiva), debe pasar primero por el Gestor Principal, e ir comunicándose de forma ascendente a través de los distintos niveles hasta llegar a la habilidad a ejecutar en el caso del mensaje *goal*, o que se esté ejecutando en ese momento, en el caso de haber recibido una petición de pausa, reanudación o cancelación. De forma contraria, los mensajes de *feedback* se deben comunicar a través de los niveles en sentido descendente. En el caso de haber lanzado un ejercicio independiente, el nivel del Gestor de Sesiones se suprime, y sólo se tiene en consideración el Gestor Principal y el Ejecutor de Ejercicios.

6.5.1 Activación de las habilidades (*Goal*)

6.5.1.1 Gestor principal

Dado que el Gestor Principal es la única habilidad que se comunica con el DMS, es necesario que sus mensajes contengan los mismos parámetros definidos para el resto de habilidades de Mini, aunque esto implique que haya parámetros en el mensaje que no necesite. Esto es lo que sucede en el caso del mensaje *goal*, donde la habilidad solamente tiene en cuenta dos de los parámetros del conjunto que recibe. En primer lugar, se tiene el parámetro *command*, a través del cual se determina si al activar la habilidad ésta tiene que ejecutar el tratamiento por petición del DMS o del usuario, o un ejercicio o sesión concretos o a especificar por el usuario. Además de esto, la habilidad también tiene en cuenta el parámetro recibido que determina el nivel de proactividad del usuario, con valores del 1 al 5, de forma que la habilidad ajusta los menús que se le muestran al usuario según sea este nivel.

De cara a poder activar el Gestor de Sesiones, el *goal* de esta habilidad cuenta con dos parámetros: la sesión a ejecutar y el límite de tiempo. En el primer parámetro se determina si el programa debe ejecutar una sesión predefinida, especificando el nombre de la sesión (ej: *session_1*), si debe iniciar un nuevo tratamiento diario (*new_treatment*) o si debe continuar con el anterior tratamiento cargado (*treatment*). Por otra parte, el límite de tiempo es utilizado para definir el tiempo límite de ejecución de dicha sesión. Esta habilidad solamente puede ser activada por el Gestor Principal.

En el caso de tener que activar un ejercicio, es necesario determinar los parámetros referentes a la ruta del fichero del ejercicio, el método de ejecución (aleatorio o secuencial) y el número máximo de preguntas a realizar. Dado que un ejercicio puede activarse como parte de una sesión o un ejercicio independiente, esta habilidad puede ser activada a partir del Gestor Principal o mediante el Gestor de Sesiones.

6.5.2 Realimentación de las habilidades (*Feedback*)

El formato del mensaje que las habilidades utilizan para dar el *feedback* se mantiene constante en las tres habilidades desarrolladas para el programa de estimulación, el cual está basado en el formato determinado para el resto de las habilidades de Mini, y que contiene tres parámetros. En primer lugar, se define el estado de la habilidad, a través del cual se informa del correcto o fallido cambio de estado (Figura 6.13). Por ejemplo, si la habilidad recibe una petición para pausarse, ésta debe informar mediante el mensaje de *feedback* si se ha pausado correctamente (*pause_ok*), o si ha habido algún fallo o evento que lo ha impedido (*pause_fail*). De la misma forma, a través de este parámetro se indica si el *goal* recibido es correcto y, por tanto, la habilidad se puede iniciar correctamente (*start_ok*), o si la habilidad ha podido completarse correctamente (*completed_ok*) o se ha visto interrumpida (*completed_fail*). El segundo parámetro es utilizado para indicar si el usuario está interaccionando

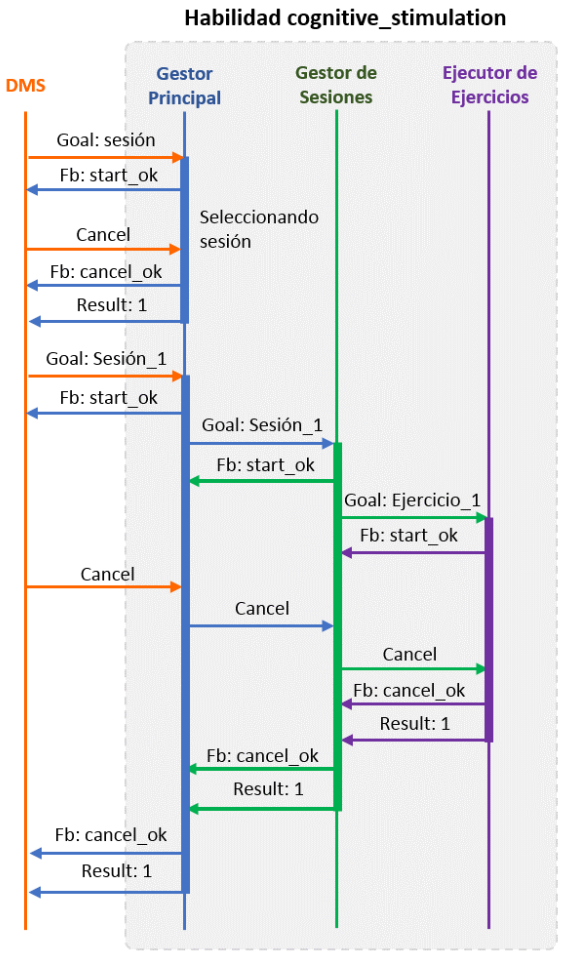

Figura 6.13: Gestión de interrupción de la habilidad de estimulación cognitiva. Primero tras interrumpir la habilidad durante la elección de una sesión, y después al interrumpir la habilidad durante la ejecución de una sesión.

o no con el robot durante la ejecución del *goal* de esa habilidad, y finalmente, el tercer parámetro definido sirve para indicar el porcentaje completado de la tarea requerida. Cada vez que se realice un cambio en cualquiera de estos tres parámetros, el mensaje de *feedback* es enviado desde la habilidad.

En el caso del Ejecutor de Ejercicios, el porcentaje realizado se calcula tras haber completado una pregunta, mientras que en el caso del Gestor de Sesiones se calcula tras la finalización correcta de un ejercicio (es decir, tras recibir el resultado de la habilidad responsable de ejecutar cada ejercicio). En el caso del Gestor Principal, este parámetro solo se actualiza en el caso de recibir un cambio del Gestor de sesiones y estar realizando el tratamiento, no en el caso de haber lanzado una sesión o ejercicio concreto.

6.5.3 Resultado de las habilidades (*Result*)

Para las habilidades diseñadas, se ha considerado que el objetivo de cada una de ellas se ha alcanzado correctamente en los siguientes casos (Figura 6.14):

- Ejecutor de Ejercicios: Si el ejercicio se ha finalizado según el número de preguntas que se habían definido sin interrupciones.
- Gestor de Sesiones: Si la sesión ha finalizado o se ha alcanzado el tiempo máximo marcado.
- Gestor Principal: En el caso de recibir del Gestor de Sesiones que la sesión o tratamiento se ha realizado correctamente o, en el caso de haber lanzado un ejercicio independiente, que el Ejecutor de Ejercicios informe de que éste se ha completado correctamente sin interrupciones.

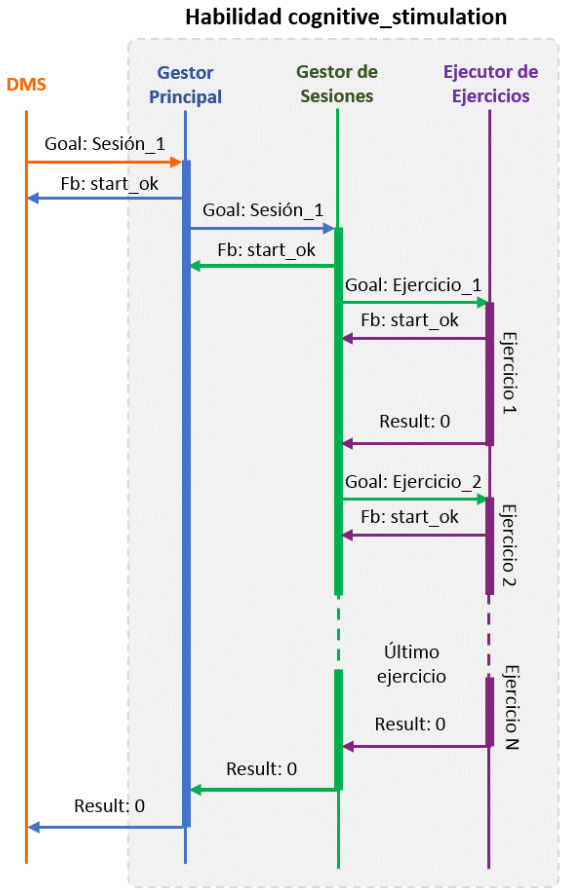

Figura 6.14: Intercambio de mensajes enviados durante la correcta ejecución de una sesión.

Este resultado es reflejado en el valor que se envía a través del mensaje de *result* ("0") de cada una de las habilidades. Por el contrario, si la habilidad se interrumpe antes de alcanzar el objetivo definido, el resultado que se envía ("1") refleja un *goal* fallido. Según cada habilidad, el tipo de interrupciones que se ha considerado puede ser diferente.

En el caso del Ejecutor de Ejercicios, la única interrupción que se puede dar es que la habilidad reciba una petición externa para parar la actividad. Este resultado es recibido por el Gestor de Sesiones solamente en el caso de que dicho ejercicio forme parte de una sesión o tratamiento que se ha activado, tras lo cual también se interrumpe la habilidad y se envía el resultado de *goal* fallido al Gestor Principal, interrumpiéndose también. Si por el contrario, el ejercicio ha sido lanzado de forma independiente desde el Gestor Principal, el resultado es recibido sólo por este gestor, tras lo cual también se interrumpe.

Por su parte, el Gestor de Sesiones también puede verse interrumpido en el caso de que el usuario, después de que Mini le pregunte si seguir la sesión tras cada dos ejercicios, diga al robot que no quiere continuar o que la habilidad justo en el momento de esta pregunta reciba una petición para pararse desde el Gestor Principal. Si esto sucede, se informa al Gestor Principal de esta interrupción, tras lo cual también es interrumpido, al igual que sucede con un ejercicio cancelado.

Además de los ya mencionados (sesión/tratamiento o ejercicio interrumpido), el Gestor Principal puede verse interrumpido si se da alguno de los siguientes casos:

- Si se recibe como petición del robot el empezar/seguir con el tratamiento y que todavía no haya pasado el tiempo mínimo desde la última sesión de tratamiento.
- Si se recibe la petición de tratamiento por iniciativa del robot y, al preguntar al usuario si está listo, este conteste que "NO" o no responda.
- Si al mostrar el menú para que el usuario elija un ejercicio o sesión concreta, éste no selecciona ninguna opción o selecciona la opción de salir.

En el caso del Ejecutor de Ejercicios, la habilidad además de enviar el resultado de la tarea envía otro parámetro, en el cual se informa del porcentaje de aciertos en el ejercicio realizado. Esto es lo que utiliza el Gestor de Sesiones (en el caso de haberse lanzado una sesión o tratamiento) para dar realimentación al usuario, animándole para realizar el siguiente ejercicio (por ejemplo: "Vamos a pasar al siguiente ejercicio. A ver si mantienes la buena racha" o "Pasemos al siguiente ejercicio. Ya verás cómo se te da mejor que el anterior").

6.6 Datos registrados

Para permitir realizar un seguimiento del usuario, es importante que cada una de las habilidades implementadas sea capaz de ir registrando los resultados obtenidos por éste a medida que realice los distintos ejercicios, sesiones y tratamiento. Para ello, cada una de las habilidades se debe encargar de guardar unos datos concretos.

De cara a disponer de datos detallados de los ejercicios, la habilidad que se encarga de ejecutar los ejercicios crea un fichero donde se guardan los resultados tanto de cada pregunta como generales del propio ejercicio. Por cada una de las preguntas, se registra si el usuario ha acertado, fallado o no ha respondido, el método de respuesta utilizado, el tiempo total de respuesta, las respuestas y tiempos parciales, y el número de intentos utilizados. Además, para poder disponer de resultados generales, se deben recopilar los siguientes datos por ejercicio:

- Fecha y hora de realización.
- Duración del ejercicio.
- Número de respuestas correctas, fallidas y no respondidas.
- Ratio de respuestas correctas, fallidas y no respondidas.
- Media de los tiempos de las respuestas parciales (no del tiempo total de respuesta).
- Porcentaje del tiempo medio de las respuestas parciales respecto al tiempo límite definido por intento.
- Media de los tiempos de las respuestas parciales correctas.
- Porcentaje del tiempo medio de las respuestas parciales correctas respecto al tiempo límite definido por intento.
- Media de los tiempos totales de las respuestas correctas (sumando el tiempo de todos sus intentos parciales).
- Porcentaje del tiempo medio total de las respuestas correctas respecto al tiempo límite total definido (el tiempo límite total es el tiempo límite de respuesta por intento definido multiplicado por el número de intentos que tiene el usuario para contestar).
- Porcentaje de la media de los intentos gastados por respuesta correcta respecto al límite de intentos definido.

Tras acabar un ejercicio, en el caso de haberse lanzado como parte de una sesión, se añaden todos los datos del ejercicio realizado en un fichero donde se guardan todos los resultados de los ejercicios de dicha sesión, además de añadir la hora de inicio de la sesión y la duración total.

Además del fichero que se crea para cada una de las sesiones realizadas, la habilidad genera un fichero semanal en el que se guardan los datos del tratamiento definido y los resultados obtenidos por el usuario. A medida que la persona va realizando los distintos ejercicios del tratamiento, los datos del fichero son actualizados. Este fichero se organiza según las actuaciones que el terapeuta ha definido para ese tratamiento semanal. Por cada actuación, se guardan los parámetros que la definen (identificador, función cognitiva, nivel, tipo de límite y valor límite, frecuencia y prioridad), los resultados generales de toda la semana, y los obtenidos por cada día que se ha definido esa actuación dentro del tratamiento diario. Estos resultados son obtenidos a partir de la habilidad que ejecuta los ejercicios, correspondientes al porcentaje medio de aciertos por ejercicio, el tiempo medio por intento, el porcentaje del tiempo medio por intento respecto al tiempo límite definido, el tiempo medio por respuesta correcta parcial, el porcentaje medio de este tiempo respecto al tiempo límite definido, el tiempo medio de las respuestas correctas (sumando el tiempo de todos sus intentos parciales), el porcentaje de este tiempo respecto al tiempo límite total definido y el porcentaje de la media de intentos gastados en las respuestas correctas respecto al límite de intentos definido.

Además de los anteriores datos, también se registran el número de ejercicios realizados por día y totales durante la semana, así como el porcentaje realizado por día y semana respecto al objetivo marcado en cada actuación.

Una vez se finaliza la semana, este fichero debe ser enviado a la base de datos, de forma que el terapeuta pueda acceder a los resultados semanales del usuario.

6.7 Estructura Ejercicios V1

Los ejercicios que actualmente han sido considerados para llevar a cabo en el programa de estimulación cognitiva, como ya se ha mencionado al explicar el funcionamiento del Ejecutor de Ejercicios, pueden ser de dos tipos:

- Por un lado se tienen aquellos ejercicios en los que el robot realiza acciones o expresa algo sin esperar una respuesta del usuario, a los cuales se le ha denominado de tipo *show_info*. Por ejemplo, este es el caso un ejercicio en el que el robot solo deba mostrar imágenes o dar órdenes sin esperar respuesta.
- Por otra parte, se encuentran aquellos ejercicios en los que el robot hace algún tipo de pregunta al usuario y espera que éste le responda utilizando el medio de respuesta que determine el robot. A este tipo de ejercicios se les denomina de tipo *question*.

Para poder establecer el repertorio de ejercicios de Mini, se ha creado una estructura generalizable basada en XML, a partir de la cual se consigue definir el contenido y el procedimiento a seguir de una amplia gama de ejercicios, ya sean de tipo *question* o de tipo *show_info*.

Los datos de cada uno de los ejercicios son guardados en ficheros independientes basados en esta estructura definida. Los distintos niveles de un mismo ejercicio también son separados en distintos ficheros como si se tratasen de ejercicios independientes, por lo que como resultado se tienen tantos ficheros como ejercicios y niveles se hayan creado.

El Ejecutor de Ejercicios ha sido diseñado con la capacidad de interpretar la estructura definida, de forma que al recibir la petición para llevar a cabo un ejercicio, el programa lee el fichero correspondiente a dicho ejercicio y nivel, a partir del cual obtiene los datos definidos para poder ejecutarlo: contenido del ejercicio, métodos de respuesta, información que debe mostrar, etc.

Antes de entrar en detalle en los distintos tipos de ejercicios y los campos de los que se compone la estructura general, es importante hacer mención a una "subestructura" que ha sido utilizada tanto en la estructura de los ejercicios de tipo pregunta-respuesta como en la de los de tipo *show_info*. Esta estructura es incluida dentro de la estructura general cada vez que el robot debe realizar una acción correspondiente a mostrar algún tipo de información, utilizando sus distintos dispositivos sin esperar respuesta por parte del usuario. A esta estructura se le ha denominado como *show_info_str*, y se compone de los siguientes campos:

- Frase.
- Dirección del contenido multimedia.
- Tipo de contenido multimedia (imagen, vídeo o audio).
- Gesto.

A través de esta información, el robot puede expresarse por medio de la voz, tableta y/o gestos (movimientos, ojos y luces). A partir de esta información, el Ejecutor de Ejercicios consigue construir el mensaje CA correspondiente de mostrar información, que es enviado al HRI para ser gestionado.

A continuación, se explica la estructura definida, la cual se compone de una sección común correspondiente a la cabecera del ejercicio, y una sección propia del tipo de ejercicio a ejecutar.

6.7.1 Cabecera

Como se ha comentado, todos los ejercicios han sido creados basándose en una estructura general común, a partir de la cual se añaden particularidades dependiendo del tipo de ejercicio que sea.

A nivel de cabecera, todos los ejercicios comparten el mismo conjunto de campos definidos. En primer lugar, se debe especificar el nombre y tipo de ejercicio. A continuación, se encuentra el campo *liveliness*, en el cual se define el estado de vivacidad del robot. Según este valor, el robot a lo largo del ejercicio realiza gestos aleatorios que no impliquen voz o por el contrario, se queda quieto a expensas de que el propio ejercicio le mande un gesto concreto a realizar.

Un aspecto indispensable a la hora de realizar los ejercicios, consiste en explicar al usuario en qué va a consistir el ejercicio en sí, para lo cual se deben definir las instrucciones que hay que dar al usuario para que éste entienda los pasos que debe seguir. Debido a esto, las instrucciones deben ser definidas en todos los ejercicios, para lo cual se incluye una estructura de tipo *show_info_str* en la que se especifica todo lo que el robot tiene que decir y hacer para explicar el ejercicio al usuario.

A continuación, se incluyen los distintos *ítems* del ejercicio, es decir, los distintos conjuntos de pregunta-respuesta de los que se compone. La estructura de estos *ítems* varía según el tipo de ejercicio. En el caso de tener un ejercicio de tipo *question*, cada *ítem* se correponde a una pregunta diferente a realizar, por lo que se debe definir tantos *ítems* como preguntas diferentes tenga el ejercicio. En el caso de tener un ejercicio de tipo *show_info*, en vez de tener preguntas como tal, se definen un conjunto de órdenes o acciones en las que el robot muestra cierta información, por lo que cada *ítem* se correponde a cada una de las acciones que el robot debe realizar para mostrar la información correspondiente. Por tanto, de cara a definir la estructura de un ejercicio, es importante conocer a qué tipo de ejercicio pertenece, variando según este aspecto la estructura interna de los *ítems* que se incluyan.

6.7.2 *Ítem* de tipo *show_info*

En el caso de tener un ejercicio de tipo *show_info*, los *ítems* se corresponden a las distintas acciones o informaciones que tiene que dar el robot. Cada una de estas acciones o *ítems* han sido definidos basados en la estructura de tipo *show_info_str*, a partir de la cual se especifica la frase que debe decir el robot, el contenido multimedia a mostrar y/o el gesto a realizar, sin esperar ningún tipo de respuesta del usuario.

6.7.3 *Ítem* de tipo *question*

Este tipo de ejercicios se caracteriza por ir planteando distintas preguntas al usuario para que este las responda, por lo que los *ítems* definidos se correponden a los distintos bloques de preguntas a realizar. De cara a definir estos *ítems*, es importante tener en cuenta distintas consideraciones que determinan el procedimiento a seguir en la ejecución de las preguntas.

Cada uno de estos *ítems* se divide en tres partes. En primer lugar, se debe definir la cabecera del *ítem*, donde se especifica si el método de pregunta-respuesta correspondiente a dicho ítem es múltiple o no, y si tras recibir la respuesta del usuario, se debe exponer la solución o no. Estos dos aspectos van a determinar la estructura de los datos a determinar en el *ítem* (véase la Figura 6.15).

A continuación, se define el bloque *question*, dentro del cual se incluye toda la información que debe mostrar el robot para realizar la pregunta en sí, el método y valor de la respuesta y otros parámetros auxiliares. Como ya se hizo mención en el apartado del Ejecutor de Ejercicios, existen

ejercicios en los que para una misma pregunta, se pueden definir dos métodos distintos para expresar la pregunta y para responder a la misma. Este tipo de conjunto pregunta-respuesta ha sido definido como múltiple, y sus distintas variaciones pueden basarse en un cambio de canal de respuesta o un cambio en lo que muestra el robot para realizar dicha pregunta. A modo de ejemplo, se puede tener el caso en el que el robot deba realizar una pregunta para que el usuario responda por voz, pero en el momento de responder, el usuario no vocaliza lo suficiente para que el robot le entienda, o el reconocedor falla. Si ocurre esto, el robot puede repetir la pregunta, pero mostrando posibles respuestas por pantalla para que el usuario pulse en la tableta la opción correcta. Para estos casos, en vez de tener un único bloque de tipo *question*, se definen tantos bloques como variaciones se tenga de esa pregunta. Esto es debido a que los campos dentro de dicha estructura serán distintos dependiendo del canal de pregunta y/o respuesta.

Cada *ítem*, no sólo debe contener la pregunta en sí a realizar (dentro del bloque *question*), sino que también puede incluir la resolución a esa pregunta, es decir, la información que dice o muestra el robot tras haber recibido la respuesta del usuario, independientemente del valor de esta respuesta. Esta solución no siempre es necesaria, motivo por el cual se debe definir en la cabecera del *ítem* si tras la pregunta se debe mostrar dicha solución, para que el programa lo pueda interpretar. Dado que en la solución el robot muestra la información correspondiente sin esperar respuesta del usuario, este bloque ha sido definido basándose en la estructura *show_info_str*.

Por tanto, la estructura de un *ítem* dentro de los ejercicios de tipo *question* se resume en los siguientes campos y bloques:

- *question_options*: “no_multiple” / “multiple”
- *question_solution*: “yes” / “no”
- Bloque *question* 1
- Bloque *question* 2 (sólo si *question_options*= “multiple”)
- …
- Bloque *question* N (sólo si *question_options*= “multiple”)
- Solución (si *question_solution*=“yes”)
  - Estructura *show_info_str*

6.7.3.1 Bloque question

Los bloques de tipo *question* son aquellos en los que se definen aspectos como la información que debe decir o mostrar el robot para realizar la pregunta, el método de respuesta, su valor etc.

En primer lugar, se debe definir la pregunta en sí que debe realizar el robot. Esta puede ser sencilla o puede implicar ejecutar una serie de acciones previas, en las que el robot muestra cierta información antes de realizar la pregunta como tal. Este es el caso de tener un ejercicio en el que primero se muestre una imagen durante un tiempo, después un vídeo, y finalmente se realice la pregunta. Esto es lo que ha sido denominado como pregunta compleja. Por el contrario, una pregunta simple es aquella que no implica ninguna acción previa antes de realizar la propia pregunta. Para saber de qué tipo es la pregunta, se ha definido el campo denominado *question_type*, que puede tomar el valor "complex" o "simple". En el caso de tener una pregunta compleja, es necesario incluir en el bloque *question* la definición de las distintas acciones previas a realizar. Esto se consigue mediante la inclusion de nodos auxiliares (con una estructura interna de tipo *show_info_str*) denominados *prequest*, en los que cada uno de estos nodos se corresponde a cada una de las acciones previas. En el caso del ejemplo planteado, el bloque de *question* debe contener un nodo *prequest* referente a la imagen a mostrar, y otro nodo correspondiente a la información del vídeo a reproducir.

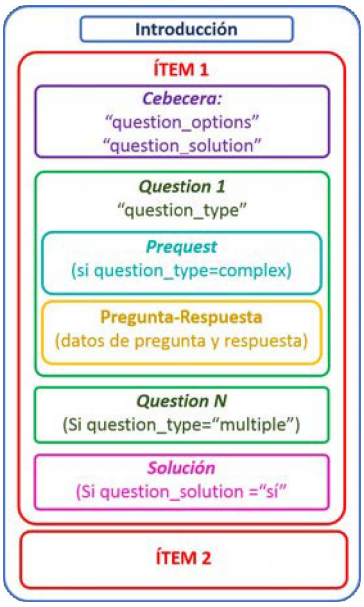

Figura 6.15: Estructura general del XML de un ejercicio de tipo *question*.

A continuación, se definen los campos referentes a la pregunta a realizar: frase que debe decir el robot, gesto a realizar y contenido multimedia a mostrar. Cada uno de estos campos puede tener un valor definido, o quedar vacíos si no se quiere que el robot se exprese por ese medio para realizar la pregunta.

Una vez definidos los campos referentes a la pregunta, se prosigue con los parámetros correspondientes a la respuesta. En primer lugar, se debe definir el método mediante el cual se va a obtener la respuesta del usuario (voz, botones de la tableta, sensores de tacto, etc), ya que dependiendo de dicho método, los propios campos de la respuesta pueden sufrir ciertas variaciones.

Tras esto, se debe definir si en la ejecución de la pregunta se espera que el usuario responda según el valor determinado en la respuesta o, por lo contrario, éste debe evitar contestar con dicho valor. Esto puede entenderse con el ejemplo del juego "Simón dice", donde dependiendo de si el robot dice la frase "Simón dice" antes de decir la acción, el usuario debe hacer lo que le mande, o justamente evitar realizar esa acción (o no hacer nada), dado que si lo hace, la respuesta sería errónea. Este último caso es lo que se le ha denominado como respuesta inversa. Es por ello que uno de los parámetros a definir en la respuesta se basa en diferenciar si la respuesta debe ser directa o inversa.

A continuación, se define el valor de la respuesta. Esta puede basarse en una única respuesta (respuesta simple) o en una serie de respuestas concatenadas (respuesta múltiple). En el caso de tener una respuesta múltiple, se debe determinar además si ésta debe implicar un orden concreto o no. En el caso de que el usuario tenga que responder según un orden, los valores de las respuestas deben venir separados por el símbolo ">" (ej: Valor_Respuesta1>Valor_Respuesta2>etc.) , de forma que el primer valor determina la primera respuesta que se debe dar. Por el contrario, si las respuestas pueden darse de forma desordenada, los valores de las respuestas vienen separados por el símbolo "*" (ej: Valor_Respuesta1*Valor_Respuesta2*etc.).

En el caso de que la respuesta deba venir dada a través del menú que se muestra por la pantalla, es importante determinar la configuración de la información a enseñar, de tal forma que al realizar la pregunta se muestre el menú con las distintas opciones o botones que puede pulsar el usuario. Para ello, se dispone del campo *menu_value*, donde se definen los valores que se deben mostrar en cada botón, separando dichos valores de los distintos botones por el símbolo "|". Estos botones pueden configurarse para mostrar un texto o una imagen. En este segundo caso, el valor a determinar se corresponde a las URL de las distintas imágenes a mostrar en los botones. De cara a determinar el tipo de contenido a mostrar, se dispone del campo *menu_type*, que puede tomar como valor "text" o "icon".

En el caso de que la respuesta deba venir por voz, es necesario definir además la gramática donde se incluyen las distintas posibles respuestas que puede dar el usuario. Estas gramáticas se encuentran definidas en ficheros independientes, cada una de las cuales abarca una temática concreta (nombres de animales, ciudades, profesiones, números, etc.).

Finalmente, es necesario definir los parámetros referentes al tiempo límite de respuesta (en segundos), el número de intentos que el usuario tiene para contestar (de cara a que el HRI pueda gestionar la pregunta) y, si se desease, una frase correspondiente a la pista que se le puede dar al usuario en caso de que la solicite. A continuación, y a modo de ejemplo, se muestra la cabecera y un *ítem* del ejercicio *Reconocer sonidos de animales* (Para más detalle de los ejercicios implementados, veáse la Sección 1.9):

```
<exercise>
    <name>perception_animal_sound</name>
    <type>question</type>
    <liveliness>talking</liveliness>
    <intro>
        <etts>[Explicacion de instrucciones]</etts>
        <tablet_url>image/session/animal_sounds.png</tablet_url>
        <tablet_type>image</tablet_type>
        <gesture></gesture>
    </intro>
    <item>
        <question_options>multiple</question_options>
        <quest_solution>yes</quest_solution>
        <question>
            <question_type>multiple</question_type>
            <prequest>
                <etts></etts>
                <tablet_url>video/animals/dog_sound.mp4</tablet_url>
                <tablet_type>video</tablet_type>
                <gesture></gesture>
            </prequest>
            <etts>de que animal se trata?</etts>
            <tablet_url>image/user_interaction/voice_response2.png
            </tablet_url>
            <tablet_type>image</tablet_type>
            <gesture></gesture>
            <answer_type>ASR</answer_type>
            <answer_direct>direct</answer_direct>
            <answer_value>perro</answer_value>
            <grammar>session_grammars/animals.gram</grammar>
            <answer_time>10</answer_time>
            <attempts>2</attempts>
            <clue>Se dice que es el mejor amigo del hombre.</clue>
        </question>
        <question>
            <question_type>multiple</question_type>
            <prequest>
                <etts></etts>
                <tablet_url>video/animals/dog_sound.mp4</tablet_url>
                <tablet_type>video</tablet_type>
                <gesture></gesture>
```

```
42                </prequest>
43                <etts>de que animal se trata?</etts>
44                <tablet_url></tablet_url>
45                <tablet_type></tablet_type>
46                <gesture></gesture>
47                <answer_type>tablet_menu</answer_type>
48                <answer_direct>direct</answer_direct>
49                <answer_value>Perro</answer_value>
50                <menu_value>Gato|Perro|Pato|Lobo</menu_value>
51                <menu_type>text</menu_type>
52                <answer_time>10</answer_time>
53                <attempts>2</attempts>
54                <clue>Se dice que es el mejor amigo del hombre.</clue>
55            </question>
56            <solution>
57                <etts>Es un perro. Sin duda es mi animal favorito.</etts>
58                <tablet_url>video/animals/dog_solution.mp4</tablet_url>
59                <tablet_type>video</tablet_type>
60                <gesture></gesture>
61            </solution>
62        </item>
63        <item>
64            Definicion del resto de preguntas...
```

6.7.4 Limitaciones del modelo planteado

Gracias a este modelo planteado se consigue una gran flexibilidad a la hora de diseñar una amplia variedad de ejercicios. Aun así, dicho modelo plantea una serie de limitaciones considerables de cara a generar un programa de estimulación cognitiva basada en esta estructura.

En primer lugar, debido a que cada una de las preguntas que componen un ejercicio debe venir definida en un *ítem* independiente, tener un amplio rango de preguntas implicaría la definición de una gran cantidad de *ítems*, dando lugar a ejercicios de gran longitud.

Además, en la definición de estos *ítems* hay parámetros que se mantienen constantes al ser propios del ejercicio concreto y de su nivel, como el método de respuesta, tiempo de respuesta, número de intentos, etc. Esto provoca que haya información que se repita a lo largo de los *ítems* y en el caso de desear cambiar el valor de uno de estos parámetros, por ejemplo el tiempo de respuesta, este debe ser cambiado en todos los *ítems*, lo cual puede convertirse en un trabajo tedioso según la longitud del ejercicio.

Por otra parte, como ya se ha mencionado, los distintos niveles de un ejercicio deben venir definidos en ficheros independientes. Cada uno de estos ficheros contienen las distintas preguntas que componen el ejercicio. En gran parte de los casos, las preguntas definidas en un ejercicio se mantienen constantes en los distintos niveles, ya que los cambios suelen basarse en variaciones del tiempo de respuesta, número de opciones o número de intentos. Esto da lugar a que se tengan que repetir todos los *ítems* de un nivel en el fichero del siguiente nivel, cambiando únicamente el parámetro correspondiente. Esto puede convertirse en una tarea poco óptima dado que el cambio debe realizarse para cada uno de los *ítems* definidos. De la misma forma, la inclusión de una nueva pregunta en el ejercicio implica que se tenga que añadir un nuevo *ítem* en cada uno de los niveles, y por tanto en cada uno de los ficheros definidos.

Debido a este motivo, se decidió cambiar la estructura definida por otra similar, donde la definición de cada una de las preguntas a realizar no venga determinada como tal en el propio fichero del ejercicio. A continuación, se expone la segunda versión de la estructura general creada, a partir de la cual basarse para la definición de los distintos ejercicios que se deseen incluir en el robot.

6.8 Estructura Ejercicios V2

Para la creación de la nueva versión de la estructura base, se han destacado dos requisitos claves a cumplir:

- En primer lugar, los contenidos y datos a utilizar en las distintas preguntas deben estar guardados en un lugar distinto respecto a los ficheros correspondientes de los propios ejercicios. De esta forma se consigue que la inclusión de nuevos contenidos no implique el cambio en el fichero del ejercicio. Para llevar a cabo esto, estos contenidos han sido guardados en una base de datos (BBDD), clasificándolos en distintas tablas según la categoría a la que pertenezca ese contenido.
- Por otro lado, en el fichero del ejercicio debe venir definida únicamente la metodología a seguir para llevarlo a cabo, así como la ruta de dónde obtener los distintos valores para formular las preguntas, no el contenido en sí de cada una de las preguntas a realizar. Por tanto, dado que la estructura de cada una de estas preguntas que componen el ejercicio se mantiene constante, en el nuevo fichero basta con definir los *ítems* necesarios para determinar el funcionamiento del ejercicio (por lo general, esto implica el uso de un único *ítem*), en los cuales se detallan los parámetros constantes del ejercicio y la estructura de pregunta que se va a llevar a cabo.

Para la creación de la nueva estructura, se tuvieron diversas dificultades de cara a no incluir el propio contenido de la pregunta en el fichero del ejercicio. Este contenido en la mayor parte de las

ocasiones debe cumplir unas determinadas condiciones, lo que se complica cuando a esto se le añade el hecho de que la respuesta pueda ser múltiple, se tengan que mostrar una serie de opciones que también deban cumplir ciertas condiciones, o que el contenido que se utilice se base en la utilización de diferentes tablas dentro de la BBDD. Es por ello que para suplir dichas dificultades, se decidió dividir la categoría de los ejercicios de tipo *question* en otras subcategorías, cada una de las cuales posee una peculiaridad a la hora de llevar a cabo el ejercicio y buscar la información referente a cada pregunta. A continuación se explican cada una de estas nuevas subcategorías:

- *question*: ejercicio de pregunta-respuesta de tipo base, en el que el robot realiza una pregunta al usuario y éste debe responderla. En este caso, tanto el tipo de pregunta como el de respuesta no cumple ninguna peculiaridad, como que implique un número, que haya que compararla entre otros valores, que a medida que pasan las preguntas se tenga que incrementar alguno de los valores, etc.
- *question_number*: este tipo de ejercicios son similares a los de tipo *question*, con la particularidad de que el resultado de la pregunta es un número. Esto se debe tener en cuenta a la hora de generar las distintas opciones que debe proponer el robot ya que, además de tener que ser números, éstos pueden definirse de manera que sean más o menos próximos al número correspondiente al resultado.
- *question_relative*: en este tipo de ejercicios se comparan distintos elementos, imágenes o valores entre sí. Para determinar la respuesta y las distintas opciones a generar, se debe determinar la relación que deben cumplir entre ellas.
- *question_incremental*: por cada iteración de pregunta, se incrementa el número de respuestas o uno de los valores en los que basarse para obtener la información dentro de la tabla definida.
- *question_clue_incremental*: la pregunta se compone de una secuencia de subpreguntas, en las que en cada una de ellas se le da más información al usuario en caso de que este no sepa la respuesta.
- *time*: la respuesta de este tipo de ejercicios es dependiente del propio reloj del robot, de donde se obtienen los valores de hora, día, mes, etc. como parte de la respuesta.

Según el tipo de ejercicio, el fichero definido, aunque deba estar basado en la estructura general, también debe contener una serie de campos característicos. De igual forma, esta clasificación de ejercicios permite informar al programa del método que debe seguir para obtener los datos de la pregunta, respuesta y opciones, además de saber qué parámetros son dependientes de cada uno de los tipos definidos.

6.8.1 Cabecera

Al igual que en la versión anterior, el esquema del ejercicio se basa en una cabecera y la definición del *ítem/s* del ejercicio.

Los parámetros que se deben determinar en la cabecera son comunes para todos los tipos de ejercicio. En ella se especifican los valores correspondientes al nombre del ejercicio, el tipo y el estado de vivacidad del robot, así como otros que suponen una novedad en esta versión. En primer lugar, se ha añadido el campo referente al nombre de la tabla o tablas donde se debe buscar el contenido para formular las distintas preguntas. Además de esto, todos los ejercicios de tipo pregunta-respuesta permiten la opción de definir uno o varios *ítems* dentro del ejercicio en caso de que sea necesario, como puede ser un ejercicio en el que se alternen los *ítems* de respuesta directa con aquellos de respuesta inversa. En el caso de definir un ejercicio con varios *ítems*, es importante especificar en la cabecera el orden que se va a llevar a cabo para la ejecución de los *ítems*, para lo cual, se han planteado tres casos:

- *sequence_once*: Cada *ítem* se ejecuta una vez en el orden que ha sido definido y una vez hecho esto, el ejercicio termina.
- *sequence*: En este caso, el primer *ítem* se ejecuta tantas veces como se haya definido en el parámetro de límite de preguntas dentro de cada *ítem*, y una vez hecho esto, se pasa al siguiente *ítem*. Cuando se hayan ejecutado todos los *ítems* tantas veces como se haya definido en sus límites correspondientes, el ejercicio finaliza.
- *random*: En estos casos se ejecutan los distintos *ítems* de manera aleatoria. Para esto, es necesario definir tanto un límite de preguntas general (parámetro a definir en la cabecera) como otro propio de cada uno de los *ítems*, de tal forma que el límite propio del *ítem* determina cuántas veces seguidas se puede ejecutar dicho *ítem*, mientras que el límite general define el límite de *ítems* que se deben ejecutar antes de que termine el ejercicio.

Para terminar la cabecera, se deben definir las instrucciones del ejercicio, las cuales siguen la misma estructura que en la versión anterior. A continuación, se procede a explicar el esquema definido para la creación de un *ítem*, y las consideraciones que se deben tener en cuenta.

6.8.2 *Ítem*

Cada uno de los *ítems* definidos en el ejercicio, debe contener a su vez una cabecera. En ella se determinan parámetros como el límite de preguntas de ese *ítem*, en el caso de tener más de un *ítem* definido, o si el método de pregunta-respuesta es múltiple (similar a la versión anterior). En caso de

tener varias tablas de la BBDD incluidas en el ejercicio, se debe determinar si la información obtenida tanto para la pregunta como para la respuesta se va a obtener de una tabla concreta o de todas las definidas, y en caso de utilizar tablas distintas para pregunta y respuesta, también se debe definir la relación que existe entre dichas tablas. De la misma forma, se determina si los datos a obtener de las tablas deben cumplir alguna condición específica, y en caso afirmativo, determinar dicha condición. Al igual que en la versión anterior, se ha considerado la posibilidad de que un ejercicio implique una respuesta múltiple o simple. Esto también deber ser especificado a través de un parámetro en la cabecera del *ítem*. Finalmente, se especifica si tras recibir la respuesta del usuario, el robot debe explicar la solución correspondiente o no.

En el caso de tener un ejercicio de tipo incremental, en la cabecera además, se debe definir el tipo de incremento que se va a seguir durante la ejecución de ese *ítem*, es decir, si por cada iteración lo que se incrementa es el número de estímulos correctos (respuestas correctas que debe responder el usuario) o alguno de los valores obtenidos a través de los campos de la tabla de búsqueda. En caso de tener que incrementar el número de respuestas, también se debe determinar si junto a la nueva respuesta correcta que se añade en el bucle, se le añaden las anteriores, o se escogen respuestas nuevas incrementándose únicamente el número de respuestas correctas.

La estructura de *question* que se define dentro del *ítem* está basada en la ya creada para la versión anterior, pero con algunas modificaciones. Es importante tener en cuenta que el principio básico de esta versión es que el contenido variable de cada pregunta no debe estar definido en detalle en el propio fichero del ejercicio, sino que debe ser obtenido a partir de la tabla de la base de datos especificada en la cabecera del ejercicio. Para diferenciar un valor absoluto o constante de uno relativo o variable, aquellos parámetros que tengan que ser obtenidos a partir de la base de datos deben venir definidos entre corchetes, entre los cuales se especifica el campo (o columna) de la tabla de donde obtener el valor. Por ejemplo, si la imagen que debe enseñar el robot durante la pregunta se mantiene constante, dentro del parámetro *tablet_value* se especifica directamente la dirección de esa imagen. Si por el contrario, dicha imagen es dependiente de la pregunta que se realice, el valor a especificar en el parámetro se corresponde al campo de la tabla entre corchetes, del cual se obtiene el valor de la dirección de la imagen.

También se ha considerado la posibilidad de poder combinar valores absolutos con valores relativos en caso de ser necesario. Esto se puede aplicar en el caso de las frases que debe decir el robot para realizar la pregunta. Esta pregunta puede contener parte de una frase que se mantiene constante durante el ejercicio, y otra parte de la frase que se completa a través de los valores obtenidos de la base de datos (BBDD). En consecuencia, se han considerado distintas posibilidades que pueden darse en la definición de las frases que debe decir el robot.

Estas posibilidades se especifican a continuación:

- Frase genérica y constante: Sin corchetes.
- En el caso de desear definir más de una posible frase para la misma situación (por ejemplo: "Muy bien", "Genial"), éstas se introducen separadas por el símbolo "|", siendo posible introducir valores de la frase que se deban obtener de la base de datos, para lo cual, como ya se ha mencionado, se debe definir entre corchetes el nombre del campo elegido.

Ejemplo: Qué palabra de la pantalla está relacionada con [relation_es] | Cuál está relacionada con [relation_es].

- En el caso de tener la definición de una frase en la cual una parte de ella deba ser parametrizada según el género/número de la respuesta, se deben definir entre llaves cada una de las posibilidades según el valor de género y número.

Ejemplo: {gend_plur:este | esta| estos | estas}

- En el caso de que una parte de la frase definida deba parametrizarse según el número de respuestas, se definen entre llaves las distintas opciones con el siguiente formato:

{num_op:op_1_answer|op_multiple_answers}

- En el caso de tener una respuesta múltiple y definir una frase en la que se debe introducir un valor de la base de datos referente solamente a una de las respuestas, se define entre corchetes el campo de la tabla de donde obtener dicho valor, y entre paréntesis el número de la respuesta al que se corresponda.

Ejemplo: [campo(pos)]

Dentro de la estructura *question*, en primer lugar se determina si la pregunta es compleja o simple, que al igual que la versión anterior, determina si la pregunta se compone de una serie de acciones que tienen que preceder a la pregunta en sí o no. En el caso de una pregunta, se deben introducir tantos nodos *prequestion* como acciones haya que realizar antes de la pregunta en sí. Estos nodos están basados en la estructura *show_info_str*, donde se define si el robot debe decir algo por voz, enseñar algo por la pantalla y/o realizar un gesto concreto.

Una vez definidos los *prequestion* (solo si estos son necesarios), se deben determinar los parámetros referentes a la propia pregunta y a su correspondiente respuesta:

- Frase que tiene que decir el robot.
- Contenido multimedia.
- Gestos a realizar.
- Tipo de respuesta (directa o inversa).
- Método de respuesta.
- Valor de la respuesta.
- Gramática en el caso de tener que contestar por voz.
- Número de intentos.
- Tiempo de respuesta.

En caso de tener una respuesta múltiple, es necesario definir además, el número de respuestas que debe dar el usuario (de cara a obtener los correspondientes valores de la BBDD) y el orden en el que deben ser respondidas, para lo cual se han planteado distintas posibilidades. Por una parte, puede darse el caso de no necesitar un orden concreto en las respuestas o, por lo contrario, que éstas deban venir dadas según un orden, el cuál puede basarse en el orden en el que han sido mostradas por el robot o según un valor obtenido a partir de la tabla de contenido, pudiendo ser en orden creciente o decreciente.

Dado que el contenido de cada pregunta no se encuentra definido en el propio XML, esto implica que las opciones que se le den al usuario tampoco estén definidas directamente en el fichero, y deban ser obtenidas de la BBDD. Para ello, es importante especificar tanto el número de opciones que el robot debe dar, como si éstas deben cumplir alguna condición concreta respecto a un valor o respecto a la respuesta correcta. Tanto el número de opciones como el filtro se han definido como dos parámetros independientes dentro del fichero en la estructura de *ítem*. Para poder definir el número de opciones, se han considerado tres posibles casos. En el caso de no tener ninguna opción, el campo se deja vacío. Si por el contrario, se desea especificar un número de opciones, el valor del parámetro se define basado en el número de estímulos incorrectos que se deben sumar a los correctos (por ejemplo, si se define el parámetro con el valor 3, significa que a las respuestas correctas se le debe sumar otras tres opciones incorrectas). Además de esto, se ha considerado la posibilidad de poder sumar un número determinado de respuestas incorrectas siempre que el número de opciones totales se encuentre dentro de un límite. En estos casos, el formato a seguir es "n|m", donde "n" determina el número de estímulos incorrectos o respuestas malas que se suman a la respuesta o respuestas

correctas, y "m" determina el límite de opciones total (suma de respuestas correctas e incorrectas). A continuación, se debe especificar si las opciones añadidas a las respuestas correctas deben cumplir además alguna condición concreta. Para ello, los posibles valores que se le puede dar a este parámetro deben estar basados en el siguiente formato:

- *[options:columna_opciones]=[columna_respuesta]*: Las opciones posibles a elegir son válidas si su valor correspondiente al campo *columna_opciones* es igual al valor del campo *columna_respuesta*, correspondiente a la respuesta correcta.
- *[options:columna_opciones]minor[columna_respuesta]*: Las opciones posibles a elegir son válidas si su valor correspondiente al campo *columna_opciones* es menor (o mayor dependiendo de lo que se especifique) al valor del campo *columna_respuesta*, correspondiente a la respuesta correcta.
- *[options:columna_opciones]=valor*: Las opciones posibles a elegir son válidas si su valor correspondiente al campo *columna_opciones* es igual al valor especificado.
- *[options:columna_opciones]!=valor*: Las opciones posibles a elegir son válidas si su valor correspondiente al campo *columna_opciones* es diferente al valor especificado.
- *x;[n,m]*: Este tipo de filtros es utilizado para aquellos ejercicios de tipo *question_number*, donde las opciones deben ser números creados entorno a la respuesta correcta. Para ello, "x" representa el número límite a mostrar respecto a la respuesta correcta. Por ejemplo, si la respuesta correcta es 15 y como valor "x" se ha definido el valor 3, las opciones a crear estarán acotadas entre los valores 12 (15-3) y 18 (15+3). Además, en los casos en los que se quiera evitar que los valores sobrepasen un límite determinado independientemente del intervalo definido, se utilizan los valores "n" y "m" para definir estos límites inferiores y superiores respectivamente. Esto puede ser útil por ejemplo, en el caso de crear opciones para un ejercicio en el que se pregunte sobre el día del mes. En este caso, las opciones deben estar limitadas entre los valores 0 y 31.
- Si se tienen que cumplir varios filtros, se separarán los comandos por "*" en el caso de una condición lógica de tipo *AND*, y por "|" en el caso de una condición de tipo *OR*.

Finalmente, en el caso de que se haya definido que tras la respuesta del usuario el robot tiene que explicar la solución a la pregunta, dentro de la estructura *ítem* se añade una estructura de tipo *show_info_str* a la que se le denomina *solution*, y en la que se especifica lo que el robot debe decir, mostrar por la pantalla y el gesto a realizar.

A continuación, se muestra a modo de comparación, la nueva versión del ejercicio que se expuso en la versión anterior.

```

<exercise>
    <name>perception_animal_sound</name>
    <type>question</type>
        <field>animals</field>
    <liveliness>talking</liveliness>
    <question_limit>5</question_limit>
    <intro>
        <etts>En este ejercicio, voy a ir poniendo sonidos...</etts>
        <tablet_type>image</tablet_type>
        <tablet_value>image/session/animal_sounds.png</tablet_value>
    </intro>
    <item>
        <filter_question>yes</filter_question>
        <question_mode>simple</question_mode>
        <answer_multiple>no</answer_multiple>
        <quest_solution>yes</quest_solution>
        <filter>
            <filter_subfield>sound</filter_subfield>
            <subfield_value>!</subfield_value>
        </filter>
        <question>
            <question_sequence>multiple</question_sequence>
            <prequest>
                <etts></etts>
                <tablet_type>video</tablet_type>
                <tablet_value>[sound]</tablet_value>
            </prequest>
            <etts>de que animal se trata?</etts>
            <tablet_type></tablet_type>
            <answer_direct>direct</answer_direct>
            <answer_type>tablet_menu</answer_type>
            <answer_value>[name_es]</answer_value>
            <options>3</options>
            <options_filter></options_filter>
            <menu_type>text</menu_type>
            <answer_time>10</answer_time>
            <attempts>2</attempts>
            <clue>yes</clue>
        </question>
        <solution>
```

```
42                <etts>[description]</etts>
43                <tablet_type>video</tablet_type>
44                <tablet_value>[sound_image]</tablet_value>
45            </solution>
46        </item>
47    </exercise>
```

6.9 Resumen

En este capítulo se han presentado los desarrollos realizados para llevar a cabo el programa terapéutico de estimulación cognitiva con el robot Mini. Para ello, ha sido necesario la implementación de tres habilidades (Gestor Principal, Gestor de Sesiones y Ejecutor de Ejercicios), cada una encargada de gestionar un nivel distinto de la ejecución. Por otra parte, también se ha presentado la estructura generalizable basada en ficheros XML diseñada con el fin de parametrizar la creación de los ejercicios y su ejecución. A continuación, en el siguiente capítulo, se detallan los ejercicios desarrollados.

CAPÍTULO 7

Repertorio de ejercicios implementados

7.1 Introducción

En este capítulo se presentan los ejercicios que han sido implementados en el robot Mini, de cara a disponer de una primera versión del programa de estimulación cognitiva. La estructura de definición de ejercicios presentada en el capítulo anterior permite que en el futuro se pueda ampliar fácilmente el número y tipo de ejercicios.

En esta versión, las respuestas del usuario pueden venir dadas por voz, los botones que aparezcan en la pantalla de la tableta o los sensores de tacto, según lo requiera cada ejercicio. Si bien es cierto que también han sido diseñados ejercicios en los que el usuario puede utilizar otros dispositivos para responder (Percepción 4 y 5, Memoria 5), estos dispositivos todavía no han sido incluidos en las versiones estables del robot, por lo que no han podido ser probados hasta el momento con usuarios. Aun así, dado que han sido implementados en el robot, han sido incluidos en la lista de ejercicios.

El robot por su parte puede utilizar su voz, gestos o la pantalla para mostrar información. La información considerada para mostrar en la pantalla puede consistir en una única imagen, imagen y música, vídeo, o un menú en el que se muestren sólo los botones de las opciones que puede elegir el usuario o junto a una imagen.

En los casos que el usuario tenga que contestar por voz, el robot lo indicará por voz, además de mostrar una imagen en la pantalla para recordarle de forma sencilla el método de respuesta (veáse la Figura 7.1).

Figura 7.1: Imagen que muestra Mini a través de la pantalla cuando el usuario debe contestar la pregunta usando el micrófono.

Por cada uno de los ejercicios se especifica el tipo de pregunta (simple o compleja) y el de respuesta (múltiple en el caso de que haya que responder a más de una opción para una pregunta ,o simple si sólo es necesaria una respuesta), si existe más de una opción a seguir para llevar a cabo la pregunta-respuesta (Método de pregunta/respuesta simple o múltiple), el tiempo estimado de realización del ejercicio y las singularidades de cada nivel definido.

A continuación, se exponen los ejercicios que hasta ahora han sido definidos. Por cada uno de los ejercicios listados, se explica la secuencia de acciones que se llevan a cabo, así como los métodos de respuesta usados y las variaciones realizadas para cada uno de los niveles diseñados.

7.2 Orientación temporal

Se le pregunta al usuario por la estación, mes, día de la semana y día del mes en el que se encuentra.

7.2.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "A continuación, te voy a hacer unas preguntas muy sencillas para localizarnos en el tiempo. Acuérdate de contestar utilizando el micrófono".
- R: "¿En qué mes estamos?".
- Respuesta del usuario por voz (o pantalla).

7.2.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta múltiple:
  - Opción 1: Pregunta mediante imágenes por pantalla y voz. Respuesta mediante voz.

  - Opción 2: Pregunta mediante voz y botones en la pantalla. Respuesta mediante botones de la pantalla.

- Tiempo estimado: 1' 30".
- Niveles: véase la Tabla 7.1.

Bajo	• Nº Preguntas: 3 (Estación, mes y día de la semana). • Nº Opciones: 0 por voz y 4 por pantalla (1 estímulo correcto y 3 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s (voz) y 10s (pantalla). • Nº Intentos: 2 voz + 1 pantalla.
Alto	• Nº Preguntas: 4 (Estación, mes, día de la semana y día del mes). • Nº Opciones: 0 por voz y 4 por pantalla (1 estímulo correcto y 3 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2 voz + 1 pantalla.

Tabla 7.1: Parámetros variables del ejercicio Orientación temporal según el nivel.

7.3 Atención 1: Detectar imagen

El sujeto debe tocar la pantalla o cualquiera de los hombros del robot (según el nivel) en el momento que se le muestre la imagen definida por pantalla, dentro de un tiempo límite. Según el nivel, se le muestra solo el estímulo de referencia u otros estímulos aparte.

7.3.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "Para comprobar que estás atento vamos con un juego muy simple. Tienes que prestar atención a la pantalla. En el momento que aparezca el sol en ella, tienes que tocarme en el hombro lo más rápido posible. A ver qué tal se te da".
- Espera hasta que el robot muestre la siguiente imagen.

- Respuesta del usuario mediante la pantalla o el sensor de tacto (según nivel). El usuario sólo debe tocar si se muestra la imagen. Si toca en los tiempos de espera, la respuesta se da como incorrecta.

7.3.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta mediante imagen en la pantalla. Respuesta dependiente del nivel.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.2.

Bajo	• Tocar la pantalla cuando salga el sol. • Respuesta mediante la pantalla. • Nº Preguntas: 4 veces estímulo sol, 4 veces pantalla en blanco. • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 1.
Medio	• Tocar la pantalla cuando salga el sol. • Respuesta mediante la pantalla. • Nº Preguntas: 4 veces estímulo sol, 4 veces aparición de otros estímulos. • Tiempo de respuesta: 6s. • Nº Intentos: 1.
Alto	• Tocar el hombro cuando salga el sol. • Respuesta mediante sensores táctiles. • Nº Preguntas: 5 veces estímulo sol, 5 veces aparición de otros estímulos. • Tiempo de respuesta: 3s. • Nº Intentos: 1.

Tabla 7.2: Parámetros variables del ejercicio Atención 1 según el nivel.

7.4 Atención 2: Detectar color

El sujeto debe tocar la pantalla o cualquiera de los hombros del robot cuando se muestre el color de referencia mediante la pantalla o el corazón del robot (según el nivel). Según el nivel, se pueden usar sólo uno o más colores.

7.4.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "Para este ejercicio, me tienes que tocar en mi hombro cuando mi corazón cambie a verde (Nivel alto). A ver qué tal se te da."
- Espera hasta que el robot cambie el color de la pantalla o del corazón.
- Respuesta del usuario mediante la pantalla o el sensor de tacto (según nivel). El usuario sólo debe tocar si se muestra la imagen. Si toca en los tiempos de espera, la respuesta se da como incorrecta.

7.4.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta simple dependiente del nivel.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.3.

Bajo	• Tocar la pantalla cuando se ponga de color azul. • Pregunta mediante imagen en la pantalla. • Respuesta mediante la pantalla. • Nº Preguntas: 4 veces pantalla azul, 4 veces pantalla en blanco. • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 1.
Medio	• Tocar la pantalla cuando la pantalla se ponga de color azul. • Pregunta mediante imagen en la pantalla. • Respuesta mediante la pantalla. • Nº Preguntas: 4 veces pantalla azul, 4 veces otro color. • Tiempo de respuesta: 6s. • Nº Intentos: 1.
Alto	• Tocar el hombro cuando el corazón cambie de azul a otro color. • Pregunta gesto del robot (corazón con color definido). • Respuesta mediante sensores táctiles. • Nº Preguntas: 5 veces estímulo sol, 5 veces aparición de otros estímulos. • Tiempo de respuesta: 3s. • Nº Intentos: 1.

Tabla 7.3: Parámetros variables del ejercicio Atención 2 según el nivel.

7.5 Percepción 1: Emociones del robot

Mini muestra emociones haciendo uso de los gestos (movimiento y ojos), y el sujeto debe indicar por voz qué emoción es la que se está mostrando.

7.5.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "En este ejercicio, yo voy a ir poniendo diferentes caras, y tú me tienes que decir si estoy alegre, enfadada o triste. Acuérdate de usar el micrófono para contestar. Vamos a ver qué tal se te da".

- R: "Cómo estoy ahora? Alegre, enfadada o triste" (Cara enfado).
- Respuesta del usuario por voz (o pantalla).
- R: "Ay, qué poco me gusta poner cara de enfadada. Veamos qué cara pongo ahora".

7.5.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta múltiple:
  - Opción 1: Pregunta mediante gestos del robot y voz ("sonidos no verbales"). Respuesta mediante voz.
  - Opción 2: Pregunta mediante gestos del robot y voz ("sonidos no verbales"). Respuesta mediante botones de la pantalla.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.4.

Bajo	• Mini enseña al usuario los gestos que va a realizar y le explica al usuario a qué emoción corresponde (Triste, enfadado y alegre) y después pregunta al usuario a qué emoción se corresponde cada una de ellas (esta vez sin dar pista). • Nº Preguntas: 3 (Triste, enfadado y alegre). • Nº Opciones: 3 (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2 (voz) + 2 (pantalla).
Alto	• Mini no explica las emociones al inicio del ejercicio. • Nº Preguntas: 4 veces pantalla azul, 4 veces pantalla en blanco. • Nº Opciones: 0 por voz y 3 por pantalla (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2 (voz) + 1 (pantalla).

Tabla 7.4: Parámetros variables del ejercicio Percepción 1 según el nivel.

7.6 Percepción 2: Colores del corazón

Decir los objetos de la pantalla que sean del color que pide el robot o que muestra por el corazón.

7.6.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "En este ejercicio, voy a ir mostrando colores por el corazón y me tienes que decir qué objetos de la pantalla son del mismo color. En este caso contesta utilizando los botones de la propia pantalla".
- R: "¿Cuál de los coches de la pantalla es del color de mi corazón?".
- Respuesta del usuario por pantalla.
- R: "Este es el coche rojo".

7.6.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta múltiple: Pregunta mediante gestos (colores del corazón) y voz. Respuesta mediante botones de la pantalla.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.5.

Bajo	• Explicación de la solución tras la respuesta del usuario. • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 4 (1 estímulo correcto y 3 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.
Medio	• Explicación de la solución tras la respuesta del usuario. • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 6 (1 estímulo correcto y 5 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2.
Alto	• Sin explicación de la solución tras la respuesta del usuario. • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 6 (1 estímulo correcto y 5 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 1.

Tabla 7.5: Parámetros variables del ejercicio Percepción 2 según el nivel.

7.7 Percepción 3: Reconocer sonidos animales

Mini reproduce el sonido de un animal por la tableta, y el sujeto debe indicar de qué animal se trata.

7.7.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "En este ejercicio, voy a ir poniendo sonidos de animales y quiero que me digas por el micrófono a qué animal pertenece el sonido. Seguro que los reconoces todos. Empecemos. Atento al siguiente sonido".
- Sonido animal por la tableta (Imagen y audio).
- R: "¿De qué animal se trata?".
- Respuesta del usuario por voz (o pantalla).
- Se repite el sonido mientras que se muestra la solución.

Figura 7.2: Imagen que muestra Mini por la pantalla cuando el usuario debe prestar atención al sonido que está reproduciendo el robot a través de la tableta.

- R: "Es un perro. Sin duda es mi animal favorito. Vamos con el siguiente animal".

7.7.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta compleja-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta según nivel
- Tiempo estimado: 2'
- Niveles: Véase la Tabla 7.6.

Bajo	• Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta mediante audio por tableta y voz. Respuesta mediante botones de la pantalla. • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 4 (1 estímulo correcto y 3 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2.
Alto	• Método de pregunta/respuesta múltiple: – Opción 1: Pregunta mediante audio por tableta y voz. Respuesta mediante voz. – Opción 2: Pregunta mediante audio por tableta y voz. Respuesta mediante botones de la pantalla. • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 0 por voz y 4 por pantalla (1 estímulo correcto y 3 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2 (voz) + 1 (pantalla).

Tabla 7.6: Parámetros variables del ejercicio Percepción 3 según el nivel.

7.8 Percepción 4: Movimientos Mini

El robot cambia la posición de sus articulaciones, y el usuario tiene que replicar dicha posición usando microMini.

Figura 7.3: Imagen que muestra Mini a través de la pantalla al inicio del ejercicio Percepción 4.

7.8.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "En el siguiente ejercicio vas a necesitar a la mini más pequeña. Yo voy a ir realizando distintos movimientos con mi cuerpo y tú tienes que repetirlos moviendo la parte correspondiente en la otra Mini. Empecemos".
- El robot mueve una de sus articulaciones.
- El usuario replica ese movimiento mediante microMini.

7.8.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta mediante gestos. Respuesta mediante movimientos de las articulaciones de microMini.
- Tiempo estimado: 1' 30".
- Niveles: Véase la Tabla 7.7.

Bajo	• Nº Preguntas: 4 (movimiento de uno de los brazos). • Nº Opciones: 6 (2 brazos por 3 posibles posiciones). • Tiempo de respuesta: 15s por cada elemento de la secuencia. • Nº Intentos: 2. • Nº Preguntas: 4 (movimiento de uno de los brazos o cabeza horizontal). • Nº Opciones: 9 (2 brazos y cabeza por 3 posibles posiciones). • Tiempo de respuesta: 15s por cada elemento de la secuencia. • Nº Intentos: 2.
Alto	• Nº Preguntas: 4 (movimiento de uno de los brazos o cabeza horizontal o vertical). • Nº Opciones: 12 (2 brazos y cabeza por 3 posibles posiciones). • Tiempo de respuesta: 10s por cada elemento de la secuencia. • Nº Intentos: 2.

Tabla 7.7: Parámetros variables del ejercicio Percepción 4 según el nivel.

7.9 Percepción 5: Formas y colores

El robot pide que se le muestre una tarjeta con un color y/o forma concreta. El usuario, que cuenta con una colección de tarjetas con distintas formas de distintos colores, selecciona una que cumpla las condiciones del robot.

7.9.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "Para el siguiente ejercicio, yo te voy a decir un color o forma y tú, de entre las tarjetas que tienes en la mesa, me tienes que mostrar la tarjeta que se corresponda a lo que he pedido".
- R: "Muéstrame una tarjeta con un objeto verde".
- El usuario muestra la tarjeta correspondiente y el robot la percibe mediante la cámara.

7.9.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta mediante voz. Respuesta mediante tarjetas de formas de colores.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.8.

Bajo	• Nº Preguntas: 6 (3 preguntas de color y 3 de formas). • Nº Opciones: 9 (3 estímulos correctos. 3 formas por 3 colores). • Tiempo de respuesta: 15s por cada elemento de la secuencia. • Nº Intentos: 2.
Medio	• Nº Preguntas: 6 (preguntas de color y forma simultáneos). • Nº Opciones: 9 (1 estímulo correcto. 3 formas por 3 colores). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.
Alto	• Nº Preguntas: 6 (preguntas de color y forma simultáneos). • Nº Opciones: 16 (1 estímulo correcto. 4 formas por 4 colores). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.

Tabla 7.8: Parámetros variables del ejercicio Percepción 5 según el nivel.

7.10 Memoria 1: Recordar palabras

El robot dice una palabra, y tras un tiempo de espera en el que se le muestra al usuario un video de cuenta atrás de 5s, se pregunta al sujeto por la palabra que ha dicho el robot. A medida que avanza el ejercicio, se repite este proceso, pero aumentando el número de palabras de forma sumatoria, es decir, a las palabras que ya ha tenido que recordar el usuario se le añade una nueva. A modo de ayuda, según sea el nivel, al mismo tiempo que el robot dice las palabras, se muestran las palabras por la pantalla junto con una imagen correspondiente. El tiempo intermedio antes de poder decir la respuesta se mantiene constante durante el ejercicio.

7.10.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "El siguiente ejercicio es para demostrarme la memoria que tienes. Yo te voy a ir diciendo varias palabras. A continuación, voy a dejar un tiempo de espera y cuando te pregunte, tú me tienes que decir de una en una, cuáles eran, pero en el mismo orden en el que te he dicho yo. ¡Vamos!".
- R: "Las palabras a memorizar son mochila y alfombra".

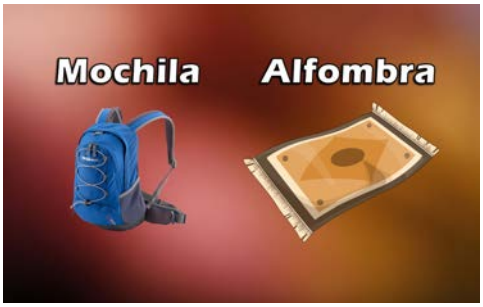

Figura 7.4: Ejemplo de una imagen que muestra Mini durante el ejercicio Memoria 1.

- Tiempo de espera: Video cuenta atrás.
- Respuesta del usuario por la pantalla.
- R: "Muy bien. La respuesta era mochila y alfombra." (se vuelve a mostrar la imagen con las palabras a memorizar).

7.10.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta compleja-Respuesta múltiple.
- Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta según nivel. Respuesta mediante botones de la pantalla.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.9.

Bajo	• Pregunta mediante voz e imagen en pantalla (con las palabras a memorizar y sus imágenes asociadas). • Tiempo de espera: 7s. • Nº Preguntas: 4 (1 palabra, 2 palabras, etc.). • Nº Opciones: 3 estímulos incorrectos más los correctos con límite de 6. • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2 por respuesta total.
Medio	• Pregunta mediante voz e imagen en pantalla (con sólo las imágenes asociadas a las palabras a memorizar). • Tiempo de espera: 7s. • Nº Preguntas: 5 (1 palabra, 2 palabras, etc.). • Nº Opciones: 3 estímulos incorrectos más los correctos con límite de 6. • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2 por respuesta total.
Alto	• Pregunta mediante voz. • Tiempo de espera: 7s. • Nº Preguntas: 6 (1 palabra, 2 palabras, etc.). • Nº Opciones: 3 estímulos incorrectos más los correctos con límite de 7. • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2 por respuesta total.

Tabla 7.9: Parámetros variables del ejercicio Memoria 1 según el nivel.

7.11 Memoria 2: Monumentos

"Juego de los monumentos". El robot muestra un monumento por la pantalla, y el usuario debe decir en qué ciudad se encuentra. Estos monumentos pueden ser nacionales o internacionales.

7.11.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "Este juego es muy fácil. En este caso, voy a ir mostrando fotos de monumentos de todo el mundo. Tú me tienes que decir por el micrófono en qué ciudad se encuentran. Empecemos".
- R: "Seguro que sabes decirme dónde se encuentra esta torre. Roma, Paris o Madrid".
- Respuesta del usuario por voz (o pantalla).

Figura 7.5: Ejemplo de una imagen que muestra Mini durante el ejercicio Memoria 2.

- R: "La torre Eiffel es un símbolo de Paris. Pero qué bonita y romántica es esa ciudad".

7.11.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta múltiple:
  - Opción 1: Pregunta mediante imágenes por pantalla y voz. Respuesta mediante voz.
  - Opción 2: Pregunta mediante voz y botones en la pantalla. Respuesta mediante botones de la pantalla.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.10.

Bajo	• Nº Preguntas: 5. • Nº Opciones: 3 (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2 (voz) + 2 (pantalla).
Alto	• Nº Preguntas: 5. • Nº Opciones: 0 por voz y 3 por pantalla (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2 (voz) + 1 (pantalla).

Tabla 7.10: Parámetros variables del ejercicio Memoria 2 según el nivel.

7.12 Memoria 3: Comidas regionales

El robot muestra una foto de una comida típica por la pantalla, y el usuario debe decir a qué zona de España pertenece.

7.12.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "En este ejercicio, voy a ir poniendo diferentes fotos de comida y me tienes que decir a qué zona de España pertenece. Para que no sea muy difícil, os voy a dar a elegir entre tres opciones. A ver qué tal se te da".
- R: "De dónde es la paella: Valencia, Albacete o León".

Figura 7.6: Ejemplo de una pantalla que muestra Mini durante el ejercicio Memoria 3 en el caso que el usuario deba contestar a través de los botones.

- Respuesta del usuario por voz (o pantalla).
- R: "La paella valenciana es típica de valencia, como bien dice su nombre".

7.12.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta múltiple:
  - Opción 1: Pregunta mediante imágenes por pantalla y voz. Respuesta mediante voz.
  - Opción 2: Pregunta mediante voz y botones en la pantalla. Respuesta mediante botones de la pantalla.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.11.

Bajo	• Nº Preguntas: 5. • Nº Opciones: 3 (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2 (voz) + 2 (pantalla).
Alto	• Nº Preguntas: 5. • Nº Opciones: 0 por voz y 3 por pantalla (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2 (voz) + 1 (pantalla).

Tabla 7.11: Parámetros variables del ejercicio Memoria 3 según el nivel.

7.13 Memoria 4: Objetos de profesiones

Se muestra un objeto por pantalla, y el usuario debe decir cuál de los profesionales que se muestran a continuación por pantalla utiliza ese objeto en su trabajo.

7.13.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "En este juego, te voy a ir enseñando objetos y me tienes que decir qué persona de las que te muestro por la pantalla utiliza ese objeto para su profesión".
- R: "Fíjate en este objeto" (Tiempo espera).

Figura 7.7: Ejemplo de una imagen que muestra Mini durante la pregunta en el ejercicio Memoria 4.

- R: "Qué persona de las que se muestran por pantalla utiliza ese objeto en su trabajo?".
- Respuesta del usuario por los botones de la pantalla.
- R: "El estétoscopio sirve para que el médico ausculte a los pacientes".

Figura 7.8: Ejemplo de una imagen que muestra Mini durante la respuesta en el ejercicio Memoria 4.

7.13.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta compleja-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta según nivel.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.12.

Bajo	• Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta mediante imagen por pantalla y voz. Respuesta mediante botones de la pantalla. • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 4 (1 estímulo correcto y 3 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.
Medio	• Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta mediante imagen por pantalla y voz. Respuesta mediante botones de la pantalla. • Nº Preguntas: 6. • Nº Opciones: 6 (1 estímulo correcto y 5 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2.
Alto	• Método de pregunta/respuesta múltiple: – Opción 1: Pregunta mediante imagen por pantalla y voz. Respuesta mediante voz. – Opción 2: Pregunta mediante imagen por pantalla y voz. Respuesta mediante botones de la pantalla. • Nº Preguntas: 6. • Nº Opciones: 0 por voz y 6 por pantalla (1 estímulo correcto y 5 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2.

Tabla 7.12: Parámetros variables del ejercicio Memoria 4 según el nivel.

7.14 Memoria 5: Movimientos Mini

El robot reproduce una serie de movimientos y el usuario los tiene que repetir usando a microMini.

7.14.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "El siguiente ejercicio es para demostrarme la memoria que tienes. Yo voy a realizar unos movimientos, y cuando te avise, tendrás que esperar un cierto tiempo antes de que puedas reproducir el movimiento en la mini pequeña".
- R: "Repite los movimientos que he realizado".
- Respuesta del usuario mediante movimientos de las articulaciones de microMini.

7.14.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta compleja-Respuesta múltiple.
- Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta mediante gestos y voz. Respuesta mediante movimientos de las articulaciones de microMini.
- Tiempo estimado: 2' 30".
- Niveles: Véase la Tabla 7.13.

Bajo	• Nº Preguntas: 4 (2 movimientos implicando los brazos). • Nº Opciones: 6 (2 brazos por 3 posibles posiciones). • Tiempo de respuesta: 15s por cada elemento de la secuencia. • Nº Intentos: 2 por secuencia.
Medio	• Nº Preguntas: 4 (3 movimientos implicando los brazos). • Nº Opciones: 6 (2 brazos por 3 posibles posiciones). • Tiempo de respuesta: 15s por cada elemento de la secuencia. • Nº Intentos: 2 por secuencia.
Alto	• Nº Preguntas: 4 (3 movimientos implicando los brazos y el movimiento horizontal de la cabeza). • Nº Opciones: 9 (2 brazos y cabeza por 3 posibles posiciones). • Tiempo de respuesta: 10s por cada elemento de la secuencia. • Nº Intentos: 2 por secuencia.

Tabla 7.13: Parámetros variables del ejercicio Memoria 5 según el nivel.

7.15 Función ejecutiva 1: Encuentra el diferente

De una lista de objetos que se muestran por la pantalla, el usuario debe decir cuál es el que no tiene relación con los demás, o el que menos relación tiene.

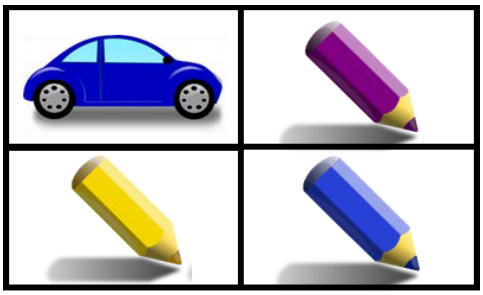

Figura 7.9: Ejemplo de una pantalla que muestra Mini durante el ejercicio Función ejecutiva 1.

7.15.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "En este ejercicio, voy a mostrar varias imágenes a la vez por la pantalla, y tú tendrás que tocar aquella que no tenga relación con las demás. A ver qué tal".
- R: "¿En cuál de estas imágenes hay algo diferente?".
- Respuesta del usuario por pantalla.
- R: "Todos son lápices excepto el coche".

7.15.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta múltiple: Pregunta mediante imagen por pantalla y voz. Respuesta mediante botones de la pantalla.
- Tiempo estimado: 1' 30".
- Niveles: Véase la Tabla 7.14.

Bajo	• Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 4 -> 3 relacionados semánticamente y 1 no (ej: 3 instrumentos musicales y un animal). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.
Alto	• Nº Preguntas: 5. • Nº Opciones: 6 -> Todos relacionados con una característica común (ej: todos animales) pero 5 de ellos con una particularidad (ej: 5 domésticos y uno salvaje). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2.

Tabla 7.14: Parámetros variables del ejercicio Función ejecutiva 1 según el nivel.

7.16 Función ejecutiva 2: Refranes

El robot dice el principio de un refrán, y el usuario tiene que decir cómo acaba. En el nivel superior, el robot muestra una imagen con las palabras de un refrán desordenadas, y el usuario debe decir de qué refrán se trata. Este ejercicio puede también considerarse como parte del grupo de ejercicios definidos para estimular la función cognitiva de lenguaje.

7.16.1 Desarrollo del ejercicio

Nivel Bajo

- R: "En este ejercicio, voy a ir diciendo la primera parte de un refrán y tú, me tienes que decir por el micrófono cómo termina".
- R: "¿Más vale pájaro en mano?".
- Respuesta del usuario por voz (o pantalla).
- R: "Más vale pájaro en mano, que ciento volando".

Nivel Alto

- R: "En este ejercicio, voy a mostrarte por pantalla un refrán con las palabras desordenadas y tú me tienes que decir el refrán completo".
- Imagen del refrán desordenado por la pantalla.

Figura 7.10: Ejemplo de una imagen que muestra Mini a través de la pantalla durante la pregunta en el ejercicio Función ejecutiva 2.

- Respuesta del usuario por voz (o pantalla).
- R: "Más vale pájaro en mano, que ciento volando".

7.16.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta múltiple según nivel.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.15.

Bajo	• El robot dice el principio de un refrán y el usuario tiene que decir cómo acaba. • Método de pregunta/respuesta múltiple: – Opción 1: Pregunta mediante voz. Respuesta mediante voz. – Opción 2: Pregunta mediante voz. Respuesta mediante botones de la pantalla. • Nº Preguntas: 6. • Nº Opciones: 0 por voz y 4 por pantalla (1 estímulo correcto y 3 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2 (voz) + 1 (pantalla).
Alto	• El robot muestra una imagen con las palabras desordenadas de un refrán y el usuario debe decir de qué refrán se trata. • Método de pregunta/respuesta múltiple: – Opción 1: Pregunta mediante imagen por pantalla y voz. Respuesta mediante voz. – Opción 2: Pregunta mediante imagen por pantalla y voz. Respuesta mediante botones de la pantalla. • Nº Preguntas: 6. • Nº Opciones: 0 por voz y 4 por pantalla (1 estímulo correcto y 3 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2 (voz) + 1 (pantalla).

Tabla 7.15: Parámetros variables del ejercicio Función ejecutiva 2 según el nivel.

7.17 Función ejecutiva 3: Secuencias

El robot muestra una serie de imágenes a través de la pantalla, y el usuario debe ir pulsándolas según el orden lógico de la secuencia a la que pertenecen.

7.17.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "El siguiente ejercicio es muy fácil. Yo te voy a mostrar varias imágenes en la pantalla y tú tienes que ir seleccionándolas por orden temporal. Vamos con ello".
- R: "Ordena esta secuencia".
- Respuesta del usuario mediante botones de la pantalla.
- R: "Esta es la secuencia ordenada".

Figura 7.11: Ejemplo de una imagen que muestra Mini a través de la pantalla durante la solución en el ejercicio Función ejecutiva 3.

7.17.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta múltiple.
- Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta mediante voz. Respuesta mediante botones de la pantalla.
- Tiempo estimado: 2' 30".
- Niveles: Véase la Tabla 7.16.

Bajo	• Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 4 estímulos correctos. • Tiempo de respuesta: 15s por cada elemento de la secuencia. • Nº Intentos: 2 por secuencia.
Alto	• Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 2 preguntas con 5 estímulos correctos y 2 preguntas con 6 estímulos. • Tiempo de respuesta: 10s por cada elemento de la secuencia. • Nº Intentos: 2 por secuencia.

Tabla 7.16: Parámetros variables del ejercicio Función ejecutiva 3 según el nivel.

7.18 Cálculo 1: Operaciones simples

El robot plantea varias operaciones numéricas al sujeto para que este diga el resultado.

7.18.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "En el siguiente ejercicio, vamos a hacer un poco de matemáticas. Yo te voy a decir una operación y tú me tienes que contestar por la pantalla, cuál es el resultado".
- R: "¿Cuánto es 5 más 3?".
- Respuesta del usuario por pantalla (menú con opciones).
- R: "La respuesta es 8".

7.18.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta compleja-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta por voz. Respuesta mediante botones de la pantalla.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.17.

Bajo	• Operaciones de sumas. • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 3 (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.
Medio	• Operaciones de restas. • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 3 (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.
Alto	• Operaciones de multiplicaciones. • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 3 (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.

Tabla 7.17: Parámetros variables del ejercicio Cálculo 1 según el nivel.

7.19 Cálculo 2: Operaciones mixtas

Mismo planteamiento que en el ejercicio de Cálculo 1, pero con variaciones según el nivel.

7.19.1 Desarrollo del ejercicio

Similar al de Cálculo 1.

7.19.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta compleja-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta por voz. Respuesta mediante botones de la pantalla.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.18.

Bajo	• Operaciones de sumas. • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 3 (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.
Medio	• Operaciones de sumas y restas. • Nº Preguntas: 4 (2 de sumas y 2 de restas). • Nº Opciones: 3 (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.
Alto	• Operaciones de sumas, restas y multiplicaciones. • Nº Preguntas: 4 (2 de sumas, 2 de restas y 2 de multiplicaciones). • Nº Opciones: 3 (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.

Tabla 7.18: Parámetros variables del ejercicio Cálculo 2 según el nivel.

7.20 Cálculo 3: Operaciones aplicadas

El robot plantea varios problemas al sujeto de situaciones cotidianas con resultado numérico.

7.20.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "En el siguiente ejercicio, vamos a hacer un poco de matemáticas. Yo voy a ir planteando un problema y tú me tienes que contestar por la pantalla, cuál es el resultado".
- R: "Juan va al mercado. La carne le cuesta 12 euros, y paga con un billete de 20. ¿Cuánto le tienen que devolver?".
- Respuesta del usuario por pantalla (menú con opciones).
- R: "La respuesta sería 20 menos 12 igual a 8".

7.20.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta compleja-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta por voz. Respuesta mediante botones de la pantalla.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.19.

Bajo	• Operaciones de sumas. • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 3 (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.
Medio	• Operaciones de sumas y restas. • Nº Preguntas: 4 (2 de sumas y 2 de restas). • Nº Opciones: 3 (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.
Alto	• Operaciones de sumas, restas y multiplicaciones. • Nº Preguntas: 4 (2 de sumas, 2 de restas y 2 de multiplicaciones). • Nº Opciones: 3 (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.

Tabla 7.19: Parámetros variables del ejercicio Cálculo 3 según el nivel.

7.21 Cálculo 4: Cálculo de dinero

En los niveles más sencillos, el robot enseña por la pantalla dos imágenes en las que se muestran una cantidad distinta de monedas, y el usuario debe elegir la opción en la que haya más dinero. En el nivel superior, se le muestra una imagen al usuario con una cantidad de dinero, y éste debe seleccionar la opción de la pantalla que corresponda a la cantidad presentada.

7.21.1 Desarrollo del ejercicio

Nivel Bajo y Medio

- R: "En el siguiente ejercicio, vamos a hacer un poco de matemáticas. Yo voy a enseñarte dos opciones con distintas cantidades de dinero. Tú me tienes que decir en cuál de ellas hay más dinero".
- R: "¿En cuál de las dos opciones tengo más dinero?".
- Respuesta del usuario por pantalla (menú con opciones).

Figura 7.12: Ejemplo de la pantalla que muestra Mini a través de la tableta durante el nivel bajo del ejercicio Cálculo 4.

- R: "Tengo más dinero en este caso".

Nivel Alto

- R:"En el siguiente ejercicio, te voy a mostrar una cantidad de dinero y tú tienes que ver cuánto dinero hay y seleccionar la opción correcta en la pantalla".
- R: "¿Cuánto dinero hay aquí?".
- Respuesta del usuario por pantalla (menú con opciones).
- R: "En la imagen hay 33 euros con 20 céntimos".

Figura 7.13: Ejemplo de una imagen que muestra Mini a través de la pantalla durante la pregunta en el ejercicio Cálculo 4 nivel alto.

7.21.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta compleja-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta mediante imagen por pantalla y voz. Respuesta mediante botones de la pantalla.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.20.

Bajo	• Indicar la opción con más dinero (opciones con 1 a 4 monedas). • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 1 (1 estímulo correcto y 1 incorrecto). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.
Medio	• Indicar la opción con más dinero (opciones con 2 a 6 monedas). • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 2 (1 estímulo correcto y 1 incorrecto). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.
Alto	• Indicar la cantidad de dinero que se muestra (monedas y billetes). • Nº Preguntas: 4. • Nº Opciones: 3 (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.

Tabla 7.20: Parámetros variables del ejercicio Cálculo 4 según el nivel.

7.22 Lenguaje 1: Palabras relacionadas

En el nivel bajo de este ejercicio, el usuario, de entre una lista de palabras, debe seleccionar aquellas pertenecientes a una categoría. Para el nivel superior, el robot dice una palabra, mostrando además por pantalla una imagen con una lista de palabras. El usuario debe decir cuál de esas palabras tiene relación con la que ha dicho el robot.

7.22.1 Desarrollo del ejercicio

Nivel Bajo

- R: "En este ejercicio, te voy a enseñar seis palabras, y tú tienes qué seleccionar en la pantalla, cuáles son de la categoría que te voy a decir".

- R: "¿Qué palabras de la pantalla son nombres de animales?" (Ejemplo de opciones: Lobo, Perro, Hielo, Tigre, Taza y Cerdo).
- Respuesta del usuario mediante botones de la pantalla.
- R: "La respuesta era lobo, perro, tigre y cerdo".

Nivel Alto

- R: "En este ejercicio, te voy a decir una palabra y tú, tienes qué seleccionar la palabra de la pantalla que tenga relación con la que te he dicho".
- R: "Qué palabra de la pantalla está relacionada con agua?".

Figura 7.14: Ejemplo de una imagen que muestra Mini a través de la pantalla durante la pregunta en el ejercicio Lenguaje 1 nivel bajo.

- Respuesta del usuario por voz (o por pantalla).
- R: "La respuesta era hielo, porque se trata de agua congelada".

Figura 7.15: Ejemplo de una imagen que muestra Mini a través de la pantalla durante la solución en el ejercicio Lenguaje 1 nivel bajo.

7.22.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución según nivel.

- Método de pregunta/respuesta según nivel.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.21.

Bajo	• El usuario selecciona aquellas palabras del menú mostrado pertenecientes a la categoría que el robot indica. • Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta múltiple. • Método de pregunta/respuesta simple: Pregunta mediante voz. Respuesta mediante botones de la pantalla. • Nº Preguntas: 5. • Nº Opciones: 6 (4 estímulos correctos y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 2.
Alto	• El robot dice una palabra y muestra una imagen con una lista de palabras y el usuario debe decir aquella palabra de la pantalla que tenga relación con la que ha dicho el robot. • Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta simple. • Método de pregunta/respuesta múltiple: – Opción 1: Pregunta mediante imagen por pantalla y voz. Respuesta mediante voz. – Opción 2: Pregunta mediante imagen por pantalla y voz. Respuesta mediante botones de la pantalla. • Nº Preguntas: 6. • Nº Opciones: 6 (1 estímulo correcto y 5 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 2 (voz) + 1 (pantalla).

Tabla 7.21: Parámetros variables del ejercicio Lenguaje 1 según el nivel.

7.23 Lenguaje 2: Completar palabras

El robot muestra una imagen por pantalla con una palabra a la que le faltan letras, y el usuario debe indicar de qué palabra se trata. En el nivel más bajo, el robot además indica la categoría a la que pertenece esa palabra. En el caso de que el usuario no sepa la palabra, se le vuelve a mostrar la palabra pero mostrando una de las letras que faltaba. Este proceso se repite hasta que falta sólo una letra, donde en vez de por voz, el usuario debe seleccionar la palabra correcta a través de los botones de la pantalla.

7.23.1 Desarrollo del ejercicio

- R: "En este ejercicio, te voy a enseñar una palabra a la que le faltan letras, y tú me tienes que decir por el micrófono de qué palabra se trata. A ver qué tal se te da".
- R: "Completa la siguiente palabra".

Figura 7.16: Ejemplo de una imagen que muestra Mini a través de la pantalla durante la pregunta en el ejercicio Lenguaje 2.

- Respuesta del usuario mediante voz (o pantalla).
- R: "La palabra es jamón".

7.23.2 Características del ejercicio

- Tipo de ejecución: Pregunta simple-Respuesta simple.
- Método de pregunta/respuesta múltiple:
  - Opción 1: Pregunta mediante imagen en pantalla y voz. Respuesta mediante voz.
  - Opción 2: Pregunta mediante imagen en pantalla y voz. Respuesta mediante botones de la pantalla.
- Tiempo estimado: 2'.
- Niveles: Véase la Tabla 7.22.

Bajo	• Mini muestra la imagen indicando la categoría de la palabra (Por ejemplo: Completa el siguiente animal). • Se muestra una palabra sólo con consonantes. • Nº Preguntas: 4 palabras con 2 espacios y 2 palabras con 3 espacios. • Nº Opciones: 0 por voz y 3 por pantalla (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 15s. • Nº Intentos: 1 por cada intento antes de rellenar un espacio.
Medio	• Mini muestra la imagen sin indicar la categoría de la palabra. • Se muestra una palabra a la que le faltan vocales. • Nº Preguntas: 3 palabras con 2 espacios y 3 palabras con 3 espacios. • Nº Opciones: 0 por voz y 3 por pantalla (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 1 por cada intento antes de rellenar un espacio.
Alto	• Mini muestra la imagen sin indicar la categoría de la palabra. • Se muestra una palabra a la que le faltan vocales y consonantes. • Nº Preguntas: 3 palabras con 2 espacios y 3 palabras con 3 espacios. • Nº Opciones: 0 por voz y 3 por pantalla (1 estímulo correcto y 2 incorrectos). • Tiempo de respuesta: 10s. • Nº Intentos: 1 por cada intento antes de rellenar un espacio.

Tabla 7.22: Parámetros variables del ejercicio Lenguaje 2 según el nivel.

7.24 Resumen

En este capítulo se ha presentado el repertorio de ejercicios incluidos en el robot, gracias a los cuales se pueden ejercitar distintas funciones cognitivas, al igual que utilizar los distintos métodos de interacción que el robot Mini permite.

A continuación, en el siguiente capítulo se presentan las pruebas realizadas con usuarios con el fin de medir el nivel de aceptación y usabilidad del robot y los ejercicios, tras la realización de una sesión individual de estimulación cognitiva.

CAPÍTULO 8

Pruebas con usuarios

8.1 Introducción

Para poder comprobar la utilidad y aceptación de la habilidad de estimulación en el robot Mini, se han llevado a cabo una serie de pruebas preliminares con ancianos con distinto nivel de deterioro cognitivo de cara a analizar la capacidad de los usuarios para poder realizar una sesión individual de estimulación cognitiva con Mini, y analizar los problemas planteados que pudiesen surgir durante la ejecución de los ejercicios.

Por desgracia, el análisis de la eficacia del programa completo de estimulación cognitiva con un usuario durante un periodo largo de tiempo no ha podido ser realizado debido a diversos motivos que lo han imposibilitado. En primer lugar, el correcto desarrollo de un tratamiento diario no sólo depende de la propia habilidad en sí, sino también de otros módulos del robot como el DMS, el cual implica que sea más complejo que la máquina de estados presentada en el capítulo 4. Este sistema, no sólo decide cuando lanzar el tratamiento en sí, sino también cuando lanzar el resto de habilidades, haciendo que el funcionamiento diario del robot sea más complejo, implicando además en su diseño a varios miembros del equipo de investigación. En la actualidad, se está trabajando en la realización de pruebas de robustez en este ámbito. Por otra parte, todo este sistema ha sido diseñado para obtener los datos a través de una interfaz externa, que es la encargada de obtener toda la información del usuario y transmitirla al robot, así como de crear la base de datos con toda la información de los ejercicios para la aplicación de estimulación cognitiva. Dado que todo este trabajo también se encuentra en desarrollo, no ha sido posible realizar ninguna prueba que implique el análisis de la eficacia real del programa planteado.

De cara a la obtención de distintos resultados, se llevaron a cabo dos tandas de pruebas. Ambas consistieron en realizar una sesión individual de estimulación cognitiva con una duración aproximada de 20-25 minutos según la velocidad del usuario para resolver los ejercicios. A continuación se detalla en qué consistió cada una de estas pruebas, los cuestionarios que se utilizaron, los participantes y los resultados obtenidos.

8.2 Pruebas preliminares de la sesión

Esta primera tanda de pruebas, realizadas en la segunda mitad del año 2017, se llevaron a cabo de cara a poder comprobar la capacidad de las personas mayores para realizar una sesión de estimulación cognitiva con Mini de forma totalmente autónoma y también comprobar si aguantaban la interacción durante toda la sesión, o si por el contrario preferían interrumpir la prueba, ya fuese por desinterés o aburrimiento. Para ello, además de contar con participantes mayores de 65 años, también se contó con jóvenes con edades comprendidas entre 20 y 35 años. Los resultados de los participantes jóvenes sólo se tuvieron en cuenta de cara a comprobar si los problemas que podían surgir a la hora de realizar la sesión podían deberse en parte a la edad de los participantes o no. En total, participaron 15 personas mayores (8 mujeres y 7 hombres) sin deterioro cognitivo, con edades comprendidas entre 65 y 97 años (M=82.6; SD=7.0), y 8 jóvenes (4 chicas y 4 chicos) con edades comprendidas entre 22 y 37 años (M=29.3; SD=5.3).

8.2.1 Procedimiento

En esta sesión, las respuestas del usuario sólo podían venir dadas mediante voz o por medio de la botones mostrados en la pantalla, mientras que el robot podía mostrar información utilizando tanto voz, gestos o la tableta. La información a mostrar por la tableta podía variar entre una única imagen, imagen y música, vídeo o un menú en el que se mostrase sólo los botones de las opciones que podía elegir el usuario.

La sesión consistía en la realización de ocho ejercicios en los que se incluyó diferentes funciones cognitivas. Para comenzar la sesión, se empezaba con un ejercicio de orientación para situar al usuario en el tiempo. A continuación, y durante la sesión, se alternaban ejercicios de distintas funciones cognitivas en los que en cada uno de ellos se ejercitaba una función concreta de forma predominante. Los ejercicios seleccionados a realizar en la sesión fueron los siguientes: Orientación temporal (Orientación), Sonidos de animales (Percepción acústica), Reconocer emociones del robot (Percepción visual rostros), Buscar el diferente (Función ejecutiva interferencia), Recordar palabras (Memoria corto plazo verbal), Colores del corazón (Percepción colores), Monumentos del mundo (Memoria semántica) y Completar refranes (Lenguaje automático). Además, se incluyeron dos

actividades de entretenimiento intercaladas con los ejercicios, que servían a su vez para ejercitar la memoria y la percepción (reconocimiento de lugares característicos de Madrid y canción popular).

Para llevar a cabo la sesión, el procedimiento seguido fue el siguiente:

1. El usuario entraba en la habitación y el responsable le enseñaba el robot con el que iba a interaccionar, sin saber en qué iba a consistir la prueba.

2. El responsable le explicaba el funcionamiento de la sesión y cómo debía interaccionar con Mini.

3. Tras esto, el responsable despertaba a Mini y lanzaba la sesión.

4. Una vez empezada la sesión, el participante debía realizar los distintos ejercicios de manera autónoma. Durante la sesión el responsable supervisaba la interacción de cara a solucionar problemas que pudiesen surgir, dar apoyo al usuario y poder recoger datos acerca de la propia interacción.

5. Durante la sesión, tras cada dos ejercicios, Mini preguntaba al usuario si quería continuar a través de los botones de la tableta. En caso positivo, el robot continuaba con la sesión. Si por el contrario, el usuario pulsaba la opción "No", el robot interrumpía la sesión, finalizando con ello la prueba.

6. Cuando el robot terminaba la sesión, éste se salía de la habilidad, tras lo cual, el responsable le volvía a mandar a dormir y la prueba finalizaba.

Figura 8.1: Una participante realizando un ejercicio perteneciente a la sesión de las pruebas preliminares.

8.2.2 Método de evaluación

De cara a obtener resultados de las pruebas, además de grabar imagen y audio de toda la sesión, en el caso de las personas mayores, éstas debían rellenar un cuestionario al finalizar la sesión (véase el Anexo A). En él se les hicieron preguntas acerca de la propia sesión sobre distintos aspectos, basándose en una escala del 1 (En absoluto) al 5 (Por supuesto):

- Si le había gustado.
- Si le gustaría repetir.
- Si le gustaría tener un robot como Mini en casa.
- Si les parecía útil.
- Si había entendido bien al robot.
- Si los ejercicios habían sido fáciles o difíciles.

Finalmente, se les planteó un cuestionario basado en el cuestionario Godspeed [124], el cual fue reducido con el fin de evaluar sólo uno o dos parámetros de cada uno de los bloques planteados: Antropomorfismo (Aspecto máquina-Aspecto humano, Artificial-Parece Vivo), Animacidad (Indiferente-Atento), Simpatía (Disgusta-Gusta, Feo-Bonito), Inteligencia (Ignorante-Culto) y Seguridad (Tranquilo-Agitado, No sorprendido- Sorprendido).

8.2.3 Resultados

Los resultados que se obtuvieron a través de las pruebas fueron bastante buenos. En primer lugar, todos los usuarios completaron la totalidad de los ejercicios propuestos de la sesión. Incluso llegaron a mostrarse decepcionados cuando se les comunicaba que la sesión ya había terminando y por tanto, ya habían terminado la prueba. Por otra parte, los resultados obtenidos a partir de los cuestionarios también demostraron que a los participantes les había gustado la prueba (véase la Figura 8.2), dando lugar a una puntuación de 4,79 (sobre 5) en la pregunta de si volverían a repetir. Aunque no se puede considerar un dato negativo, se puede observar que aunque a los participantes les gustase la prueba y el robot, y además considerasen útil realizar ejercicios de estimulación cognitiva con Mini (4,5), puntuaron de manera inferior el aspecto de si les gustaría tener un robot como Mini en casa. Esto puede deberse a distintos motivos, cuyo estudio podría dar lugar a futuras pruebas. Una de las suposiciones que se ha planteado se basa en el hecho de que los participantes de esta prueba, aunque opinasen que el escenario puede ser útil, no ven la necesidad de incluirlo en su día a día, al no padecer ningún tipo de deterioro cognitivo.

	Media	σ	Media Mujeres	σ	Media Hombres	σ
¿Le ha gustado el robot? (En absoluto-Por supuesto)	4,6	0,5	4,7	0,5	4,6	0,5
¿Cómo le ha parecido la sesión? (Aburrida-Divertida)	4,7	0,5	4,7	0,5	4,7	0,5
¿Cómo le ha parecido el nivel de los ejercicios? (Difíciles-Fáciles)	4,2	0,9	4,7	0,7	3,7	0,9
¿Cómo le ha parecido la voz del robot? (Confusa-Clara)	4,5	0,7	4,3	0,9	4,7	0,5
¿Volvería a jugar con Mini? (En absoluto-Por supuesto)	4,8	0,6	4,7	0,7	4,9	0,3
¿Le gustaría tener un robot como Mini en casa? (En absoluto-Por supuesto)	4,1	1,0	3,9	1,1	4,3	0,9
¿Cree útil un robot que realice ejercicios como los de la sesión? (En absoluto-Por supuesto)	4,5	0,6	4,4	0,5	4,6	0,7

Figura 8.2: Resultados de las primeras pruebas preliminares de la sesión.

Por otra parte, si se analizan los datos obtenido a través del cuestionario reducido Godspeed (Figura 8.3), se puede llegar a la conclusión que aunque a los usuarios no les pareció un robot demasiado bonito, sí que les gustó bastante, calificando este atributo con un 4,7. A esto se le suma el hecho de que lo consideraron un robot inteligente, percepción bastante comprensible ya que el robot conoce todas las respuestas a las preguntas que plantea a lo largo de los ejercicios. De la misma forma, los usuarios consideraron a Mini un robot muy atento. Esto puede deberse a la continua realimentación que el robot lleva a cabo según las distintas respuestas del usuario, animándole en mayor medida en los casos en los que no acierta una pregunta.

	Media	σ	Media Mujeres	σ	Media Hombres	σ
Aspecto máquina-Aspecto humano (Antropomorfismo)	3,3	1,1	3,0	0,9	3,6	1,2
Artificial-Parece vivo (Antropomorfismo)	3,4	1,0	3,0	0,9	3,7	1,0
Indiferente-Atento (Animacidad)	4,5	0,6	4,3	0,7	4,7	0,5
Disgusta-Gusta (Simpatía)	4,7	0,5	4,6	0,5	4,9	0,3
Feo-Bonito (Simpatía)	3,6	1,2	3,9	1,1	3,4	1,2
Ignorante-Culto (Inteligencia)	4,1	1,1	4,1	0,8	4,1	1,4
Sin inteligencia-Inteligente (Inteligencia)	4,4	0,9	4,1	1,0	4,6	0,7
Nervioso-Tranquilo (Seguridad)	3,6	1,6	3,1	1,7	4,0	1,3
No soprendido-Sorprendido (Seguridad)	2,9	1,4	2,6	1,7	3,1	1,0

Figura 8.3: Resultados del cuestionario basado en el Godspeed.

Además de lo anteriormente expuesto, durante la realización de la prueba se pudieron observar distintos aspectos a destacar, los cuales se mencionan a continuación:

- Las personas mayores mostraron dificultad de cara a entender y reconocer las emociones que mostraba el robot. En contraposición, los participantes jóvenes no tuvieron este problema, pudiendo realizar el ejercicio correspondiente sin ningún inconveniente.

- Se observó que las personas mayores solían presentar problemas para saber a dónde tenían que prestar atención, sobre todo en aquellos ejercicios en los que debían mirar al robot y contestar a través de los botones de la pantalla. En estos casos, el responsable tuvo que ayudar a los participantes con el fin de que estos entendiesen la metodología a seguir, tras lo cual, los usuarios sí que fueron capaces de realizar dichos ejercicios. Por su parte, este problema no surgió en el caso de los participantes jóvenes.

- Se presentaron ciertas dificultades en referencia al método de respuesta por voz, dando lugar a problemas en el reconocimiento de ciertas respuestas. En algunas ocasiones, los participantes tendían a responder antes de que Mini empezase a "escuchar", para lo cual, el robot emitía un pequeño pitido. A esto, se sumaba el hecho de que no todos los participantes vocalizaban suficiente bien o se acercaban demasiado el micrófono (utilizado para reducir el ruido ambiente), además de las dificultades del propio reconocedor para entender con fiabilidad todo lo que dice el usuario. Esto en alguna ocasión creaba cierta frustración por parte del participante, sobre todo cuando su respuesta había sido correcta.

- Por otra parte, durante el desarrollo de los ejercicios, se observó que los participantes disfrutaban cuando el robot hacía algún comentario gracioso en el momento de decir la solución del ejercicio (ej: "¡Muy bien! Es un gallo. Mira que odio cuando les da por cacarear a primera hora de la mañana. Soy una dormilona.").

- Finalmente, los participantes mayores destacaron que veían a Mini más como un pequeño ser en vez de como un ordenador, creando un mayor nivel de cercanía. Esto dio lugar a que en momentos en los que el robot fallaba, los participantes llegaban a justificar la situación, como por ejemplo, diciendo que el robot no tenía ganas de hacerlo en ese momento o que la "pobre" no escuchaba bien. De hecho, una persona al terminar la prueba expresó que "veía al ordenador como una máquina, pero un robot como Mini sería más cercano a lo que es una persona". En contraposición, la interacción con los participantes más jóvenes fue más distante, además de gestionar de manera distinta los fallos surgidos, entendiendo las causas de ello.

8.3 Estudio de usabilidad y aceptación

El objetivo principal de esta segunda tanda de pruebas, realizadas en el año 2019, ha sido estudiar la aceptación y usabilidad de Mini con un grupo de personas mayores con y sin deterioro cognitivo, tras la realización de una sesión individual. Para ello, se contó con la colaboración del equipo de profesionales de la Clínica de Memoria y talleres de memoria de la Fundación INTRAS[1].

Por una parte, la prueba serviría para estudiar qué factores pueden aumentar la aceptación y adopción de un robot social como Mini en personas mayores, con y sin deterioro cognitivo, permitiendo desarrollar mejores diseños e implementaciones con el fin de maximizar su percepción y aceptación. Por otro lado, se deseaba analizar el nivel de usabilidad del robot Mini en el escenario de *Estimulación cognitiva* en personas mayores con y sin deterioro cognitivo, estudiando los distintos métodos de interacción y evaluar cuál puede ser más sencillo para el usuario, de cara a desarrollar robots más accesibles, útiles y satisfactorios.

Para ello, se plantearon una serie de factores que se creía que podían afectar en los resultados que se obtuviesen durante la prueba, determinando las siguientes tareas a llevar a cabo:

- Estudiar si la experiencia con las nuevas tecnologías tiene alguna influencia sobre la aceptación del robot.
- Analizar la influencia del deterioro cognitivo sobre la percepción del robot y de cómo esta última podría influir sobre la aceptación.
- Estudiar la influencia del deterioro cognitivo sobre la utilización de los diferentes métodos de respuesta en la interacción con el robot.
- Analizar si la experiencia con las nuevas tecnologías tiene alguna influencia sobre la utilización de los diferentes métodos de respuesta en la interacción con el robot.
- Determinar comparativamente que método de interacción con el robot es más usable.

Las hipótesis planteadas en esta serie de experimentos fueron las siguientes:

- Los participantes con mayor experiencia en tecnologías aceptarán en mayor medida el robot.
- Los participantes con mayor deterioro cognitivo tendrán una percepción más negativa del robot y, cuanto más negativa sea su percepción, peor será la aceptación.
- Los participantes que cometan más errores durante la sesión, así como aquellos que hayan acertado casi todas las preguntas, tendrán una opinión más negativa del robot acerca de su aceptación/usabilidad.

[1] https://www.intras.es/nos-hacemos-mayores

- Los participantes con mayor deterioro cognitivo tendrán más dificultades para responder cuando se trata de métodos mixtos de interacción.
- Se espera que los participantes con independencia de su deterioro cognitivo funcionen mejor con los métodos de interacción más simples.

8.3.1 Participantes

En total participaron 18 participantes (M=79,6 años y SD=4,29): 4 personas sin deterioro cognitivo (SDC), 7 diagnosticadas de deterioro cognitivo leve (DCL) y 7 diagnosticadas de demencia leve (DML). Los criterios de inclusión propuestos para los distintos grupos fueron los siguientes: ser mayor de 60 años, ser capaz de tomar decisiones, saber leer y escribir y no tener perdida de algún sentido que dificultase el uso de los dispositivos (ej. ceguera o sordera). Los participantes en el estudio fueron reclutados entre los pacientes de la Clínica de Memoria y talleres de memoria de la Fundación INTRAS.

8.3.2 Procedimiento

Los usuarios antes de comenzar la prueba firmaron un consentimiento informado y cumplimentaron un cuestionario de datos sociodemográficos, tras lo cual el evaluador les explicó el procedimiento a seguir, junto con las tareas que realizarían con el robot Mini. Las pruebas se realizaron de tal manera que sólo un usuario a la vez podía realizar el experimento, permitiendo una cuidadosa monitorización de sus acciones y comportamiento, con el fin de recoger las correspondientes medidas de eficacia, eficiencia y satisfacción.

La prueba consistía en la realización por parte de los participantes de una serie de ejercicios prácticos previamente establecidos. Finalizados dicho ejercicios, los participantes debían responder a una serie de cuestionarios con el objetivo de evaluar su aceptación, percepción y usabilidad del robot Mini. El evaluador por su parte también debía responder a un cuestionario acerca de la actuación del usuario durante la prueba. Además, los experimentos fueron grabados en audio y video, para su posterior análisis.

A continuación se exponen el procedimiento seguido durante la interacción del usuario con el robot:

1. Para iniciar el experimento, tras la explicación de la prueba por parte del responsable, el usuario debía sentarse delante del robot para iniciar la interacción con el robot. La prueba comenzaba con el robot dormido.

2. Para poder empezar a interaccionar con Mini, el usuario debía despertar al robot tocándole en la tripa u hombros. Una vez despierto, el robot preguntaba al usuario qué quería hacer.

3. Primero, se le debía pedir al robot que se presentase. Esto servía simplemente para que el usuario conociese al robot y perdiese un poco el "miedo" a interaccionar con él.

4. Tras esto, el robot volvía a preguntar qué quería hacer. En este caso, el usuario debía decir que le explicase cómo podía interaccionar con él. Tras esto, el robot comenzaba a explicar al usuario las distintas formas de interacción (micrófono, tableta y sensores de tacto), sirviendo además de entrenamiento para la posterior realización de ejercicios.

5. Finalizadas las instrucciones, el usuario debía indicar que quería comenzar la sesión después que el robot le preguntase, y a continuación, éste debía seleccionar la única opción de sesión que se mostraba a través de la tableta. La sesión contenía seis ejercicios, cada uno con un tipo de interacción distinta, de forma que se pudiese medir las diferencias entre los distintos métodos de interacción. Para poder llevar a cabo este estudio dando prioridad en la dificultad de los distintos métodos de respuesta y no tanto en la dificultad de los ejercicios en sí, el nivel de estos sería el más bajo. A continuación, se exponen los distintos ejercicios seleccionados según su método de interacción:

    a) Sonidos de animales (Interacción mediante la tableta).
    b) Completar refranes (Interacción mediante voz).
    c) Atención cambio de color corazón (Interacción mediante tacto).
    d) Monumentos (Interacción mixta: Imagen por pantalla y respuesta por voz).
    e) Percepción color corazón (Interacción mixta: Corazón del robot y respuesta por los botones de la pantalla).
    f) Atención cambio de imagen (Interacción mixta: Imagen por pantalla y respuesta mediante sensores de tacto del robot).

6. Tras acabar la prueba, el robot volvía a preguntar qué quería hacer el usuario, tras lo cual, se debía indicar que se fuese a dormir.

8.3.3 Método de evaluación

Además de grabar la sesión como ya se ha comentado, tanto el usuario como el responsable del experimento debían cumplimentar una serie de cuestionarios (Anexo A), los cuales se explican a continuación:

Figura 8.4: Una participante realizando el estudio de aceptación y usabilidad.

- Cuestionario de Datos Sociodemográficos: Con el fin de recoger los datos sociodemográficos relevantes de los participantes.
- Cuestionario de Aceptación del robot: Para evaluar la aceptación del robot se desarrolló un cuestionario basándose en un modelo adaptado de la teoría unificada de aceptación y uso de la tecnología propuesto por Heerink *et al.* [123]. El cuestionario final permitía la captura de los siguientes factores sobre la aceptación del robot: ansiedad, actitud hacia los robots, intención de uso, entretenimiento percibido, facilidad de uso percibida, sociabilidad percibida y utilidad percibida. Este cuestionario constaba de 17 items en una escala del 1 a 5, donde 1=totalmente en desacuerdo y 5=totalmente de acuerdo.
- Cuestionario Godspeed: Es uno de los cuestionarios más frecuentemente utilizados en la interacción humano-robot [124]. Este cuestionario consta de cinco escalas que son relevantes para evaluar la percepción de la interacción humano-robot. Las escalas son Antropomorfismo, Animación, Simpatía, Inteligencia Percibida y Seguridad Percibida. El cuestionario se compone de 24 ítems que son pares de atributos opuestos (puntuando sobre una escala del 1 a 5) que pueden aplicarse al robot.
- Cuestionario de usabilidad SUS (del inglés *System Usability Scale*) [125]: Es uno de los cuestionarios más conocidos por combinar un pequeño número de preguntas y medir con precisión la usabilidad de una herramienta, programa de ordenador, instrumento, etc. Está compuesto de diez ítems en una escala del 1 a 5, donde 1 está totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo. A las puntuaciones totales se aplican las transformaciones necesarias para presentarla en una escala de 1 a 100.

- Cuestionario para el profesional: Se trata de un cuestionario realizado de cara a la propia prueba para evaluar la actuación del usuario en las tareas desde el punto de vista del profesional o responsable. Consta de 7 ítems con una gradación que va de 1 a 5, y que el profesional debe elegir aquel que mejor refleje su impresión.

8.3.4 Resultados del estudio de aceptación

A través del primer cuestionario se puede observar cómo la aceptación de las nuevas tecnologías (Figura 8.5) se ve afectada por el distinto grado de deterioro de los participantes, donde los participantes sin deterioro puntuaron por encima del 4, mientras que los otros dos grupos obtuvieron medias inferiores. A partir de estos resultados, también se observa que la mayor parte de los usuarios tienen experiencia tanto con la televisión como en el uso del móvil. Por lo contrario, todos los participantes expusieron su uso nulo del ordenador, tableta y por supuesto, Internet.

	Media	σ	Media SD	σ	Media DM	σ	Media DCL	σ
Interés nuevas tecnologías	3,4	1,3	5,0	0,0	3,7	1,2	2,7	1,2
¿Le gusta usar la tecnología?	3,4	1,2	4,5	0,5	3,9	1,0	2,7	1,0
TV	4,4	0,8	5,0	0,0	4,3	0,5	4,3	1,0
Móvil	3,8	1,4	4,5	0,5	3,4	1,6	3,9	1,2
Ordenador	1,1	0,2	1,0	0,0	1,0	0,0	1,1	0,3
Internet	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
Tablet	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0

Figura 8.5: Resultados del cuestionario sobre nuevas tecnologías.

Por otra parte, los datos obtenidos del cuestionario SUS (Figura 8.6) dieron unos resultados que, aunque no son los más óptimos, se mantienen en un rango medio-alto llegando a valores medios del 70%, y alcanzando un 77% en algunos de los participantes. Como se puede observar, los datos resultantes no difieren en gran medida a través de los distintos grupos de participantes, aunque sí que sufren bastantes variaciones dentro de los propios grupos, por lo que la mejor aproximación en este caso sería a través de las medias generales. A partir de los datos medios resultantes de cada una de las preguntas, se puede observar aquellos aspectos que los participantes han visto de manera negativa y aquellas fortalezas de Mini en ese aspecto.

Por una parte, los usuarios han puntuado de manera bastante alta las preguntas de “Creo que necesitaría del apoyo de un experto para manejar el robot” y “Necesito aprender muchas cosas antes de manejarme con el robot”, mostrando cómo los usuarios no se han considerado del todo capaces para llevar a cabo las tareas a realizar. En contraposición, han puntuado de manera positiva el aspecto

		Media	σ	Media SD	σ	Media DM	σ	Media DCL	σ
P	**Creo que me gustará usar con frecuencia este robot**	4,5	0,6	4,5	0,5	4,7	0,5	4,3	0,7
N	Encontré el robot innecesariamente complejo	1,9	0,6	2,5	0,5	1,7	0,5	2,0	0,5
P	Pensé que era fácil utilizar el robot	4,1	1,1	4,5	0,5	4,0	1,3	4,0	0,9
N	**Creo que necesitaría del apoyo de un experto para manejar el robot**	3,7	1,4	3,0	2,0	3,7	1,2	3,9	1,2
P	Encontré que las diversas funciones del robot estaban bien integradas	4,4	0,5	4,5	0,5	4,1	0,3	4,6	0,5
N	Pensé que había demasiada incosistencia en el robot	2,4	1,1	3,0	1,0	2,6	1,3	2,1	0,8
P	Imagino que la mayoría de las personas aprenderían muy rápidamente a utilizar el robot	4,1	0,8	3,5	0,5	4,3	0,5	4,1	1,0
N	Encontré el robot muy incómodo de usar	1,9	0,5	2,5	0,5	1,9	0,3	1,7	0,5
P	**Me sentí muy confiado en el manejo del robot**	4,5	0,6	4,5	0,5	4,7	0,5	4,3	0,7
N	**Necesito aprender muchas cosas antes de manejarme con el robot**	3,9	1,2	4,5	0,5	3,9	1,2	3,9	1,2
	1, 3, 5 y 7: Positivas 2, 4, 6 y 8: Negativas								
	Punt. TOTAL	69,2	7,6	65,0	0,0	70,4	9,2	69,3	6,5

Figura 8.6: Resultados del cuestionario SUS.

referente a si piensan que el robot es fácil de usar. Esto demuestra que pueden existir más factores que afecten en la visión negativa de los usuarios sobre su capacidad para realizar las tareas planteadas. Un ejemplo puede ser la falta de conocimiento de algunas de las respuestas que debían dar durante los ejercicios, lo que justificaría las dos afirmaciones. Otro factor puede ser el hecho de que los usuarios tuviesen que realizar unas tareas concretas, factor que puede dar lugar a indecisión o duda en el caso de no obtener una respuesta esperada según la tarea definida (por ejemplo, en los casos en los que el robot no entendía correctamente al usuario) y por ello, necesitar la ayuda de otra persona. Otra posible justificación, puede deducirse a partir de los resultados obtenidos en el cuestionario de aceptación (Figura 8.7), donde se puede observar que los participantes han puntuado de manera negativa los dos primeros aspectos referentes a la ansiedad (miedo a equivocarse y a romper algo), lo que podría justificar la opinión dada a través del SUS.

En cuanto a los aspectos positivos, cabe destacar el hecho de que los participantes puntuasen con medias de 4,5 los aspectos referentes a si les gustaría volver a usar al robot y si se habían sentido confiados durante el manejo. Esto se complementa con los resultados obtenidos en el cuestionario de aceptación sobre el hecho de que el robot les haya parecido agradable, útil, y que no les asuste.

Aún así, a partir de los resultados, sería interesante estudiar la evaluación de estos aspectos después de diversas sesiones, con el fin de comparar el resultado tras obtener experiencia con el robot.

		Media	σ	Media SD	σ	Media DM	σ	Media DCL	σ
Ansiedad	**Si usara el robot, tendría miedo a equivocarme**	3,6	1,5	5,0	0,0	3,1	1,6	3,7	1,3
	Si usara el robot, tendría miedo de romper algo	2,8	1,2	3,0	1,0	2,6	1,4	2,9	1,0
	El robot me asusta	1,6	0,5	2,0	0,0	1,4	0,5	1,6	0,5
	El robot me intimida	1,9	0,8	2,0	0,0	1,7	1,0	2,0	0,5
Actitud ante la tecnología	**Creo que es buena idea utilizar el robot**	4,5	0,6	5,0	0,0	4,6	0,5	4,3	0,7
	El robot podría hacer mi vida más interesante	3,9	1,2	4,0	1,0	4,3	1,4	3,4	0,7
	Utilizaría el robot otra vez	4,5	0,5	4,5	0,5	4,7	0,5	4,3	0,5
Intención de uso	Utilizaría el robot a menudo	3,8	1,2	4,0	1,0	4,6	1,0	3,0	0,9
Percepción de entretenimiento	Me gusta que el robot me hable	4,6	1,0	5,0	0,0	4,4	1,4	4,6	0,5
	El robot me parece encantador	4,4	0,9	5,0	0,0	4,4	0,5	4,1	1,1
	Disfruto haciendo cosas con el robot	4,5	0,6	5,0	0,0	4,4	0,7	4,4	0,5
	El robot me parece agradable	4,9	0,3	5,0	0,0	4,9	0,3	4,9	0,3
	El robot me parece entretenido	4,2	0,8	3,0	1,0	4,6	0,5	4,1	0,6
Percepción sociabilidad	Siento que el robot me entiende	4,3	0,8	3,0	1,0	4,6	0,5	4,4	0,7
	Encuentro agradable interaccionar con el robot	4,4	0,9	3,5	1,5	4,7	0,5	4,3	0,7
Percepción utilidad	Creo que el robot podría serme útil	4,3	0,9	5,0	0,0	4,4	0,5	3,9	1,1
	Me vendría bien tener un robot como este	4,1	1,2	4,5	0,5	4,7	0,7	3,4	1,4

Figura 8.7: Resultados del cuestionario Almere.

Como se puede observar en los resultados generales del cuestionario de aceptación (véase la Figura 8.8), el ámbito peor puntuado es el referente a la ansiedad del usuario al interaccionar con el robot. Un dato a destacar es el hecho de que las mejores y peores puntuaciones se hayan obtenido en dicho ámbito. Aun así, si se observan los distintos resultados, se puede observar que las puntuaciones positivas están referidas al propio robot y la sensación que causa en el usuario (Aspecto que también se ve reflejado en las altas puntuaciones del ámbito de "percepción de entretenimiento"). Mientras que las puntuadas más bajas, hacen referencia a la propia capacidad del usuario para interaccionar con el robot, aspecto que puede deberse a diversos motivos, como su falta de experiencia en nuevas tecnologías.

Por otra parte, si se realiza un análisis de los resultados obtenidos a través del cuestionario Godspeed (Figura 8.9), se puede comprobar que, como ya se reflejó en los otros dos cuestionarios, el robot generó simpatía a los participantes. Esto es un aspecto que se intentó tener en cuenta desde las primeras fases del desarrollo del robot, y que se puede considerar clave de cara a las primeras

impresiones que cause Mini, sobre todo en usuarios "ajenos" a las nuevas tecnologías que llegan incluso a rechazarlas. Un resultado a destacar fue el obtenido en el aspecto sobre si Mini es un robot feo o bonito. Cabe recordar que en las pruebas preliminares, el robot sin recubrimiento de peluche obtuvo una puntuación de 3,6 frente al 4,8 obtenido en estas pruebas con el recubrimiento en cabeza y brazos. Esto muestra que a los usuarios les agrada en mayor medida el robot con recubrimiento de peluche por todo el cuerpo.

	Media	σ	Media SD	σ	Media DM	σ	Media DCL	σ
Ansiedad (valor invertido)	3,5	1,3	3,0	1,3	3,8	1,4	3,5	1,2
Actitud ante la tecnología	4,3	0,9	4,5	0,8	4,5	0,9	4,0	0,8
Intención de uso	3,8	1,2	4,0	1,0	4,6	1,0	3,0	0,9
Percepción de entretenimiento	4,5	0,8	4,6	0,9	4,5	0,8	4,4	0,7
Percepción sociabilidad	4,3	0,9	3,3	1,3	4,6	0,5	4,4	0,7
Percepción utilidad	4,2	1,1	4,8	0,4	4,6	0,6	3,6	1,3

Figura 8.8: Resultados del cuestionario Almere según el campo de referencia.

En contraposición, los participantes puntuaron de manera más baja el aspecto de Animacidad, expresando que el robot les parecía mecánico. Esto puede deberse a distintos aspectos como los gestos que realiza, las reacciones del robot, o incluso el ruido que genera al mover cada una de las articulaciones. Es por ello, que de cara a obtener mejores resultados, sería necesario realizar un análisis de aquellos factores que puedan estar afectando a dicha percepción.

Otro aspecto a destacar son las diferentes puntuaciones que se pueden apreciar en el grupo de participantes sin demencia en los cuestionarios de aceptación y Godspeed, respecto a los otros dos grupos. En el primer cuestionario, este grupo puntúo por encima de los otros dos grupos (con una puntuación máximo) los aspectos relacionados con la percepción de entretenimiento. Esto es justificable, dado que los participantes de los otros dos grupos, al padecer de deterioro cognitivo y demencia, están familiarizados con los ejercicios de estimulación cognitiva considerándolos parte de su tratamiento más que una actividad de entretenimiento, como puede ser el caso de los participantes sin demencia.

Por otra parte, si se observa el cuestionario Godspeed, se puede apreciar el alto contraste de las puntuaciones reflejadas en el grupo de usuarios sin demencia, obteniendo los valores extremos del cuestionario total. Este resultado puede justificarse en el hecho de que los participantes de este colectivo, pueden tener una visión más crítica de la prueba en relación a las personas con demencia o deterioro cognitivo, puntuando tanto muy bien como muy mal aquellos aspectos que destacan del robot.

	Media	σ	Media SD	σ	Media DM	σ	Media DCL	σ
Falso-Natural	4,3	0,7	5,0	0,0	4,3	0,7	4,1	0,6
Con aspecto de máquina-Con aspecto humano	3,5	1,5	3,5	1,5	3,9	1,0	3,1	1,7
Incosciente-Cosciente	4,4	0,7	5,0	0,0	4,3	0,7	4,3	0,7
Arificial-Parece vivo	3,6	1,3	4,5	0,5	3,1	1,5	3,7	1,0
Se mueve rígidamente-Se mueve con fluidez	4,4	0,8	5,0	0,0	4,0	0,9	4,6	0,5
Muerto-Vivo	4,5	0,6	5,0	0,0	4,4	0,7	4,4	0,5
Inactivo-Vivaz	3,9	1,0	3,5	1,5	3,7	0,9	4,3	0,7
Mecánico-Orgánico	2,9	1,4	1,5	0,5	3,0	1,5	3,1	1,1
Arificial-Parece vivo	3,5	1,3	4,5	0,5	3,1	1,5	3,6	1,2
Estático-Interactivo	4,0	1,3	5,0	0,0	3,3	1,6	4,4	0,5
Indiferente-Atento	4,6	0,5	5,0	0,0	4,4	0,5	4,6	0,5
Disgusta-Gusta	4,7	0,5	5,0	0,0	4,6	0,5	4,7	0,5
No amigable-Amigable	4,7	0,7	5,0	0,0	4,7	0,7	4,6	0,7
Descortés-Amable	4,8	0,4	5,0	0,0	4,6	0,5	4,9	0,3
Desagradable-Agradable	4,7	0,5	5,0	0,0	4,6	0,5	4,7	0,5
Feo-Bonito	4,8	0,6	5,0	0,0	4,6	0,7	4,9	0,3
Incompetente-Competente	4,7	0,6	5,0	0,0	4,4	0,7	4,9	0,3
Ignorante-Culto	4,8	0,4	5,0	0,0	4,4	0,5	5,0	0,0
Irresponsable-Responsable	4,6	1,1	5,0	0,0	4,6	0,7	4,4	1,4
Sin inteligencia-Inteligente	4,4	1,0	5,0	0,0	4,7	0,5	4,0	1,3
Insensato-Juicioso	4,5	0,9	3,5	1,5	4,4	0,7	4,9	0,3
Ansioso-Relajado	4,4	0,8	5,0	0,0	4,3	0,7	4,3	0,9
Agitado-Tranquilo	3,9	0,9	4,5	0,5	3,6	0,9	4,0	0,8
No sorprendido-Sorprendido	4,3	1,3	5,0	0,0	4,7	0,5	3,6	1,8
I. ANTROPOMORFISMO	4,0	1,1	4,6	0,9	3,9	1,1	4,0	1,1
II.ANIMACIÓN	3,9	1,2	4,1	1,4	3,7	1,3	4,1	1,0
III.SIMPATÍA	4,7	0,5	5,0	0,0	4,6	0,6	4,7	0,5
IV.INTELIGENCIA PERCIBIDA	4,6	0,8	4,7	0,9	4,5	0,6	4,6	1,0
V.SEGURIDAD PERCIBIDA	4,2	1,0	4,8	0,4	4,2	0,9	4,0	1,3

Figura 8.9: Resultados del cuestionario Godspeed.

Esta visión crítica también puede ser orientada hacia la propia realización del ejercicio y su desempeño para llevarlo a cabo. Si se observa el cuestionario de aceptación y el SUS, el grupo de personas sin demencia han puntuado de manera más extrema las afirmaciones referentes a si tendrían miedo a equivocarse usando el robot y expresando cómo necesitarían aprender ciertas cosas antes de manejarse con el robot. Por otro lado, los dos otros dos grupos han obtenido valores inferiores. Esto, al igual que sucede con la percepción de entretenimiento, puede deberse a la costumbre que tienen estas personas de realizar ejercicios de este índole, sin llegar a darle especial importancia en el caso de que se equivoquen. En contraposición, las personas sin demencia tienden a exigirse más de sí mismos, lo que implica que un fallo pueda dar lugar a reacciones más extremas.

8.3.5 Resultados del estudio de usabilidad

De cara a analizar la capacidad de los participantes para llevar a cabo los distintos ejercicios propuestos, es importante realizar el análisis de diversos factores que pueden afectar en el correcto desempeño de la prueba. Para ello, se han considerado cinco tipos de dificultades o impedimentos que los usuarios pueden haber tenido durante la realización de los ejercicios:

- Dificultad en entender la metodología del ejercicio: El usuario no entiende correctamente qué es lo que tiene que hacer en el ejercicio.
- Dificultad en reconocer el método de respuesta: El usuario no sabe qué dispositivo tiene que utilizar para contestar. Por ejemplo, en aquellos casos en los que el usuario intenta contestar por voz cuando el método de respuesta es a través de los botones de la pantalla.
- Dificultad en el uso del dispositivo correspondiente al método de respuesta: El usuario no sabe utilizar el dispositivo de respuesta.
- Dificultad con el contenido de la respuesta: El usuario no sabe la respuesta correcta.
- Falta de atención: El usuario se muestra disperso o nervioso, lo que le impide concentrarse en la tarea.

Estas dificultades pueden surgir al inicio de cada ejercicio y dependiendo del caso, persistir durante su realización. Por ello, es importante tener en consideración tanto la ayuda que hayan podido recibir los usuarios al inicio como a lo largo de los distintos ejercicios.

En la Figura 8.10 se muestra el porcentaje de participantes que necesitaron ayuda del responsable al inicio de cada ejercicio con el fin de entender sus instrucciones y el método de respuesta a utilizar. Como se puede observar, el grado de ayuda en las personas sin demencia es inferior en comparación a los otros dos grupos. En relación a la ayuda referente a las instrucciones de los ejercicios, se puede observar como aquellos ejercicios en los que se utiliza un método mixto, el porcentaje de ayuda es mayor en todos los grupos en comparación a los ejercicios con método simple. De igual forma, aquellos ejercicios que implican responder mediante los sensores de tacto también requieren un mayor nivel de ayuda, reflejándose estos resultados tanto en el entrenamiento como en la realización de los propios ejercicios (*Atención Color Corazón* y *Atención Cambio Imagen*).

Por otra lado, si se analiza el porcentaje de ayuda respecto al método de respuesta, se puede observar como en el grupo de personas sin demencia, una vez que han realizado el entrenamiento, no precisan de ayuda en cuanto a este aspecto durante la realización de los ejercicios. Esto mismo sucede con los usuarios con deterioro cognitivo leve, aunque de manera no tan evidente, los cuales más o menos mantuvieron el nivel de ayuda en relación a las respuestas por voz, pero en los otros

Ayuda terapeuta instrucciones		%SI	%SI SD	%SI DM	%SI DCL
Entrenamiento	Micro	31,3	0,0	14,3	57,1
	Tablet	31,3	50,0	14,3	42,9
	Sensores	56,3	50,0	28,6	85,7
Sonidos Animales		25,0	0,0	28,6	28,6
Completar Refranes		50,0	0,0	71,4	42,9
Atención Color Corazón		75,0	50,0	85,7	71,4
Monumentos		43,8	50,0	57,1	28,6
Percepción Color Corazón		50,0	0,0	71,4	42,9
Atención Cambio Imagen		100,0	100,0	100,0	100,0

Ayuda terapeuta método respuesta		%SI	%SI SD	%SI DM	%SI DCL
Entrenamiento	Micro	50,0	100,0	42,9	42,9
	Tablet	31,3	50,0	14,3	42,9
	Sensores	81,3	100,0	71,4	85,7
Sonidos Animales		6,3	0,0	0,0	14,3
Completar Refranes		56,3	0,0	71,4	57,1
Atención Color Corazón		56,3	0,0	71,4	57,1
Monumentos		43,8	0,0	42,9	57,1
Percepción Color Corazón		12,5	0,0	14,3	14,3
Atención Cambio Imagen		50,0	0,0	85,7	28,6

Figura 8.10: Porcentaje de participantes que han requerido ayuda del terapeuta en la realización de cada ejercicio.

dos métodos, disminuyeron en un alto porcentaje. Por su parte, los participantes con demencia obtuvieron valores menos consistentes, variando su nivel de ayuda a lo largo de la prueba.

En cuanto al método de respuesta, como se ha expuesto en las dificultades que pueden surgir, es necesario diferenciar entre la dificultad debida a que el usuario no sepa exactamente a través de qué dispositivos tiene que contestar (por ejemplo, esperando a que aparezcan los botones en la pantalla cuando en realidad, debe contestar por voz a través del micrófono), o los problemas relacionados al uso del propio dispositivo de respuesta. En relación a este segundo aspecto, se observaron los siguientes problemas por cada uno de los dispositivos a usar:

- Micrófono: Dado que el reconocedor de Mini no está encendido siempre, los usuarios deben esperar hasta que el robot emite un pitido para poder ellos contestar. Esto, al igual que sucedió en las pruebas preliminares, daba lugar a confusión ya que había usuarios que tendían a responder antes de tiempo. También hubo casos en los que los usuarios no vocalizaban bien, por lo que el robot no les llegaba a entender, aunque hubiese contestado correctamente la pregunta. Por otra parte, hubo una par de casos en los que los usuarios no sabían como usar

el propio micrófono, incluso llegando a intentar utilizarlo como si se tratase de un altavoz en el que tenían que colocar el oído.

- Pantalla: Aunque este dispositivo no causó especial problema, hubo algún caso muy disperso en el que los usuarios no llegaban a pulsar bien el botón de la pantalla debido a que no le daban con la yema, sino que lo hacían con la uña, o le daban demasiado rápido y flojo, por lo que la tableta no lo procesaba. Otro problema que surgió al principio de usar este dispositivo es que hubo un par de casos, en los que el robot al indicar que pulsasen el botón de la pantalla durante el entrenamiento, los usuarios pulsaron el botón físico de la propia tableta, en vez de los que se mostraban por la pantalla.

- Sensores de tacto:En relación a este método de respuesta, el problema principal que surgió fue que los usuarios tuvieron problemas para detectar la zona donde debían tocar al robot para activar los sensores de tacto.

Todos estos problemas mencionados pueden verse reflejados de igual manera a lo largo de la realización del ejercicio. En la Figura 8.11 se refleja el nivel de éxito que los distintos colectivos han tenido de cara a llevar a cabo cada tarea, y los tipos de problemas que han surgido con ello. Por una parte, como se ve reflejado, los problemas que han surgido en el colectivo sin demencia han sido sobre todo debido al desconocimiento del contenido sobre el que se preguntaba (refranes y monumentos), y no tanto por el método de respuesta, a excepción del primer ejercicio de atención. En este ejercicio, los participantes tuvieron problemas de cara a entender la metodología a seguir, problema que desapareció en el segundo ejercicio de atención.

En referencia a los otros dos colectivos, se puede observar cómo los ejercicios que implican responder a través de los botones de la pantalla no reflejan apenas problemas en el uso del método de respuesta, al contrario de los ejercicios que implican el uso del micrófono para contestar. Otro aspecto a destacar es el aumento de casos con problemas en el entendimiento de la metodología a seguir en aquellos ejercicios con un método de interacción mixta que implique el propio robot y la pantalla. Esto en parte se debe a las limitaciones que pueden presentar estas personas para prestar atención a dos sitios a la vez. En cuanto a la metodología del ejercicio, también se puede observar que este problema surgió en el primer ejercicio de atención, al igual que sucedió con las personas sin demencia. Esto puede deberse a que los usuarios no están familiarizados con este tipo de interacción, lo que puede dar lugar a confusión en el proceso a seguir. Todos estos problemas presentados, también pueden verse reflejados en el cuestionario completado por el responsable de la prueba (Figura 8.12).

		Sonidos Animales	Completar Refranes	Atención Color Corazón	Monumentos	Percepción Color Corazón	Atención Cambio Imagen
SD	% CE	100,0	25,0	50,0	75,0	100,0	100,0
	% CD	0,0	75,0	50,0	25,0	0,0	0,0
	Dificultades	-	75% C	50% ME	25% C	-	-
	% CP	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Dificultades	-	-	-	-	-	-
DM	% CE	100,0	14,3	57,1	42,9	14,3	28,6
	% CD	0,0	28,6	28,6	28,6	42,9	14,3
	Dificultades	-	14,3% ME 14,3% C	14,3% ME 14,3% UMR	14,3% FA 14,3% C	14,3% ME 14,3% RM 14,3% UMR	14,3% ME
	% CP	0,0	42,9	14,3	28,6	42,9	57,1
	Dificultades	-	28,6% UMR 14,3% FA	14,3% ME	14,3% UMR 14,3% C	28,6% ME 14,3% C	14,3% ME 14,3% RM 14,3% UMR
DCL	% CE	100,0	28,6	57,1	28,6	85,7	57,1
	% CD	0,0	42,9	14,3	57,1	14,3	14,3
	Dificultades	-	14,3% UMR 28/% C	14,3% UMR	42,9% UMR 14,3%FA	14,3% ME	14,3% ME
	% CP	0,0	28,6	28,6	14,3	0,0	0,0
	Dificultades	-	28,6% UMR	14,3% ME 28/% FA	14,3% C	-	-

CE: Completada con éxito
CD: Completada con dificultad
CP: Completada parcialmente

ME: Dificultad en entender la metodología del ejercicio
RM: Dificultad reconocimiento método respuesta
UMR: Dificultad en uso de método respuesta
C: Dificultad con el contenido de la respuesta
FA: Falta de atención

Figura 8.11: Porcentaje de éxito y dificultades surgidas por cada uno de los ejercicios planteados.

8.3.6 Conclusiones

Como se ha presentado a través de los resultados obtenidos en estas pruebas, se puede concluir que el grado de aceptación de los usuarios respecto al robot no es proporcional al grado de deterioro cognitivo, por lo que la hipótesis que planteaba que las personas con mayor deterioro cognitivo reflejarían un menor nivel de aceptación sería incorrecta. Por otra parte, las personas con mayor experiencia en tecnologías pueden tener una visión más crítica del robot, pudiendo afectar tanto positiva como negativamente a su nivel de aceptación. Por este motivo, no puede concluirse que una mayor experiencia implique mayor aceptación, ya que puede ocurrir lo inverso.

	Media	σ	Media SD	σ	Media DM	σ	Media DCL	σ
¿El usuario oye bien al robot? (Muy mal-Muy bien)	3,6	1,1	4,5	0,5	3,7	0,9	3,3	1,3
¿El robot entiende al usuario? (Muy mal-Muy bien)	3,6	0,7	4,0	0,0	3,6	0,7	3,4	0,7
¿Requiere mucho la ayuda del terapeuta? (Muy poco-Mucho)	2,6	0,6	1,5	0,5	2,9	0,3	2,6	0,5
¿Requiere la ayuda del terapeuta para entender lo que dice el robot? (Muy poco-Mucho)	2,8	0,8	2,0	0,0	2,7	0,5	3,0	0,9
¿Requiere la ayuda del terapeuta para entender las instrucciones que da el robot? (Muy poco-Mucho)	2,9	1,0	2,0	1,0	3,0	0,8	3,1	1,0
¿Requiere la ayuda del terapeuta para responder verbalmente? (Muy poco-Mucho)	2,6	0,7	1,5	0,5	2,7	0,5	2,7	0,7
¿Requiere la ayuda del terapeuta para responder usando la pantalla? (Muy poco-Mucho)	2,1	0,8	1,0	0,0	2,3	0,7	2,3	0,7
¿Requiere la ayuda del terapeuta para responder usando la pantalla? (Muy poco-Mucho)	2,5	0,8	1,5	0,5	3,0	0,6	2,5	0,4

Figura 8.12: Respuestas del terapeuta en el cuestionario sobre la actuación del usuario en las tareas planteadas.

En cuanto a la hipótesis que exponía que aquellas personas que tuviesen menos problemas en contestar las preguntas tendrían una visión más positiva del robot puede llegarse a la conclusión que tampoco es correcta, como puede verse en el caso del colectivo sin demencia con un mejor desempeño en los ejercicios en comparación a los otros dos colectivos.

Por otra parte, la hipótesis que expone que los participantes con mayor deterioro cognitivo presentarán más dificultades en los ejercicios con métodos mixtos de interacción se confirma. Como se puede observar en la Figura 8.11, cuánto mayor es la complejidad del ejercicio en cuanto a los métodos de interacción, mayores inconvenientes surgen de cara a entender la propia metodología del ejercicio y el reconocimiento del método de respuesta a usar.

Finalmente, si analizamos la última hipótesis presentada, en la que se supuso que los participantes independientemente de su deterioro cognitivo realizarían mejor los ejercicios con métodos de interacción simple, se puede llegar a la conclusión que no es del todo cierta. En relación a este aspecto, es importante tener en cuenta la capacidad de aprendizaje del propio usuario, que puede verse afectada por el deterioro cognitivo. Esto implica que las personas sin demencia muestren una mayor capacidad de aprendizaje en comparación al resto. Esto se ve reflejado en los resultados obtenidos, ya que las personas sin demencia obtuvieron mejores resultados en los ejercicios con método mixto, ya que contaban con la experiencia obtenida a partir de los primeros ejercicios, aún siendo los segundos más complejos. Por lo contrario, las personas con demencia y deterioro cognitivo leve, si que presentaron mayores dificultades en ejercicios con métodos mixtos como se ha expuesto en la anterior hipótesis.

8.4 Resumen

En este capítulo se han presentado las pruebas realizadas con el robot Mini con el fin de analizar las primeras impresiones, el grado de aceptación y de usabilidad del escenario de *Estimulación cognitiva* implementado. Para ello, se realizaron dos tandas de pruebas. La primera sirvió para analizar la capacidad de las personas mayores para llevar a cabo una sesión de estimulación cognitiva y observar posibles inconvenientes que pudiesen surgir a lo largo de la prueba. Además, se analizaron las primeras impresiones que había causado el robot en los participantes, los cuales consideraron a Mini un robot agradable, atento e inteligente.

Además de dichas pruebas, se llevó a cabo un segundo estudio con el fin de analizar el grado de aceptación y usabilidad de 16 participantes sin demencia, con demencia y con deterioro cognitivo leve. Este estudio tuvo como objetivo analizar las diferencias existentes que podían surgir en la realización de seis tipos de ejercicios, entre los cuales tres de ellos se basaban en un método simple de interacción (implicando sólo un único canal para mostrar información y para responder), y otros tres basados en un método mixto (canal para mostrar información diferente al canal de respuesta). Además, se llevó a cabo un análisis de la aceptación de los usuarios y de las impresiones que había causado el robot.

En referencia al nivel de aceptación, Mini obtuvo resultados bastante buenos, independientemente de colectivo al que perteneciese el participante (según el nivel de deterioro cognitivo o demencia). De hecho, se observó que los participantes sin demencia pueden evaluar de manera más crítica en comparación a los otros dos grupos, lo que puede dar lugar a un mayor nivel de aceptación respecto a algunos aspecto, pero en otros, obtener una puntuación más inferior. Además de este aspecto, los participantes destacaron sobre todo el hecho de que el robot les resultaba simpático y agradable, y gran parte de ellos opinaron que estarían interesados en repetir otra sesión con Mini.

Respecto al desempeño de los participantes para llevar a cabos los distintos ejercicios, se observó que el método más simple para los usuarios es a través de los botones que se muestran por la pantalla, mientras que el uso de los sensores de tacto causó confusión al inicio de la prueba, reduciéndose a medida que se realizaban los ejercicios que involucraban dicho método. Por su parte, el uso del micrófono dio lugar a bastantes inconvenientes en relación a saber cómo utilizarlo y cuándo debían contestar los usuarios. Además de esto, también se observó como los participantes sin demencia presentaron mayor capacidad de aprendizaje respecto a los otros dos grupos, mejorando su desempeño a medida que avanzaba la prueba, independientemente que el método de interacción se volviese más complejo. Por su parte, los participantes con demencia y deterioro cognitivo leve si que presentaron mayores problemas en aquellos ejercicios con métodos mixtos, debido a la confusión

que les surgía en el entendimiento de la metodología a seguir y el reconocimiento del método de respuesta a utilizar en ellos.

Sin embargo, con el fin de comprobar la veracidad de los datos obtenidos, sería necesario realizar más estudios con una muestra mayor de usuarios, analizando en detalle aquellos aspectos que pueden dan lugar a inconvenientes, tanto en relación al propio desarrollo del ejercicio como en la apreciación del usuario. Así mismo, sería necesario realizar pruebas a largo plazo en el que se observase la capacidad de aprendizaje de los usuarios y su variación en los resultados obtenidos. De igual forma, se deberían llevar a cabo estudios probando el robot en un entorno doméstico con el objetivo de analizar las propias capacidades terapéuticas que el programa de estimulación cognitiva implementado puede aportar, más allá de la realización de una única sesión independiente.

CAPÍTULO 9

Conclusiones y trabajos futuros

9.1 Resumen del trabajo

En este documento se ha expuesto la situación actual en referencia al crecimiento del porcentaje de la población mayor de 65 años, debido en gran medida, al aumento de la esperanza de vida y al bajo nivel de natalidad de muchos países desarrollados. Esta situación ha provocado a su vez un incremento en los casos de demencia. Gran parte de estos mayores desean alargar en la medida de lo posible su capacidad de independencia, quedándose en sus propios domicilios, de cara a mantener su calidad de vida.

Esto implica un aumento en los recursos dirigidos a la ayuda y asistencia de personas mayores en el entorno doméstico, tanto a nivel económico como social. Uno de los campos en los que se está invirtiendo más esfuerzo, de cara a desarrollar dichas ayudas, es el referente a la aplicación de nuevas tecnologías orientadas a este fin. Dentro de este ámbito, se encuentran los robots sociales. En los últimos años la creación de robots para uso geriátrico, así como el número de estudios e investigaciones en este campo, se encuentra en auge. Sin embargo, gran parte de estos robots se limitan a ser prototipos de laboratorio o a periodos cortos de tiempo de interacción con los usuarios finales, sin llegar a suponer realmente esa ayuda diaria que el anciano necesita.

En esta tesis se ha presentado un estudio y posterior análisis para determinar los requisitos y las funcionalidades necesarias para el diseño de un robot que interaccione con este tipo de usuario de manera diaria, abarcando aquellas tareas que requieran de su ayuda en el entorno doméstico. Para realizar este estudio, se contó con la ayuda de diferentes expertos de las materias involucradas. Esto sirvió como punto de partida para la construcción de un primer prototipo robótico llamado Mini, en cuyo desarrollo participaron los distintos miembros del grupo de robótica social del RoboticsLab

de la UC3M. Este prototipo fue probado con usuarios de un centro de día, con el fin de analizar las primeras impresiones de los usuarios así como para observar posibles problemáticas referentes a la interacción y analizar las posibles líneas futuras de trabajo.

Una de estas líneas se centró en el desarrollo de un programa terapéutico de estimulación cognitiva, usando el robot Mini como principal plataforma de interacción. Esta propuesta de investigación se consideró de gran interés debido a que prácticamente no había ningún robot que abarcase un programa de estimulación cognitiva incluyendo los distintos modos de interacción propios de un robot social. De cara al desarrollo de este programa, se hizo necesario un análisis de los principales métodos ya existentes, y de las ventajas y desventajas que podía suponer el uso de Mini para ese fin. A partir de este análisis, se ha presentado una propuesta de programa de estimulación, considerando aspectos terapéuticos y técnicos. Para ello, se ha tenido en cuenta que Mini está orientada a interactuar con una persona mayor en su domicilio durante el día, lo que abre la posibilidad de utilizar dicho programa de estimulación a través de un conjunto de sesiones distribuidas a nivel diario. Estas sesiones son definidas a partir de un tratamiento semanal que debe pautar el terapeuta, en base al cual, el robot debe ser capaz de determinar los distintos tratamientos diarios a llevar a cabo.

Otro aspecto básico, de cara al desarrollo del programa terapéutico de estimulación cognitiva en el robot, es el diseño de ejercicios que abarquen las distintas capacidades cognitivas del usuario, y que involucren los diversos modos de interacción que Mini permite. De cara a definir estos ejercicios se ha realizado un análisis de aquellos utilizados, tanto en los métodos tradicionales como en los informáticos, que sirvan de base para concretar el repertorio de Mini. Para el desarrollo de estos ejercicios se ha tenido en cuenta la definición de una estructura general adaptable a los distintos ejercicios que Mini pueda disponer. Gracias a dicha estructura se consigue proporcionar facilidad de cara a programar los ejercicios, con el fin de poder crear un amplio repertorio, sin que esto implique una programación individual de cada uno de ellos y del contenido a mostrar.

Tras haber implementado el programa en Mini, es necesario evaluar las distintas impresiones causadas por el robot, al igual que aquellas dificultades que pueden surgir durante la interacción con ancianos, con o sin deterioro cognitivo leve. A falta de pruebas que permitan demostrar la eficacia terapéutica de este programa a largo plazo, se llevaron a cabo diversas pruebas de usabilidad y aceptación. En estas pruebas, los usuarios debían realizar una sesión individual de estimulación cognitiva con Mini, llevando a cabo una serie de ejercicios preestablecidos.

Durante las pruebas se observó que los usuarios realizaban la sesión completa sin desear interrumpirla, lo que muestra que la tarea les resultaba atractiva y entretenida. Así mismo, a través de los resultados obtenidos, se observó que los usuarios valoraban a Mini con un nivel de aceptación medio alto, considerándolo además, un robot simpático y agradable. De la misma forma,

los resultados mostraran cómo los usuarios sin demencia se mostraban más críticos sobre aquellos aspectos en los que podían haber surgido inconvenientes, afectando esto, en el nivel de aceptación en referencia a dichos aspectos.

Por otra parte, se observó como aquellos ejercicios que implican métodos mixtos de interacción pueden causar mayores dificultades en los usuarios que padecen de demencia o deterioro cognitivo, sobre todo de cara a entender las instrucciones del ejercicio. Es por ello que en futuros desarrollos, se debe tener en cuenta esto, de manera que en el diseño de los niveles bajos de aquellos ejercicios que impliquen un método mixto, se guíe al usuario de manera más intensa en la primera pregunta, con el fin de que éste pueda entender mejor la metodología a seguir.

Sin embargo, de cara a poder analizar la eficacia del programa terapéutico propuesto, se hace necesario pruebas futuras que impliquen periodos más largos y continuos con el robot, lo que también servirá para apreciar la capacidad de aprendizaje que pueden mostrar las personas con el fin de mejorar su desempeño en la realización de los distintos ejercicios que se propongan en el programa terapéutico.

9.2 Aportaciones

En base al cumplimiento de los objetivos principales que se propusieron al inicio de esta tesis (véase el Capítulo 1), las principales aportaciones han sido las siguientes:

- Estudio de especificaciones del robot social para ayuda a personas mayores, para lo cual, primero se llevaron a cabo reuniones con expertos en los ámbitos de la geriatría y la robótica. A partir de estas reuniones se definieron una serie de escenarios que representaban los distintos casos de uso del robot en los ámbitos de vigilancia, asistencia personal, entretenimiento y estimulación. Teniendo en cuenta estos escenarios, se realizó un análisis de viabilidad considerando las limitaciones para llevar a cabo cada uno de ellos, así como los requisitos para su desarrollo y las distintas configuraciones de robot posibles para llevarlos a la práctica. A su vez, cada una de estas configuraciones fue analizada con el objetivo de determinar las ventajas y desventajas que podían suponer. A partir de este análisis, se definió una configuración del robot, y se realizó una selección de aquellos escenarios posibles para dicha configuración y que supusieran escasas limitaciones para ser implementados.

- Realización de un estudio con cuidadores de personas mayores con demencia, con el fin de evaluar la utilidad de cada uno de los escenarios planteados. Esto sirvió para determinar aquellos escenarios que podían ser más relevantes para los propios cuidadores.

- Realización de pruebas preliminares con los usuarios de un centro de día, con el fin de probar el robot en sesiones grupales, aplicando algunos de los escenarios seleccionados en el ámbito del entretenimiento y de estimulación cognitiva. A partir de las pruebas, se obtuvieron resultados cualitativos acerca de las primeras impresiones que los usuarios expresaron acerca del robot, al igual que se pudieron observar ciertas limitaciones en la capacidad de interacción del robot, así como en el desarrollo de los propios escenarios propuestos. Esto supuso un replanteamiento de las propias habilidades del robot. Por otra parte, debido al éxito que se obtuvo en la realización de ejercicios relacionados con la estimulación cognitiva, y a la alta puntuación que este escenario obtuvo en el estudio previamente mencionado con los cuidadores, se observó las grandes posibilidades que podía tener la implementación de esta habilidad como parte del trabajo de la tesis.
- Análisis de los distintos métodos existentes de estimulación cognitiva, cómo son llevados a cabo, y su comparación considerando sus ventajas y desventajas. Dentro de estos métodos se incluyen: los tradicionales, los informáticos, y los desarrollados usando un robot como plataforma.
- Propuesta de programa de estimulación cognitiva usando el robot Mini como plataforma. Para la propuesta de este programa, se hizo necesario definir una serie de aspectos y requisitos que el programa debía cumplir, y que han supuesto aportaciones en sí mismas:

  - Método para definir el tratamiento a seguir diariamente a partir del tratamiento semanal diseñado por el terapeuta. Para esto, se ha introducido el concepto de actuación. Con el fin de diseñar el tratamiento semanal del usuario, el terapeuta debe definir una serie de actuaciones a llevar a cabo. Cada actuación representa un bloque de ejercicios que se deben realizar teniendo en cuenta la función cognitiva que ejercitan, su nivel, su prioridad frente a otras actuaciones y la frecuencia con la que se tienen que realizar a lo largo de la semana.

    Cada una de estas actuaciones vendrá limitada por un número de ejercicios a realizar o por un tiempo de trabajo que el usuario debe alcanzar realizando ejercicios del tipo definido. Una vez definido el tratamiento semanal, el tratamiento diario es diseñado realizando una selección de actuaciones a llevar a cabo ese día, teniendo en cuenta parámetros como la prioridad, la frecuencia y el tiempo total de tratamiento que el usuario debe alcanzar.
  - Método distribuido de sesiones de estimulación cognitiva en el tratamiento diario. Dentro de esta propuesta, se ha tenido en cuenta el hecho de que Mini es un robot orientado a interactuar con el usuario en su entorno doméstico durante todo el día y

todo el año, por lo que se abre la posibilidad del diseño de un programa de estimulación cognitiva en el que el tratamiento diario del usuario pueda ser llevado a cabo de manera distribuida. De esta forma, la realización de ejercicios no se limita a una única sesión llevada a cabo durante el día, sino que se plantea la posibilidad de poder realizar este tratamiento diario a través de sesiones más cortas distribuidas a lo largo del día, evitando de esa forma cansar al usuario en sesiones prolongadas que le exijan mantener su atención de manera excesiva.

  - Repertorio de ejercicios que abarquen las distintas funciones cognitivas posibles, en los cuales se impliquen los distintos métodos de interacción que permite Mini, y que estén basados en una metodología de pregunta-respuesta (por cada pregunta que realiza el robot, el usuario debe dar una respuesta cerrada dentro de las opciones que el robot le da).
  - Análisis de las configuraciones gráficas del contenido a mostrar a través de la Tablet, necesarias para poder llevar a cabo los distintos ejercicios de estimulación cognitiva en Mini, y que también pueden ser de utilidad para el desarrollo de otras aplicaciones a implementar.

- Implementación de la habilidad de estimulación cognitiva, a través de la cual se gestiona el tratamiento semanal del usuario y la ejecución de los distintos ejercicios. Para esto, el conjunto de aportaciones que se han llevado a cabo en referencia a dicha implementación son las siguientes:

  - Definición de una estructura general común en formato XML, a partir de la cual se consigue crear los distintos ejercicios de estimulación cognitiva de Mini. Considerando los problemas surgidos de la primera propuesta de estructura, se consiguió la definición de una nueva versión. Gracias a ella, se permite que el contenido de los ejercicios esté almacenado en una base de datos, y que en dicha estructura sólo se defina el método de ejecución del propio ejercicio. De esta manera, el mantenimiento de los ejercicios se facilita, permitiendo una mayor flexibilidad a la hora de generar un mismo ejercicio que pueda implicar distinto contenido a mostrar en cada una de sus ejecuciones.
  - Implementación de la habilidad orientada a ejecutar los distintos ejercicios. Esta habilidad permite llevar a cabo, de manera genérica, todos los ejercicios que se basen en mostrar información al usuario (sin esperar ningún tipo de respuesta) o en una metodología de pregunta-respuesta cerrada, sin afectar el cambio de los canales de entrada o salida de información.

  - Implementación de la habilidad general de estimulación cognitiva atendiendo a aspectos como la realimentación hacia al usuario, animándole a medida que realiza los ejercicios, y su proactividad en cuanto a la elección de ejercicios o sesiones. Además, también se ha implementado la capacidad de definir un ejercicio en el que se permitan distintos métodos de interacción, bloqueando aquellos que puedan impedir la comunicación del anciano con el robot, ya sea por limitaciones del usuario o por inconvenientes del entorno, como puede ser un alto ruido ambiente.
  - Seguimiento de los resultados obtenidos por el usuario en la realización de los ejercicios de tratamiento semanal, según las actuaciones definidas por el terapeuta.

- Realización de pruebas con usuarios con y sin deterioro cognitivo, de cara a obtener conclusiones acerca de la capacidad que tienen éstos para llevar a cabo una sesión de estimulación cognitiva utilizando el programa terapéutico implementado en el robot Mini, además de analizar aspectos relacionados con su nivel de aceptación y percepción del robot, así como su grado de desempeño en los ejercicios a realizar según el nivel de deterioro cognitivo que padezcan.

Algunos de los trabajos han sido realizados en equipo y por tanto los méritos de algunas de las aportaciones mencionadas anteriormente no recaen en exclusiva en la autora de esta tesis.

9.3 Trabajos futuros

Para concluir, se exponen las posibles mejoras del trabajo propuesto, constituyendo las futuras líneas de investigación y desarrollos a realizar:

- Adaptar la propia ejecución de los ejercicios, su tiempo de respuesta y número de intentos respecto al nivel de proactividad del usuario, de manera que no sólo se tenga en cuenta este nivel para la elección de un ejercicio o sesión independiente.
- Aumentar el repertorio de ejercicios, involucrando nuevos métodos de interacción como el uso de objetos exteriores que el robot pueda detectar, y nuevo contenido a mostrar, tanto general como personal del propio usuario, usando fotos, videos o datos personales (por ejemplo, en un ejercicio en el que tenga que decir el nombre de la persona que se muestra por pantalla o qué parentesco tiene respecto al usuario).
- Introducción de ejercicios que sigan métodos más complejos de interacción, más allá del tipo propuesto de pregunta-respuesta directa, como por ejemplo la realización de puzles, crucigramas o sopa de letras, y que puedan ser incluidos dentro del tratamiento semanal.

- Realización de sesiones en un centro especializado durante un periodo de varias semanas, a fin de observar la capacidad de aprendizaje que los usuarios muestran en la interacción con el robot Mini, analizando a su vez si este aprendizaje implica una mejora en sus resultados obtenidos.
- Realización de pruebas introduciendo al robot Mini en los domicilios de los usuarios con una interacción diaria, de cara a observar la usabilidad en este entorno del programa terapéutico de estimulación cognitiva propuesto.
- Realización de pruebas a largo plazo introduciendo al robot Mini en los domicilios de los usuarios con una interacción diaria, de cara a valorar la utilidad terapéutica del programa de estimulación cognitiva propuesto.

APÉNDICE A

Cuestionarios utilizados durante las pruebas

A.1 Cuestionarios utilizados en las pruebas preliminares en el centro de día (2015)

A.1.1 Cuestionario de actitud ante nuevas tecnologías

1. ¿Le gusta usar aparatos electrónicos?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Por supuesto

2. ¿Usa el reproductor de vídeos?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Por supuesto

3. ¿Le gusta usar el reproductor de vídeos?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Por supuesto

4. ¿Usa el móvil?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Por supuesto

5. ¿Le gusta usar el móvil?

En absoluto 1 2 3 4 5 Por supuesto

6. ¿Usa el libro electrónico?

En absoluto 1 2 3 4 5 Por supuesto

7. ¿Le gusta usar el libro electrónico?

En absoluto 1 2 3 4 5 Por supuesto

8. ¿Usa un computador?

En absoluto 1 2 3 4 5 Por supuesto

9. ¿Le gusta usar el computador?

En absoluto 1 2 3 4 5 Por supuesto

A.1.2 Cuestionario sobre los atributos de los robots generales

No amigables	1	2	3	4	5	Amigables
Inútiles	1	2	3	4	5	Útiles
No fiables	1	2	3	4	5	Fiables
Aburridos	1	2	3	4	5	Divertidos
Máquinas complejas	1	2	3	4	5	Máquinas sencillas
Díficiles de usar	1	2	3	4	5	Fáciles de usar
Peligrosos	1	2	3	4	5	Inofensivos
Ignorantes	1	2	3	4	5	Inteligentes
Insensibles	1	2	3	4	5	Sensibles (Con sentimientos)
Inanimados	1	2	3	4	5	Seres vivos

1. ¿Se puede dialogar con un robot?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Mucho

2. ¿Cree que un robot le puede entender cuando le habla?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Mucho

3. ¿Obedecería las órdenes de un robot?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Mucho

A.1.3 Cuestionario sobre la opinión de los escenarios propuestos

1. ¿Cree que llegará a usar un robot para que le cuente historias, chistes o noticias?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Por supuesto

2. ¿Cree útil un robot que cuente historias, chistes o noticias?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Por supuesto

3. ¿Le gustaría tener un robot que le cuente historias, chistes o noticias?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Por supuesto

4. ¿Quién prefiere que le cuente historias, chistes o noticias?

   Persona 1 2 3 4 5 Robot

5. ¿Cree que llegará a usar un robot para que le reproduzca vídeos, canciones y fotos?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Por supuesto

6. ¿Cree útil un robot que le reproduzca vídeos, canciones y fotos?

En absoluto	1	2	3	4	5	Por supuesto

7. ¿Le gustaría tener un robot que le reproduzca vídeos, canciones y fotos?

En absoluto	1	2	3	4	5	Por supuesto

8. ¿Quién prefiere que le enseñe vídeos, canciones y fotos?

Persona	1	2	3	4	5	Robot

9. ¿Cree que llegará a usar un robot para que le ayude con las sesiones de ejercicio físico?

En absoluto	1	2	3	4	5	Por supuesto

10. ¿Cree útil un robot que le ayude con las sesiones de ejercicio físico?

En absoluto	1	2	3	4	5	Por supuesto

11. ¿Le gustaría tener un robot que le ayude con las sesiones de ejercicio físico?

En absoluto	1	2	3	4	5	Por supuesto

12. ¿Quién prefiere que le ayude con las sesiones de ejercicio físico?

Persona	1	2	3	4	5	Robot

A.2 Cuestionarios utilizados en las pruebas preliminares de una sesión de estimulación cognitiva (2017)

A.2.1 Cuestionario de actitud ante nuevas tecnologías

1. ¿Le gusta usar aparatos electrónicos?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Mucho

2. ¿Qué aparatatos electrónicos utiliza?

Televisión		Móvil		Ordenador		Tablet	

3. ¿Le apetece jugar con un robot?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Mucho

4. ¿Le gustaría tener un robot en casa?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Mucho

A.2.2 Cuestionario sobre la sesión

1. ¿Le ha gustado el robot?

   En absoluto 1 2 3 4 5 Mucho

2. ¿Cómo le ha parecido la sesión?

   Muy aburrida 1 2 3 4 5 Muy divertida

3. ¿Cómo le ha parecido el nivel de los ejercicios?

   Muy difíciles 1 2 3 4 5 Muy fáciles

4. ¿Cómo le ha parecido la voz del robot?

Muy confusa	1	2	3	4	5	Muy clara

5. ¿Volvería a jugar con Mini?

En absoluto	1	2	3	4	5	Por supuesto

6. ¿Le gustaría tener un robot como Mini en casa?

En absoluto	1	2	3	4	5	Por supuesto

7. ¿Cree útil un robot que realice ejercicios como los de la sesión?

En absoluto	1	2	3	4	5	Por supuesto

A.2.3 Goodspeed reducido

Por favor de su opinión del robot en los siguientes aspectos:

Antropomorfismo						
Con Aspecto de Máquina	1	2	3	4	5	Con Aspecto Humano
Artificial	1	2	3	4	5	Parece Vivo

Animación						
Muerto	1	2	3	4	5	Con Vida
Indiferente	1	2	3	4	5	Atento

Simpatía						
Disgusta	1	2	3	4	5	Gusta
Feo	1	2	3	4	5	Bonito

Inteligencia Percibida						
Ignorante	1	2	3	4	5	Culto
Sin Inteligencia	1	2	3	4	5	Inteligente

Seguridad Percibida						
Tranquilo	1	2	3	4	5	Nervioso
No Sorprendido	1	2	3	4	5	Sorprendido

A.3 Cuestionarios de las pruebas sobre usabilidad y aceptación del robot Mini (2019)

Esta sección incluye los cuestionarios utilizados en el estudio de usabilidad y aceptación del robot Mini tras haber realizado una sesión de estimulación cognitiva con el robot.

Estos cuestionarios han sido incluidos íntegramente en este anexo con el formato original.

CUESTIONARIOS POST TEST

System Usability Scale

Instrucciones: Para cada una de las siguientes afirmaciones, marque aquella respuesta que mejor describa sus reacciones ante el robot hoy.

	Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Completamente de acuerdo
1. Creo que me gustará usar con frecuencia este robot	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
2. Encontré el robot innecesariamente complejo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
3. Pensé que era fácil utilizar el robot	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
4. Creo que necesitaría del apoyo de un experto para manejar el robot	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
5. Encontré que las diversas funciones del robot estaban bien integradas	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en el robot	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
7. Imagino que la mayoría de las personas aprenderían muy rápidamente a utilizar el robot	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
8. Encontré el robot muy incómodo de usar	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
9. Me sentí muy confiado en el manejo del robot	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
10. Necesito aprender muchas cosas antes de manejarme con el robot	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

Por favor indique algunos comentarios sobre el robot

This questionnaire is based on the System Usability Scale (SUS), which was developed by John Brooke while working at Digital Equipment Corporation. © Digital Equipment Corporation, 1986.

THE GODSPEED QUESTIONNAIRE

Godspeed I: Antropomorfismo

Por favor de su opinión del robot en los siguientes aspectos:

Falso	1	2	3	4	5	Natural
Con Aspecto de Máquina	1	2	3	4	5	Con Aspecto Humano
Inconsciente	1	2	3	4	5	Consciente
Artificial	1	2	3	4	5	Parece Vivo
Se Mueve Rígidamente	1	2	3	4	5	Se Mueve con Fluidez

Godspeed II: Animación

Por favor de su opinión del robot en los siguientes aspectos:

Muerto	1	2	3	4	5	Con Vida
Inactivo	1	2	3	4	5	Vivaz
Mecánico	1	2	3	4	5	Orgánico
Artificial	1	2	3	4	5	Parece Vivo
Estático	1	2	3	4	5	Interactivo
Indiferente	1	2	3	4	5	Atento

Godspeed III: Simpatía

Por favor de su opinión del robot en los siguientes aspectos:

Disgusta	1	2	3	4	5	Gusta
No Amigable	1	2	3	4	5	Amigable
Descortés	1	2	3	4	5	Amable
Desagradable	1	2	3	4	5	Agradable
Feo	1	2	3	4	5	Bonito

Godspeed IV: Inteligencia Percibida

Por favor de su opinión del robot en los siguientes aspectos:

Incompetente	1	2	3	4	5	Competente
Ignorante	1	2	3	4	5	Culto
Irresponsable	1	2	3	4	5	Responsable
Sin Inteligencia	1	2	3	4	5	Inteligente
Insensato	1	2	3	4	5	Juicioso

Godspeed V: Seguridad Percibida

¿Cómo se sintió durante su interacción con el robot?

Ansioso	1	2	3	4	5	Relajado
Tranquilo	1	2	3	4	5	Agitado
No Sorprendido	1	2	3	4	5	Sorprendido

CUESTIONARIO DE ACEPTACIÓN DEL ROBOT	Completamente de Acuerdo	Relativamente de Acuerdo	Neutral	Relativamente en Desacuerdo	Completamente en Desacuerdo
	5	4	3	2	1
1. Si usara el robot, tendría miedo a equivocarme					
2. Si usara el robot, tendría miedo de romper algo					
3. El robot me asusta					
4. El robot me intimida					
5. Creo que es buena idea utilizar el robot					
6. El robot podría hacer mi vida más interesante					
7. Utilizaría el robot otra vez					
8. Utilizaría el robot a menudo					
9. Me gusta que el robot me hable					
10. El robot me parece encantador					
11. Disfruto haciendo cosas con el robot					
12. El robot me parece agradable					
13. El robot me parece aburrido					
14. Siento que el robot me entiende					
15. Encuentro agradable interaccionar con el robot					
16. Creo que el robot podría serme útil					
17. Me vendría bien tener un robot como este					

CUESTIONARIO PARA EL PROFESIONAL

¿El usuario oye bien al robot?	**Muy mal**	1	2	3	4	5	**Muy bien**
¿El robot entiende al usuario?	**Muy mal**	1	2	3	4	5	**Muy bien**
¿Requiere mucho la ayuda del terapeuta?	**Muy poco**	1	2	3	4	5	**Mucho**
¿Requiere la ayuda del terapeuta para entender lo que dice el robot?	**Muy poco**	1	2	3	4	5	**Mucho**
¿Requiere la ayuda del terapeuta para entender las instrucciones que da el robot?	**Muy poco**	1	2	3	4	5	**Mucho**
¿Requiere la ayuda del terapeuta para responder verbalmente?	**Muy poco**	1	2	3	4	5	**Mucho**
¿Requiere la ayuda del terapeuta para responder usando la pantalla?	**Muy poco**	1	2	3	4	5	**Mucho**

Bibliografía

[1] World Health Organization, *World report on ageing and health*. WHO Press, 2015.

[2] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017), *World Population Ageing 2017*. United Nations, 2017. Available online: `https://www.un.org/en/development/desa/population/theme/ageing/WPA2017.asp`; [Accedido el 23 Oct 2019].

[3] S. Stula, "Living in old age in europe-current developments and challenges," *Berlin: Observatory for Sociopolitical Developments in Europe*, 2012. Working Paper No. 7.

[4] R. H. Harwood, A. A. Sayer, and M. Hirschfeld, "Current and future worldwide prevalence of dependency, its relationship to total population, and dependency ratios," *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 82, pp. 251–258, 2004.

[5] E. Nichols, C. E. Szoeke, S. E. Vollset, N. Abbasi, F. Abd-Allah, J. Abdela, M. T. E. Aichour, R. O. Akinyemi, F. Alahdab, S. W. Asgedom, *et al.*, "Global, regional, and national burden of alzheimer's disease and other dementias, 1990–2016: a systematic analysis for the global burden of disease study 2016," *The Lancet Neurology*, vol. 18, no. 1, pp. 88–106, 2019.

[6] A. Ott, M. M. Breteler, F. Van Harskamp, J. J. Claus, T. J. Van Der Cammen, D. E. Grobbee, and A. Hofman, "Prevalence of alzheimer's disease and vascular dementia: association with education. the rotterdam study," *Bmj*, vol. 310, no. 6985, pp. 970–973, 1995.

[7] I. Francés, M. Barandiarán, T. Marcellán, and L. Moreno, "Estimulación psicocognoscitiva en las demencias," in *Anales del sistema sanitario de Navarra*, vol. 26, pp. 383–403, SciELO Espana, 2003.

[8] M. Barandiaran, "Programas de psicoestimulación cognitiva en las demencias," *Manubens JM, Berthier M, Barquero S. Neurología conductual: fundamentos teóricos y prácticos. Ed Pulso SL Barcelona*, pp. 307–319, 2002.

[9] J. Peña-Casanova, "Tratamiento no farmacológico (cognitivo)," *Enfermedad de Alzheimer. Del diagnóstico a la terapia: conceptos y hechos*, pp. 94–98, 1999.

[10] L. M. J. Madrigal, "La estimulación cognitiva en personas adultas mayores," *Revista cúpula*, pp. 4–14, 2007.

[11] NeuronUp, "Funciones cognitivas," 2019. `https://www.neuronup.com/es/areas/functions/`; [Accedido el 23 Oct 2019].

[12] Y. Ginarte-Arias, "Rehabilitación cognitiva. aspectos teóricos y metodológicos," *Revista de Neurología*, vol. 34, no. 9, pp. 870–876, 2002.

[13] B. Kolb, A. Muhammad, and R. Gibb, "Searching for factors underlying cerebral plasticity in the normal and injured brain," *Journal of Communication Disorders*, vol. 44, no. 5, pp. 503–514, 2011.

[14] N. Geschwind, "Mechanisms of change after brain lesions.," *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 457, pp. 1–11, 1985.

[15] L. Tárraga, "Terapias blandas: Programa de psicoestimulación integral. alternativa terapéutica para las personas con enfermedad de alzheimer," *Rev Neurol*, vol. 27, no. 1, pp. s51–s62, 1998.

[16] L. Tárraga, "Estrategia no farmacológica del deterioro cerebral senil y demencia," *Medicine*, vol. 6, pp. 44–53, 1994.

[17] L. Tárraga and M. B. i Rovira, *Volver a empezar: Ejercicios prácticos de estimulación cognitiva para enfermos de Alzheimer*. Barcelona, España: Glosa Ediciones, 2000.

[18] A. F. S. de Pipaón, "Acercamiento a la demencia: La enfermedad de alzheimer," in *Envejecimiento y sociedad: una perspectiva pluridisciplinar*, pp. 157–177, Universidad de La Rioja, 2004.

[19] V. Breuil, J. De Rotrou, F. Forette, D. Tortrat, A. Ganansia-Ganem, A. Frambourt, F. Moulin, and F. Boller, "Cognitive stimulation of patients with dementia: preliminary results," *International journal of geriatric psychiatry*, vol. 9, no. 3, pp. 211–217, 1994.

[20] M. F. Folstein, S. E. Folstein, and P. R. McHugh, "Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician," *Journal of psychiatric research*, vol. 12, no. 3, pp. 189–198, 1975.

[21] O. Matsuda, "Cognitive stimulation therapy for alzheimer's disease: the effect of cognitive stimulation therapy on the progression of mild alzheimer's disease in patients treated with donepezil," *International Psychogeriatrics*, vol. 19, no. 2, pp. 241–252, 2007.

[22] J. Olazarán, B. Reisberg, L. Clare, I. Cruz, J. Peña-Casanova, T. Del Ser, B. Woods, C. Beck, S. Auer, C. Lai, *et al.*, "Nonpharmacological therapies in alzheimer's disease: a systematic review of efficacy," *Dementia and geriatric cognitive disorders*, vol. 30, no. 2, pp. 161–178, 2010.

[23] S. Fernández-Prado, S. Conlon, J. M. Mayán-Santos, and M. Gandoy-Crego, "The influence of a cognitive stimulation program on the quality of life perception among the elderly," *Archives of gerontology and geriatrics*, vol. 54, no. 1, pp. 181–184, 2012.

[24] N. Mendoza Laiz, S. Del Valle Diaz, N. Rioja Collado, J. Gomez-Pilar, and R. Hornero, "Potential benefits of a cognitive training program in mild cognitive impairment (mci)," *Restorative neurology and neuroscience*, vol. 36, no. 2, pp. 207–213, 2018.

[25] M. Jiménez Buñuales, P. González Diego, and J. M. Martín Moreno, "La clasificación internacional del funcionamiento de la discapacidad y de la salud (cif) 2001," *Revista española de salud pública*, vol. 76, pp. 271–279, 2002.

[26] W. James, F. Burkhardt, F. Bowers, and I. K. Skrupskelis, *The principles of psychology*, vol. 1. Macat Library, 1890.

[27] J. Ballesteros and A. Reales, "Atención y memoria," *Rev. Anthr. Huellas del Conoc*, vol. 189, p. 190, 2000.

[28] M. M. Sohlberg and C. A. Mateer, "Effectiveness of an attention-training program," *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, vol. 9, no. 2, pp. 117–130, 1987.

[29] M. Wertheimer, "A source book of gestalt psychology.," *Psyccritiques*, vol. 13, no. 8, 1968.

[30] S. McLeod, "Visual perception theory." Simply Psychology, 2018. `https://www.simplypsychology.org/perception-theories.html`; [Accedido el 23 Oct 2019].

[31] G. W. Humphreys, C. J. Price, and M. J. Riddoch, "From objects to names: A cognitive neuroscience approach," *Psychological research*, vol. 62, no. 2-3, pp. 118–130, 1999.

[32] B. Kolb and I. Q. Whishaw, *Fundamentals of human neuropsychology*. Macmillan, 2009.

[33] J. Enns, *The thinking eye, the seeing brain: explorations in visual cognition*. WW Norton & Company, 2004.

[34] C. Christou and H. H. Bulthoff, "Perception, representation and recognition: A holistic view of recognition," *Spatial vision*, vol. 13, no. 2-3, pp. 265–276, 2000.

[35] M. Kundera, *La memoria humana*, vol. 139. 2010. `https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448180607.pdf`.

[36] J. García-Allen, "Tipos de memoria:¿ cómo almacena los recuerdos el cerebro humano." Psicologia y mente, 2018. `https://psicologiaymente.com/psicologia/tipos-de-memoria`; [Accedido el 22 Oct 2019].

[37] R. C. Atkinson and R. M. Shiffrin, "Human memory: A proposed system and its control processes," in *Psychology of learning and motivation*, vol. 2, pp. 89–195, Elsevier, 1968.

[38] G. Sperling, "A model for visual memory tasks," *Human factors*, vol. 5, no. 1, pp. 19–31, 1963.

[39] G. A. Miller, "The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information.," *Psychological review*, vol. 63, no. 2, p. 81, 1956.

[40] A. D. Baddeley and G. Hitch, "Working memory," in *Psychology of learning and motivation*, vol. 8, pp. 47–89, Elsevier, 1974.

[41] L. R. Squire, *Memory and brain*. Oxford University Press, 1987.

[42] E. Tulving, "Remembering and knowing the past," *American Scientist*, vol. 77, no. 4, pp. 361–367, 1989.

[43] M. D. Hauser, N. Chomsky, and W. T. Fitch, "The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve?," *science*, vol. 298, no. 5598, pp. 1569–1579, 2002.

[44] A. R. Lecours, A. Ali-Chérif, M. Bergeron, and F. Lhermitte, *L'aphasie*. Flammarion médecine-sciences; Presses de l'Univ., 1979.

[45] J. Tirapu Ustarroz, M. Rios Lago, and F. Maestú Unturbe, *Manual de neuropsicología*. Viguera Editores, 2008.

[46] J. Tallis and A. M. Soprano, *Neuropediatría. Neuropsicología y aprendizaje*. Nueva Visión, 1991.

[47] M. J. Benedet, "Neuropsicologia cognitiva: aplicaciones a la clínica ya la investigación. fundamento teórico y metodológico de la neuropsicologia cognitiva," *Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Secretaría General de Asuntos Sociales, Instituto de Migraciones y Servicios Sociales (IMSERSO)*, 2002.

[48] M. Jeannerod and M. Jeannerod, *The cognitive neuroscience of action*, vol. 1997. Blackwell Oxford, 1997.

[49] E. M. Marrón, J. L. B. Alisente, N. G. Izaguirre, and B. G. Rodríguez, *Estimulación cognitiva y rehabilitación neuropsicológica*. Editorial uoc, 2011.

[50] M.-M. Mesulam, *Principles of behavioral neurology*. No. 26, Oxford University Press, USA, 1985.

[51] M. D. Lezak, D. B. Howieson, D. W. Loring, J. S. Fischer, and H. J. Hannay, *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press, USA, 4 ed., 2004.

[52] A. Verdejo-García and A. Bechara, "Neuropsicología de las funciones ejecutivas.," *Psicothema*, no. 2, pp. 227–235, 2010.

[53] J. Portellano Pérez, R. Martínez-Arias, and Zumárraga, *Manual ENFEN Evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas en niños*. 2009.

[54] F. Collette, M. Hogge, E. Salmon, and M. Van der Linden, "Exploration of the neural substrates of executive functioning by functional neuroimaging," *Neuroscience*, vol. 139, no. 1, pp. 209–221, 2006.

[55] G. A. Gioia, P. K. Isquith, S. C. Guy, and L. Kenworthy, "Behavior rating inventory of executive function: Professional manual," 2000.

[56] G. A. Gioia, P. K. Isquith, S. C. Guy, and L. Kenworthy, "Test review behavior rating inventory of executive function," *Child Neuropsychology*, vol. 6, no. 3, pp. 235–238, 2000.

[57] ESTEVE, "Cuadernos de estimulación cognitiva esteve," 2019. https://www.esteve.com/es/pacientes/materiales-para-pacientes-cuidadores; [Accedido el 23 Oct 2019].

[58] Rubio, "Cuadernos de estimulación cognitiva rubio," 2019. https://cuadernos.rubio.net/adultos/entrena-tu-mente/estimulacion-cognitiva; [Accedido el 23 Oct 2019].

[59] T. Martínez, E. García, M. Rodríguez, M. Rascón, and P. Rodríguez, "Estimulación cognitiva: guía y material para la intervención," *Gobierno del Principado de Asturias, Consejería de Asuntos Sociales: Asturias*, 2002.

[60] M. Franco, T. Orihuela, Y. Bueno, and R. Conde, "Programa gradior: programa de evaluación y rehabilitación neurocognitiva por ordenador [gradior program: Computer program for evaluation and cognitive rehabilitation]," *EdIntras*, 2002.

[61] Neuroup, "Programa de estimulación cognitiva neuronup," 2019. https://www.neuronup.com; [Accedido el 21 Oct 2019].

[62] M. Franco and Y. Bueno, "Uso de las nuevas tecnologías como instrumentos de intervención en programas de psicoestimulación," *Psiquiatría Geriátrica*, pp. 665–677, 2002.

[63] L. R. Taulbee and J. C. Folsom, "Reality orientation for geriatric patients," *Psychiatric Services*, vol. 17, no. 5, pp. 133–135, 1966.

[64] L. Drummond, L. Kirchhoff, and D. R. Scarbrough, "A practical guide to reality orientation: A treatment approach for confusion and disorientation," *The Gerontologist*, vol. 18, no. 6, pp. 568–573, 1978.

[65] R. T. Woods and U. P. Holden, *Reality orientation: psychological approaches to the confused elderly*. Churchill Livingstone, 1982.

[66] S. Baines, P. Saxby, and K. Ehlert, "Reality orientation and reminiscence therapy: a controlled cross-over study of elderly confused people," *The British Journal of Psychiatry*, vol. 151, no. 2, pp. 222–231, 1987.

[67] K. Koh, R. Ray, J. Lee, A. Nair, T. Ho, and P. Ang, "Dementia in elderly patients: can the 3r mental stimulation programme improve mental status?," *Age and ageing*, vol. 23, no. 3, pp. 195–198, 1994.

[68] L. Powell-Proctor and E. Miller, "Reality orientation: a critical appraisal," *The British Journal of Psychiatry*, vol. 140, no. 5, pp. 457–463, 1982.

[69] P. Brook, G. Degun, and M. Mather, "Reality orientation, a therapy for psychogeriatric patients: a controlled study," *The British Journal of Psychiatry*, vol. 127, no. 1, pp. 42–45, 1975.

[70] O. Zanetti, T. Metitieri, A. Bianchetti, and M. Trabucchi, "Reality orientation therapy for patients with dementia: a longitudinal study," *Neurobiol Aging*, vol. 19, no. Suppl 4, pp. 102–103, 1998.

[71] C. A. Rentz, "Reminiscence a supportive intervention for the person with alzheimer's disease," *Journal of psychosocial nursing and mental health services*, vol. 33, no. 11, pp. 15–20, 1995.

[72] L. Burgio, "Interventions for the behavioral complications of alzheimer's disease: behavioral approaches," *International Psychogeriatrics*, vol. 8, no. S1, pp. 45–52, 1996.

[73] E. M. Arroyo-Anlló, *Estimulación psicocognoscitiva en las demencias: programas de talleres de estimulación*. Prous Science, 2002.

[74] N. Feil, "Validation therapy," *Serving the elderly: Skills for practice*, pp. 89–115, 1991.

[75] F. Martín, C. Agüero, J. M. Cañas, G. Abella, R. Benítez, S. Rivero, M. Valenti, and P. Martínez-Martín, "Robots in therapy for dementia patients," *Journal of Physical Agents*, vol. 7, no. 1, pp. 48–55, 2013.

[76] H.-M. Gross, C. Schroeter, S. Mueller, M. Volkhardt, E. Einhorn, A. Bley, T. Langner, C. Martin, and M. Merten, "I'll keep an eye on you: Home robot companion for elderly people with cognitive impairment," in *2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 2481–2488, IEEE, 2011.

[77] Y. Matsusaka, H. Fujii, T. Okano, and I. Hara, "Health exercise demonstration robot taizo and effects of using voice command in robot-human collaborative demonstration," in *RO-MAN 2009-The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 472–477, IEEE, 2009.

[78] M. Mori, "Bukimi no tani [the uncanny valley]," *Energy*, vol. 7, pp. 33–35, 1970.

[79] L. Fernández Cossío, J. M. López Salvador, and S. Fínez Martínez, "Robotics for social welfare," vol. 2, no. 1, pp. 94–113, 2012.

[80] Y.-H. Wu, C. Fassert, and A.-S. Rigaud, "Designing robots for the elderly: appearance issue and beyond," *Archives of gerontology and geriatrics*, vol. 54, no. 1, pp. 121–126, 2012.

[81] T. Shibata and K. Wada, "Robot therapy: a new approach for mental healthcare of the elderly–a mini-review," *Gerontology*, vol. 57, no. 4, pp. 378–386, 2011.

[82] W.-L. Chang, S. Šabanovic, and L. Huber, "Use of seal-like robot paro in sensory group therapy for older adults with dementia," in *2013 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pp. 101–102, IEEE, 2013.

[83] B. Klein and G. Cook, "Emotional robotics in elder care–a comparison of findings in the uk and germany," in *International Conference on Social Robotics*, pp. 108–117, Springer, 2012.

[84] A. Tapus, C. Tapus, and M. J. Mataric, "The use of socially assistive robots in the design of intelligent cognitive therapies for people with dementia," in *2009 IEEE international conference on rehabilitation robotics*, pp. 924–929, IEEE, 2009.

[85] J. Fasola and M. J. Matarić, "A socially assistive robot exercise coach for the elderly," *Journal of Human-Robot Interaction*, vol. 2, no. 2, pp. 3–32, 2013.

[86] A. Tapus and A.-M. Vieru, "Robot cognitive stimulation for the elderly," in *International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation*, pp. 94–102, Springer, 2013.

[87] A. Tapus, J. Fasola, and M. J. Mataric, "Socially assistive robots for individuals suffering from dementia," in *ACM/IEEE 3rd Human-Robot Interaction International Conference, Workshop on Robotic Helpers: User Interaction, Interfaces and Companions in Assistive and Therapy Robotics*, (Amsterdam, The Netherlands), pp. 1–3, 2008.

[88] C. Schroeter, S. Mueller, M. Volkhardt, E. Einhorn, C. Huijnen, H. van den Heuvel, A. van Berlo, A. Bley, and H.-M. Gross, "Realization and user evaluation of a companion robot for people with mild cognitive impairments," in *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 1153–1159, IEEE, 2013.

[89] A. Kristoffersson, K. S. Eklundh, and A. Loutfi, "Measuring the quality of interaction in mobile robotic telepresence: A pilot's perspective," *International Journal of Social Robotics*, vol. 5, no. 1, pp. 89–101, 2013.

[90] A. Cesta, G. Cortellessa, A. Orlandini, and L. Tiberio, "Long-term evaluation of a telepresence robot for the elderly: methodology and ecological case study," *International Journal of Social Robotics*, vol. 8, no. 3, pp. 421–441, 2016.

[91] D. Georgiadis, C. Christophorou, S. Kleanthous, P. Andreou, L. Santos, E. Christodoulou, and G. Samaras, "A robotic cloud ecosystem for elderly care and ageing well: The growmeup approach," in *XIV Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2016*, pp. 919–924, Springer, 2016.

[92] H. Eftring and S. Frennert, "Designing a social and assistive robot for seniors," *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, vol. 49, no. 4, pp. 274–281, 2016.

[93] D. Fischinger, P. Einramhof, W. Wohlkinger, K. Papoutsakis, P. Mayer, P. Panek, T. Koertner, S. Hofmann, A. Argyros, M. Vincze, A. Weiss, and C. Gisinger, "Hobbit-the mutual care robot," in *ASROB-2013 in Conjuntion with IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, (Japan), pp. 1–5, 2013.

[94] M. Nani, P. Caleb-Solly, S. Dogramadzi, T. Fear, and H. van den Heuvel, "Mobiserv: an integrated intelligent home environment for the provision of health, nutrition and mobility services to the elderly," 2010.

[95] D. Casey, H. Felzmann, G. Pegman, C. Kouroupetroglou, K. Murphy, A. Koumpis, and S. Whelan, "What people with dementia want: designing mario an acceptable robot companion," in *International conference on computers helping people with special needs*, pp. 318–325, Springer, 2016.

[96] R. Agrigoroaie, F. Ferland, and A. Tapus, "The enrichme project: Lessons learnt from a first interaction with the elderly," in *International Conference on Social Robotics*, pp. 735–745, Springer, 2016.

[97] M. E. Pollack, L. Brown, D. Colbry, C. Orosz, B. Peintner, S. Ramakrishnan, S. Engberg, J. T. Matthews, J. Dunbar-Jacob, C. E. McCarthy, *et al.*, "Pearl: A mobile robotic assistant for the elderly," in *AAAI workshop on automation as eldercare*, vol. 2002, pp. 85–91, 2002.

[98] J. Pineau, M. Montemerlo, M. Pollack, N. Roy, and S. Thrun, "Towards robotic assistants in nursing homes: Challenges and results," *Robotics and autonomous systems*, vol. 42, no. 3-4, pp. 271–281, 2003.

[99] N. Roy, G. Baltus, D. Fox, F. Gemperle, J. Goetz, T. Hirsch, D. Margaritis, M. Montemerlo, J. Pineau, J. Schulte, *et al.*, "Towards personal service robots for the elderly," in *Workshop on Interactive Robots and Entertainment (WIRE 2000)*, vol. 25, p. 184, 2000.

[100] M. Montemerlo, J. Pineau, N. Roy, S. Thrun, and V. Verma, "Experiences with a mobile robotic guide for the elderly," *AAAI/IAAI*, vol. 2002, pp. 587–592, 2002.

[101] C.-Y. Yang, M.-J. Lu, S.-H. Tseng, and L.-C. Fu, "A companion robot for daily care of elders based on homeostasis," in *2017 56th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE)*, pp. 1401–1406, IEEE, 2017.

[102] L. Paletta, M. Fellner, S. Schüssler, J. Zuschnegg, J. Steiner, A. Lerch, L. Lammer, and D. Prodromou, "Amigo: Towards social robot based motivation for playful multimodal intervention in dementia," in *Proceedings of the 11th PErvasive Technologies Related to Assistive Environments Conference*, pp. 421–427, ACM, 2018.

[103] S. C. Kramer, E. Friedmann, and P. L. Bernstein, "Comparison of the effect of human interaction, animal-assisted therapy, and aibo-assisted therapy on long-term care residents with dementia," *Anthrozoös*, vol. 22, no. 1, pp. 43–57, 2009.

[104] M. S. Marx, J. Cohen-Mansfield, N. G. Regier, M. Dakheel-Ali, A. Srihari, and K. Thein, "The impact of different dog-related stimuli on engagement of persons with dementia," *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias®*, vol. 25, no. 1, pp. 37–45, 2010.

[105] L. Odetti, G. Anerdi, M. P. Barbieri, D. Mazzei, E. Rizza, P. Dario, G. Rodriguez, and S. Micera, "Preliminary experiments on the acceptability of animaloid companion robots by older people with early dementia," in *2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp. 1816–1819, IEEE, 2007.

[106] L. Lewis, T. Metzler, and L. Cook, "An autonomous robot-to-group exercise coach at a senior living community: A study in human-robot interaction," in *Rapid Automation: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, pp. 1145–1163, IGI Global, 2019.

[107] H. Abdollahi, A. Mollahosseini, J. T. Lane, and M. H. Mahoor, "A pilot study on using an intelligent life-like robot as a companion for elderly individuals with dementia and depression," in *2017 IEEE-RAS 17th International Conference on Humanoid Robotics (Humanoids)*, pp. 541–546, IEEE, 2017.

[108] A. Mollahosseini, G. Graitzer, E. Borts, S. Conyers, R. M. Voyles, R. Cole, and M. H. Mahoor, "Expressionbot: An emotive lifelike robotic face for face-to-face communication," in *2014 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, pp. 1098–1103, IEEE, 2014.

[109] Y. Furuta, M. Kanoh, T. Shimizu, M. Shimizu, and T. Nakamura, "Subjective evaluation of use of babyloid for doll therapy," in *2012 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, pp. 1–4, IEEE, 2012.

[110] T. Shibata and K. Tanie, "Influence of a priori knowledge in subjective interpretation and evaluation by short-term interaction with mental commit robot," in *Proceedings. 2000 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2000)(Cat. No. 00CH37113)*, vol. 1, pp. 169–174, IEEE, 2000.

[111] T. Shibata, T. Mitsui, K. Wada, A. Touda, T. Kumasaka, K. Tagami, and K. Tanie, "Mental commit robot and its application to therapy of children," in *2001 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. Proceedings (Cat. No. 01TH8556)*, vol. 2, pp. 1053–1058, IEEE, 2001.

[112] H.-C. Sung, S.-M. Chang, M.-Y. Chin, and W.-L. Lee, "Robot-assisted therapy for improving social interactions and activity participation among institutionalized older adults: A pilot study," *Asia-Pacific Psychiatry*, vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2015.

[113] T. Saito, "Examination of change of stress reaction by urinary tests of elderly before and after introduction of mental commit robot to an elderly institute," in *Proc. of the 7^< th> Int'l Symp. on Artificial Life and Robotics, 2002*, vol. 1, pp. 316–319, 2002.

[114] K. Wada and T. Shibata, "Living with seal robots in a care house-evaluations of social and physiological influences," in *2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 4940–4945, IEEE, 2006.

[115] K. Wada, T. Shibata, T. Saito, K. Sakamoto, and K. Tanie, "Psychological and social effects of one year robot assisted activity on elderly people at a health service facility for the aged," in *Proceedings of the 2005 IEEE international conference on robotics and automation*, pp. 2785–2790, IEEE, 2005.

[116] M. A. Salichs, I. P. Encinar, E. Salichs, Á. Castro-González, and M. Malfaz, "Study of scenarios and technical requirements of a social assistive robot for alzheimer's disease patients and their caregivers," *International Journal of Social Robotics*, vol. 8, no. 1, pp. 85–102, 2016.

[117] M. A. Salichs, R. Barber, A. M. Khamis, M. Malfaz, J. F. Gorostiza, R. Pacheco, R. Rivas, A. Corrales, E. Delgado, and D. Garcia, "Maggie: A robotic platform for human-robot social interaction," in *2006 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics*, pp. 1–7, IEEE, 2006.

[118] J. M. Mayer and J. Zach, "Lessons learned from participatory design with and for people with dementia," in *Proceedings of the 15th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*, pp. 540–545, ACM, 2013.

[119] R. Pérula-Martínez, E. Salichs, I. P. Encinar, Á. Castro-González, and M. A. Salichs, "Improving the expressiveness of a social robot through luminous devices," in *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts*, pp. 5–6, ACM, 2015.

[120] E. Salichs, Á. Castro-González, M. Malfaz, and M. Salichs, "Mini: a social assistive robot for people with mild cognitive impairment," *New Friends*, pp. 31–32, 2016.

[121] F. Alonso-Martin, Á. Castro-González, J. F. Gorostiza, and M. A. Salichs, "Multidomain voice activity detection during human-robot interaction," in *International Conference on Social Robotics*, pp. 64–73, Springer, 2013.

[122] E. Broadbent, R. Tamagawa, N. Kerse, B. Knock, A. Patience, and B. MacDonald, "Retirement home staff and residents' preferences for healthcare robots," in *RO-MAN 2009-The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 645–650, IEEE, 2009.

[123] M. Heerink, B. Kröse, V. Evers, and B. Wielinga, "Assessing acceptance of assistive social agent technology by older adults: the almere model," *International journal of social robotics*, vol. 2, no. 4, pp. 361–375, 2010.

[124] C. Bartneck, D. Kulić, E. Croft, and S. Zoghbi, "Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots," *International journal of social robotics*, vol. 1, no. 1, pp. 71–81, 2009.

[125] J. Brooke *et al.*, "Sus-a quick and dirty usability scale," *Usability evaluation in industry*, vol. 189, no. 194, pp. 4–7, 1996.