



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Contribuciones de la robótica social al sector de la medicina en España

Marta Muñoz Antoñanzas

Director: Raúl González Fabre

Madrid | Junio, 2019

Resumen

El objeto de este estudio es analizar las contribuciones de la robótica social en el sector de la medicina en España. Este tema es de fundamental interés, ya que el fin último de los robots sociales en el ámbito de la salud es mejorar la calidad de vida de los pacientes, ayudándoles físicamente y psicológicamente. El trabajo recoge una revisión bibliográfica del estado de la robótica social y de sus aplicaciones. Así mismo, analiza los retos a los que se enfrenta España en el ámbito de la medicina y como la robótica social puede ser una solución. Para ello, se estudian los últimos avances en robótica social alcanzados por las empresas, hospitales y universidades de España, y se analizan las potenciales implicaciones positivas que pueden tener en el tratamiento de los pacientes. Los hallazgos sugieren, que tanto en España como a nivel mundial, la mayoría de los robots sociales en el ámbito de la medicina, aún están en fase de desarrollo, y solo son prototipos, por lo que aún se desconoce el impacto real que tendrá en la economía y en la sociedad. Sin embargo, si podemos decir que España es uno de los países pioneros en esta rama de la robótica, y que los resultados obtenidos hasta ahora son prometedores.

Palabras clave

Robótica social, España, Inteligencia Artificial, desafíos socio-sanitarios, calidad de vida, investigación, máquinas inteligentes, trastornos de la comunicación, envejecimiento.

Abstract

The purpose of this study is to analyze the contributions of social robotics in the Spanish medicine. This matter is of fundamental interest since the ultimate goal of social robots in the field of health is to improve the living standards of patients, helping them in a physical and psychological way. This work includes a bibliographic review of the state of social robotics and its applications. Likewise, it analyzes the challenges that Spain faces in the field of medicine and how social robotics could be a solution. For this purpose, the latest advances made by companies, hospitals and universities in Spain in social robotics are studied, as well as the potential positive implications they can have in the treatment of

patients. The findings suggest that both in Spain and worldwide, the majority of social robots in the field of medicine are still in a development phase and are just prototypes, so the real impact on the economy and society is still unknown. However, we can say that Spain is one of the pioneering countries in this field of robotics and that so far, the results obtained are promising.

Keywords

Social robotics, Spain, Artificial Intelligence, socio-sanitary challenges, living standards, investigation, intelligent machine, communication disorders, ageing.

Índice

Introducción.....	7
Introducción a la cuestión	7
Objetivos del estudio.....	8
Metodología	8
Primera Parte: LA ROBÓTICA SOCIAL	9
1. La robótica social	9
1.1. Concepto	9
1.2. Características	10
1.3. Teoría del “Uncanny valley”	12
2. Aplicaciones de los robots sociales	16
2.1. Aplicaciones domésticas	17
2.2. Aplicaciones públicas y domésticas	18
2.3. Aplicaciones públicas.....	19
Segunda parte: Robótica social en la medicina	20
3. Aplicaciones en el sector de la medicina.....	20
3.1. Robots sociales en gerontología clínica	21
3.1.1. Situación en España	22
3.1.2. Robots sociales en España	24
3.1.3. Robots sociales en otros países	26
3.2. Alzheimer	27
3.2.1. Situación en España	28
3.2.2. Robots sociales en España	29
3.2.3. Robots sociales en otros países	30
3.3. Enfermedad de Parkinson.....	31
3.3.1. Situación en España	31
3.3.2. Robots sociales en España	34
3.3.3. Robots sociales en otros países	35
3.4. Robots sociales para trastornos neurobiológicos.....	35
3.4.1. Trastorno de Espectro Autista	35
3.4.2. Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad.....	36
3.4.3. Robots sociales para personas con trastornos neurobiológicos.....	37
3.4.4. Robots sociales en España	38
3.4.5. Robots sociales en otros países	40
4. Inversiones españolas en I+D+i.....	42
4.1. Robótica en España y gastos en I+D+i.....	42
4.2. I+D+i en el sector de la tecnología sanitaria	45

5. Conclusiones	47
Bibliografía	52
Anexo: Los cuatro robots utilizados para la investigación realizada en 2014.	57

Índice de siglas

CGCOM	Consejo General de Colegios Oficiales de Médicos
E.P.	Enfermedad de Parkinson
FENIN	Federación española de Empresas de Tecnología Sanitaria
HRI	Human Robot Interaction
I.A.	Inteligencia Artificial
OMC	Organización Médica Colegial de España
ONU	Organización de las Naciones Unidas
TDAH	Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad
TEA	Trastorno de Espectro Autista

Índice de tablas

Tabla 1: Tipos de robots sociales.....	12
Tabla 2: Nivel de dificultad para realizar tareas sin ayuda ni supervisión.....	33
Tabla 3: Aportaciones de la robótica social a la medicina en España.....	49

Índice de figuras

Figura 1: Gráfico de la teoría del “Uncanny valley” (Mori, 1970).....	13
Figura 2: Número de habitantes de 65 años o más en España de 2002 a 2018 (en millones).....	23
Figura 3: Distribución del número de personas diagnosticadas con depresión en España en 2018, por géneros y grupos de edad (en miles).....	24
Figura 4: Ranking de prevalencia de demencia entre la población de más de 65 años a nivel mundial.....	29
Figura 5: Robots por cada 10.000 empleados. Ranking mundial.....	42
Figura 6: Sector de la tecnología sanitaria española y europea en cifras.....	45

Introducción

Introducción a la cuestión

El mundo está cambiando, los retos a los que nos enfrentamos son cada vez más complejos, pero al igual que surgen nuevos desafíos, también aparecen nuevas oportunidades, y una de ellas es la tecnología.

Si miramos a nuestro alrededor, vivimos en un mundo con televisiones de alta definición, ordenadores con acceso a todo tipo de información, coches autónomos... Estos avances han permitido optimizar el tiempo, el dinero y la energía. Sin embargo, hay uno de ellos que ha sido el más representativo y que sigue investigándose, la Inteligencia Artificial. La Inteligencia Artificial (I.A.) abre un abanico de oportunidades a quien percibe su potencial, ya que aporta un extenso número de técnicas, procedimientos y algoritmos que, a través de su estudio y análisis, pueden ser aplicados en todos los ámbitos de nuestra vida. Uno de los campos de desarrollo de la I.A. es la robótica social, una disciplina que está permitiendo crear robots capaces de mostrar conductas empáticas hacia las personas, mejorando su calidad de vida.

Los avances tecnológicos cada vez tienen más incidencia en la vida de las personas, y el ámbito de la medicina no se ha quedado exento. Desde siempre, el hombre ha intentado encontrar los medios para mejorar sus dolencias, y a día de hoy, ya podemos encontrar tecnologías con cirugías que no dejan cicatrices, vacunas contra virus que antes se consideraban letales, operaciones a corazón abierto o trasplantes. Sin embargo, ciertas capacidades imprescindibles que poseen los profesionales en el ámbito de la medicina, como la experiencia, la adaptación a entornos cambiantes y la capacidad de decidir en función de la información proveniente del entorno, aún no forman parte de las nuevas tecnologías médicas. Esta situación ha marcado en cierto grado, el desarrollo de la robótica en medicina. Aún no somos capaces de desarrollar máquinas autónomas que sustituyan la labor de un médico o enfermero, pero sí podemos desarrollar herramientas complementarias. Estas herramientas son los robots sociales, y a lo largo de este trabajo se estudiará su aportación a la medicina.

Objetivos del estudio

Con el fin de arrojar luz a esta situación, el presente trabajo tiene como objetivo fundamental analizar las contribuciones de la robótica social al sector de la medicina en España. Este objetivo general puede desglosarse en los siguientes objetivos específicos:

- Objetivo 1: Estudiar los desafíos a los que se enfrenta el sector médico español, y analizar los últimos avances en robótica social y su repercusión en el ámbito sanitario.
- Objetivo 2: Analizar las inversiones en I+D+i para el desarrollo de los robots sociales en el ámbito médico, y comparar la situación actual de España con la de otros países.

Metodología

Este estudio de investigación se estructura en cuatro capítulos agrupados en dos partes.

La primera parte está compuesta de dos capítulos y tiene como finalidad, introducir la robótica social y su potencial. En el primero se realiza una revisión bibliográfica del origen y de la evolución histórica de la robótica social, de sus características principales y de la teoría del “Uncanny valley” y en el segundo, se estudian los distintos ámbitos de aplicación en los que se está desarrollando la robótica social.

Una vez analizado el estado de la robótica social y con el fin de cubrir estos dos objetivos, en la segunda parte de esta investigación, se lleva a cabo un estudio dividido en otros dos capítulos. En el primero se estudian los desafíos socio-sanitarios a los que se está enfrentando España y cómo los robots sociales pueden ser una solución. Y en el segundo capítulo, se analizan las inversiones que ha realizado España en I+D para el desarrollo de robots y tecnologías sanitarias. Esta segunda parte, pretende analizar los últimos avances en robótica social aplicada a la medicina comparándolos con aquellos realizados en el exterior.

Por último, el estudio finaliza con un resumen de las principales conclusiones y limitaciones, seguida de una bibliografía y anexos.

Primera Parte: LA ROBÓTICA SOCIAL

1. La robótica social

1.1. Concepto

Un robot es una máquina que ejecuta acciones repetitivas de forma automática o semiautomática, con nivel alto de exactitud, a través de un programa previamente fijado, una serie de normas generales, inteligencia artificial, y un seguimiento humano. Las tareas realizadas por los robots normalmente se parecen, sustituyen, o extienden el trabajo humano. A día de hoy, ya contamos con robots denominados como agentes autónomos inteligentes. La autonomía hace referencia a la capacidad del robot para ejecutar acciones a partir de un sistema que está integrado en la propia máquina, es decir, sin estar conectado a sistemas o equipos externos. El segundo requisito es la inteligencia. El robot tiene que ser capaz de analizar su entorno, y tomar sus propias decisiones.

De esta forma, Kaplan (2015) se pregunta: ¿por qué, el hecho de tener un robot es considerado como algo valioso?, y dedujo que lo que da valor a un robot, es su capacidad para satisfacer de manera óptima las necesidades de las personas. De esta forma, estas máquinas inteligentes tienen que ser empleadas en aquellos sitios en los que más valor aporten en el corto plazo.

Desde los inicios de la robótica, se ha investigado la posibilidad de que los robots estuviesen integrados en la biología. Los profesionales de este campo se maravillaban ante la posibilidad de que los robots interactuasen tanto con el entorno como entre ellos. Prueba de ello, es el experimento de W. Grey Walter en 1948. Walter diseñó dos robots tortugas a los que les colocó dos sensores y dos motores en la cabeza, que les permitía recorrerse una estancia entera evitando los muebles. Estos robots fueron la primera prueba de que con un número reducido de elementos sensoriales, se podía diseñar un robot capaz de realizar comportamientos complejos. Así mismo, la robótica es una de las áreas de aplicación de la I.A., con lo cual a medida que la I.A. crecía, se esperaba que mejorase la interacción entre los robots para generar un colectivo, en vez de muchos robots individuales, y así, optimizar sus capacidades.

Los robots tal como se conocen hoy, no tienen por qué parecerse a los humanos. Lo que se pretende es que sean capaces de cubrir las necesidades de las personas de la mejor

forma posible. El comienzo de la robótica actual podría establecerse a finales de los 80, donde los científicos empezaron a interesarse por nuevas áreas en las que aplicar la robótica, como el sector primario (especialmente la agricultura y la minería), la medicina, o la industria en general. Con el progreso de la robótica y la práctica indagadora que se ha podido obtener a lo largo de los años en este campo, han surgido nuevos desafíos tecnológicos, orientados a mejorar la vida de las personas. Uno de los campos de la robótica que está evolucionando considerablemente desde finales de los 90, es la robótica social. Esta ciencia investiga la forma de actuar de las personas y diseña robots con un valor añadido, al ser capaces de interactuar con las personas (Bonabeau, Dorigo, y Theraulaz, 1999).

Un robot social es un robot que interactúa con las personas, siguiendo patrones de comportamiento y pautas sociales. Este tipo de robots distinguen su entorno, razonan y ejecutan acciones para realizar sus tareas. Para que la interacción entre las personas y los robots pueda darse, es necesario que el robot no sólo disponga de sistemas perceptivos, sino también, de un determinado número de habilidades de inteligencia social. Para que se pueda dar esa habilidad para comunicarse con las personas, el robot tiene que llevar integrado un sistema cognitivo-afectivo que le permita hablar, entender y aprender de las personas y de su entorno. Dautenhahn y Billard (2002) definen los robots sociales como “agentes personificados que forman parte de un grupo heterogéneo: una sociedad de robots y/o humanos. Robots que son capaces de reconocerse entre ellos y de llevar a cabo interacciones sociales, contar historias, y poder explícitamente comunicarse y aprender entre ellos” (p.90).

1.2. Características

Como podemos ver, para poder desarrollar este tipo de robots se debe entender la forma en la que los seres vivos aprendemos o imitamos el lenguaje natural, y la manera en la que interactuamos. A día de hoy, el desarrollo de estos robots crece exponencialmente para distintos fines, como guiando en museos, vigilando, o ayudando a la rehabilitación de personas accidentadas (Núñez, Bustos, Jaramillo, Bachiller, y García-Varea, 2011).

La forma de interacción entre las personas y los robots es frecuentemente designada como Human Robot Interaction (HRI). Este término comprende un nuevo modelo de estudio en el campo de la robótica que da pie a otras tecnologías tácticas y técnicas, orientadas a proporcionar un intercambio comunicativo entre el robot y los humanos,

siempre considerando las normas sociales. Los profesionales especializados en robótica social han desarrollado distintos soportes que perfeccionan esta tecnología. Muchas de las investigaciones subrayan la relevancia de plantear estrategias HRI que se puedan ajustar a los entornos comunes en los que están las personas. Por eso, varios de estos estudios diseñan robots que cada vez son más similares en apariencia a las personas, y que se pueden adaptar los entornos humanos. Sin embargo, para que los robots puedan actuar como las personas, no es suficiente que se parezcan físicamente (Ganascia, 2017).

Los robots sociales necesitan estar equipados con una serie de sensores para poder interactuar con lo que les rodea. Estos sensores posibilitan a las máquinas registrar datos visuales con cámaras, datos de profundidad con sensores tipo láser, o información auditiva a partir de micrófonos. Por ello, mientras el robot interactúa con las personas, todos los datos recogidos por los sensores son tratados por la máquina con el fin de responder a interrogantes como; ¿a cuántos metros se encuentra el humano? o ¿he podido (el robot) realizar con éxito la tarea que me ha encomendado el humano?

Normalmente, la gran mayoría de los robots sociales emplean datos visuales y auditivos para poder iniciar la interacción con la persona, y en base a la información que obtengan de los sensores, comprender lo expresado por el humano, y/o producir el mensaje a transmitir. Si estimamos que la máquina es la emisora, además del significado del mensaje en sí, y de la voz, hay otras funciones que darán un valor añadido a la comunicación entre emisor y receptor, como las expresiones de la cara, la simultaneidad de los labios, la voz del robot, o el acompañamiento de gestos corporales que acompañen al mensaje. Si por el contrario, la máquina es la receptora, la finalidad del robot será reconocer la voz de la persona, interpretar los gestos de los brazos y piernas, y conocer el lenguaje informal y expresiones (Gil- Salgado, 2018).

Dado que los robots sociales están siendo creados para un bien social, las personas encargadas de diseñarlos tendrán que tener en cuenta no solo cometidos funcionales, sino también cometidos sociales. Uno de los propósitos de la Inteligencia Artificial es acoplar la tecnología de los robots con las carencias o exigencias de los beneficiarios/personas. Independientemente de si los robots tienen que convivir con otros robots sociales, con personas o con ambos, deberán demostrar tener un buen comportamiento social. Breazeal (2002) describe que hay cuatro formas de definir a los robots en función del grado de adaptación que tengan con el entorno, y de la dificultad que tenga el entorno donde se produce la interacción. Los cuatro tipos de robots son los que aparecen en la tabla:

Tabla 1: Tipos de robots sociales

Robots socialmente evocativos	Estos robots se antropomorfizan, es decir, se les otorga características humanas a un robot con forma de animal o de objeto para estimular a las personas, a que interactúen con la tecnología. Un ejemplo de ello serían los robots con forma de animales domésticos. Estos consiguen animar a la persona con la que interactúan, para que además de relacionarse con una persona, se relacionen con la tecnología.
Robots con interfaz social	A diferencia de los anteriores, la forma de interactuar que tienen estos robots se caracteriza por la utilización de las mismas formas de comunicación que tienen las personas, como los movimientos corporales, o las expresiones faciales. Estos robots tienen una gran apariencia humana.
Robots socialmente receptivos	Al igual que los robots con interfaz social, los receptivos usan las mismas formas para comunicarse que tienen las personas. Son robots que memorizan la forma de comunicarse y de moverse de las personas. Sin embargo, como señala Breazeal (2002) son socialmente pasivos, “responden a los esfuerzos que las personas realizan para interactuar con ellos, pero no comprometen activamente a las personas para satisfacer objetivos sociales internos”.
Robots sociables	Robots muy activos que son capaces de empatizar con las personas con el objetivo de satisfacer las carencias sociales que llevan internamente. Estos modelos de robots necesitan llevar integrados un sistema más complejo de aprendizaje y cognición, porque además de beneficiar a las personas, ellos mismos aprenden.

Fuente: elaboración propia a partir de los modelos de Breazeal (2002)

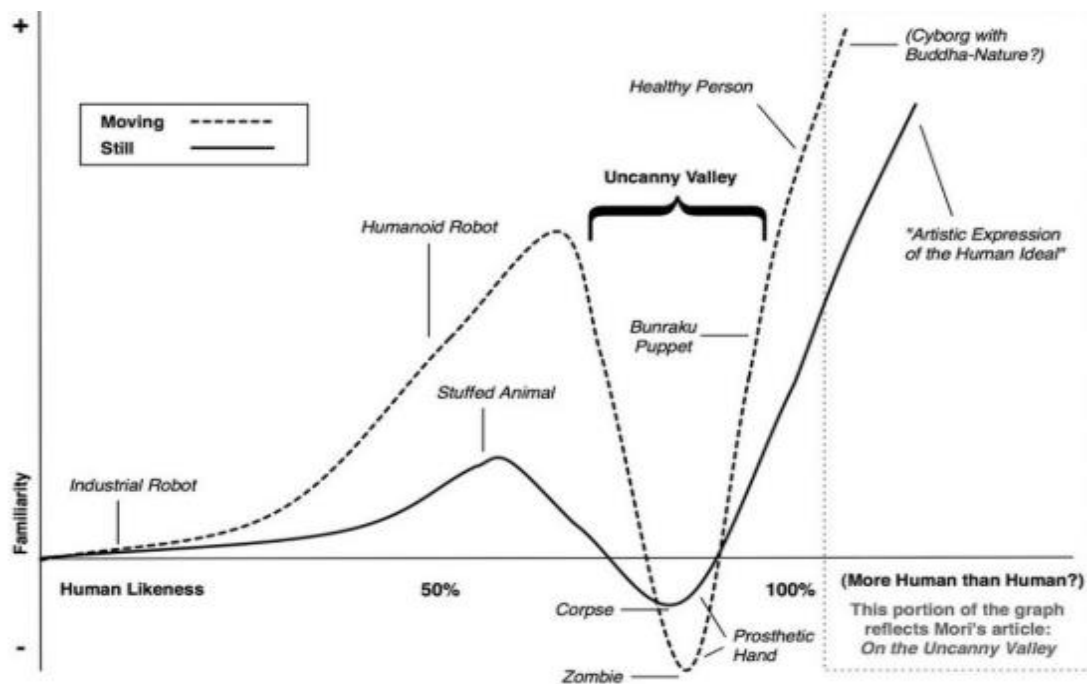
1.3. Teoría del “Uncanny valley”

Un aspecto relevante que debe ser tenido en cuenta cuando se trabaja con robots sociales, además de las características definidas por Breazeal (2002), es su diseño. El diseño de un robot será muy distinto si tiene que realizar trabajos donde el ser humano no tenga que estar presente, o si tiene que ejecutar tareas de acompañante. Si la interacción entre una persona y un robot es de gran envergadura, el robot debería tener un aspecto físico más humano, para que la persona esté cómoda cuando tenga que trabajar con él.

Además, en el diseño de los robots es indispensable mostrar las capacidades y los límites que tiene el robot, para que los individuos no generen falsas expectativas en cuanto a las habilidades de la máquina. (Lam, 2004)

Por lo tanto, es importante categorizar los distintos diseños que pueden tener los robots sociales, y para ello vamos a hacer a utilizar la teoría del “Uncanny valley”. En 1970, Masahiro Mori, un científico conocido por sus descubrimientos en las áreas de la robótica y de la automoción, diseñó el gráfico que vemos a continuación, conocido como “Uncanny valley”, en el cual se representan dos variables; el parecido humano del robot y el nivel de agrado de las personas al ver el robot. El término “Uncanny valley” representa la aceptación del público de un autómat a través de una función matemática $y=f(x)$, en la que y representa el grado de familiaridad con el robot; y la x representa el nivel de parecido con una persona. Con respecto a las curvas, estas varían dependiendo de si el robot está en movimiento o parado.

Figura 1: Gráfico de la teoría del “Uncanny valley”(Mori, 1970)



Fuente: Journal on robotic Systems (2008)

Este gráfico viene a decir que la afinidad de los humanos va aumentando a medida que los robots tienen una apariencia física cada vez más real. No obstante, cuando los robots

alcanzan cierto grado de semejanza, la reacción emocional positiva de las personas se vuelve en negativa.

En la actualidad, se han diseñado robots sociales con habilidades muy dispares, y mediante el gráfico del Doctor Mori previamente mencionado, se puede saber el grado de aceptación de las personas frente a los distintos diseños de los robots (Macdorman, 2006).

Sin embargo, para poder estudiar el diseño de los robots sociales, también es necesario ver el de los robots industriales. La mayoría de estos, no poseen ni piernas ni rostro, solo tienen brazos, con lo cual, no tienen prácticamente ningún parecido humano. Este tipo de robots realizan tareas similares a las desempeñadas por las personas, y su diseño no requiere de una apariencia humana. En este caso, si situáramos a estos robots en el gráfico de Mori (Mori, 1970), estarían localizados en el origen, en donde el agrado de su diseño no es relevante, solo su funcionamiento. No obstante, si quisiéramos crear un robot que fuera a ser utilizado como juguete, el diseño tendría más relevancia que su funcionalidad. En el primer pico del gráfico encontraríamos a este robot puesto que su diseño tiene que transmitir familiaridad al niño.

En el modelo del Doctor Mori, se introduce una tercera variable, la capacidad de movimiento, es decir, si realizan movimientos similares a los que realizan los humanos. Los robots industriales no se ven afectados por esta variable, ya que su diseño no ha estado centrado en la posterior aceptación humana. Sin embargo, el diseño de los robots más humanoides sí, con lo cual, si sus movimientos son semejantes a los de las personas, tendrán una mayor aceptación. No obstante, hay que tener precaución ya que, el movimiento que realice la máquina también puede provocar rechazo.

Un robot diseñado para ejecutar tareas parecidas a las realizadas por los humanos, no solo ofrece comodidad al usuario, sino que también es beneficioso para su entorno. Un coche eléctrico inteligente necesita tener puestos de recarga cada cierta distancia, un usuario que conozca las reglas, la duración, y el coste. Sin embargo, la gran ventaja que nos ofrece un robot humanoide es que se adapta a nuestro estilo de vida, y no al revés. Los robots sociales tienen que ser capaces de interpretar y de entender tanto la comunicación verbal, como la no verbal. De esta forma, el robot pasa a convertirse en una buena compañía práctica, e incluso emocional. Como he mencionado anteriormente, el aspecto físico de un robot es muy importante, y hay veces que el diseño de un robot genera una sensación de incomodidad en las personas. De acuerdo a la teoría del Doctor Mori, cuanto más se parezca el robot a una persona, más cómoda se sentirá esta última. Sin embargo, hay un momento

en el que el robot se asemeja mucho al humano y crea incomodidad, reduciendo totalmente la afinidad que sentía la persona. Este fenómeno es llamado el “Uncanny valley”, por eso, hay que tener mucha precaución cuando se diseñan robots que van a estar constantemente en contacto con personas. (Robbins y Denisi, 2004)

Para concluir, un robot social es aquel que interactúa y se relaciona con los seres humanos siguiendo conductas, modelos y normas sociales. Para eso, además de tener un diseño que haga que las personas se sientan a gusto, es imprescindible que disponga de una serie de habilidades que le permitan ejecutar tareas que ayuden a las personas. A fin de interactuar adecuadamente, los robots sociales reconocen e interpretan la forma de hablar de las personas, sintetizan la voz humana, y reconocen las expresiones faciales y acciones humanas. Así mismo, tienen que ser fáciles y seguros de manejar por personas no entendidas en robótica, capaces de advertir y manejar objetos modificables, y sobre todo, tienen que tener una gran capacidad para ajustarse a situaciones indeterminadas y cambiantes.

2. Aplicaciones de los robots sociales

En los últimos años, los robots industriales al haber optimizado las cadenas de producción gracias a sus sistemas automatizados, han logrado implantarse exitosamente en los distintos ámbitos de nuestra vida laboral y personal. Sin embargo, esto no ha sido el caso de los robots sociales, esta rama tan reciente de la robótica que incorpora inteligencia artificial, aún no está desarrollada del todo. Son escasos los robots sociales que se comercializan, por lo tanto, es complicado clasificar las distintas posibles aplicaciones de estos. Al no haber una clasificación consensuada, distintos profesionales en robótica elaboraron distintos enfoques para categorizar a los robots sociales según su propósito y son los presentados en las siguientes líneas.

Por una parte, Christensen (2013) distingue tres tipos de robots sociales: robots de entretenimiento, robots para realizar tareas rutinarias y robots para el cuidado de personas mayores. El reto para los robots que tienen como finalidad entretener al usuario es proporcionar un repertorio de interacciones que diviertan y animen a las personas. Los robots encargados de las labores del hogar, a diferencia de los anteriores, tienen que tener bien definidos unos parámetros de desempeño. Por último, los robots encargados del cuidado de personas de avanzada edad, necesitan también unos parámetros de desempeño, pero con flexibilidad para que sean capaces no sólo de ejecutar acciones, sino también, de aprender y ajustarse a los usuarios.

Por otra parte, Fong et al. (2012) proponen otro tipo de categorías para distinguir a los distintos robots sociales: robots utilizados para conocer mejor la forma en la que los humanos nos comunicamos, robots de servicio empleados tanto en hogares como en sitios públicos, robots juguetes y animadores, robots para hacer terapia y por último, los robots utilizados en el sector educativo. A esta clasificación, Ljungblad (2015) añade una categoría más, los robots diseñados para servir como guías turísticos.

Como podemos ver, aún no se ha alcanzado un acuerdo por parte de la comunidad científica sobre la forma de clasificar las distintas aplicaciones de los robots sociales. Sin embargo, en 2014, un grupo de científicos, entre ellos Britta Wrede y Frank Hegel, realizaron un estudio de investigación para averiguar las posibles aplicaciones que podían tener los robots sociales. El argumento para realizar esta investigación fue que, además de las consideraciones realizadas por los científicos sobre las futuras aplicaciones de los

robots, la opinión de aquellas personas que en un futuro podrían convertirse en usuarias de robots sociales, también era relevante.

Para ello, de entre todos los robots que fueron creados a finales del siglo XX y principios del XXI, se seleccionaron solo cuatro: AIBO, iCat, BARTHOC y BIRON. Las características de cada uno de los robots seleccionados se pueden ver en el Anexo. Como hemos mencionado, la finalidad de este estudio era saber los distintos ámbitos de aplicación que podrían tener los robots sociales, y para ello, cada uno de los cuatro robots sociales escogidos tenían unos diseños y unas capacidades distintas.

Al finalizar la investigación, los potenciales usuarios de robots sociales propusieron distintas aplicaciones que podemos agrupar en tres grandes grupos: aplicaciones domésticas, aplicaciones públicas y aplicaciones tanto para sitios públicos como privados.

2.1. Aplicaciones domésticas

El primer grupo, aplicaciones domésticas, se compone de seis subgrupos: terapia y cuidados sanitarios, acompañamiento, entretenimiento, juguete, mascota, y asistente personal /interfaz.

Balch y Arkin (2004) destacan tres requisitos que un robot social debe reunir:

- El aspecto físico del robot debe alcanzar las expectativas de la persona que lo use.
- El robot dentro de sus capacidades, tiene que ser capaz de comunicarse de manera verbal y no verbal.
- El robot tiene que estar diseñado de forma que respete una serie de normas sociales.

Un ámbito en donde esos tres requisitos son necesarios es en el doméstico. Lo doméstico hace referencia a todo lo relacionado con el hogar, y es importante porque las personas deciden quien puede entrar y quien no, y que reglas quieren establecer. Por ello, el robot social que tenga alguna aplicación doméstica, debería ser capaz de aprender a ejecutar las tareas en función de las necesidades y de las reglas establecidas en cada hogar.

Puesto que el fin último de este trabajo es analizar las contribuciones de la robótica social en el ámbito de la medicina española, el primer subgrupo de robots domésticos para terapia y cuidados sanitarios se analizará con más profundidad en los siguientes capítulos.

Por lo tanto, vamos a empezar directamente por los robots sociales de acompañamiento, de entretenimiento y los utilizados como juguetes. Según la teoría de

antropomorfismo de Martínez de Albeniz (2012) las personas que se sienten solas, son las que más tendencia tienen a antropomorfizar, esto se debe a la condición social del ser humano. La soledad provoca en las personas una serie de daños psicológicos que son más graves que los malestares físicos. Así mismo, un estudio realizado en la Universidad de Columbia reveló que las personas mayores que tienen mascotas, tienen más capacidad para sobrellevar los acontecimientos negativos, y van menos veces al médico, que aquellas que no tienen (CUIMC, 2018). Por todo ello, los robots sociales que encajarían dentro de las aplicaciones de acompañamiento, son robots que tienen como finalidad animar a las personas para reducir el sentimiento de soledad. De esta forma, el impacto psicológico es la principal diferencia entre los robots sociales que acompañan y aquellos que entretienen. La razón de ser de los robots sociales de entretenimiento es ser un pasatiempo y divertir a las personas, pero no influir en la psíquica del usuario. Lo mismo sucede con los robots juguete que ya representan al 70% de los robots domésticos que hay en el mercado, y sirven exclusivamente para jugar.

Otra de las aplicaciones domésticas propuestas es el robot social mascota. Un robot diseñado para que el usuario se sienta responsable del robot, estando a cargo de él. A estos robots hay que adiestrarlos, enseñarlos, y darles afecto. Al estar compuesto de sensores, infrarrojos y procesadores de lenguaje natural, son capaces de reconocer la voz del usuario e interactuar con él. Estos robots no sólo se parecen físicamente a algún animal, sino que también se comportan de forma similar.

Por último, tenemos a los robots sociales utilizados para realizar tareas domésticas, los llamados asistentes personales. Estos robots pueden realizar este tipo de quehaceres: colocar platos en el lavavajillas, quitar el polvo de la casa, traer objetos a los usuarios y comunicarse con ellos.

2.2. Aplicaciones públicas y domésticas

El segundo grupo contiene todos aquellos robots sociales que pueden ser utilizados tanto en los hogares, como en los espacios públicos. Dentro de esta categoría, podemos distinguir dos subgrupos; seguridad y educación. Los robots sociales utilizados para reducir peligros y riesgos, incluyen robots utilizados para tareas militares, de observación y de supervisión. Estos robots sociales, siguen en fase de desarrollo, aún no están disponibles, y no hay que confundirlos con los robots industriales utilizados para fines militares. Sin embargo, los robots sociales utilizados en el ámbito educativo ya están en el mercado. Estos

robots pueden detectar el estado de ánimo del usuario con el que trabaja y en función de este, proponerle una serie de actividades. Son utilizados principalmente como herramientas educativas capaces de escuchar, preguntar y contestar a una gran cantidad de preguntas.

2.3. Aplicaciones públicas

Este último grupo, está integrado por dos tipos de robots sociales, los de negocios y los asistentes públicos. Los robots sociales de negocios, incluyen robots recepcionistas, robots para ventas, y robots de representación. Los asistentes públicos por su parte, pueden ser guías turísticos, traductores o puntos de información. Estos robots encajarían con algunas de las categorías definidas por Ljungblad (2015) y Fong et al. (2012) como los robots guía.

A pesar de que este estudio a futuros usuarios de robots sociales, haya determinado una forma de clasificar a los robots sociales, similar a la determinada por los entendidos en robótica, esta clasificación no es del todo exhaustiva. No sólo podrían diseñarse nuevos robots con otros tipos de usos, sino que además, para este estudio, se han testado solo cuatro robots.

Segunda parte: Robótica social en la medicina

3. Aplicaciones en el sector de la medicina

Después de haber clasificado los distintos tipos de robots sociales, podemos ver que estos últimos tienen aplicaciones muy dispares, pero que tienen algo en común, optimizar y facilitar la vida de las personas. Dentro de los robots sociales domésticos se encuentran aquellos empleados para cuidados sanitarios y rehabilitación. Estos robots han sido creados para ayudar a las personas con problemas sociales, físicos o de comunicación, derivados de alguna enfermedad. En esta segunda parte, trataremos de identificar en que punto, se encuentra la robótica social española aplicada a la medicina.

La llegada de nuevas tecnologías siempre ha conllevado una fase de adaptación y de cambio por parte de las personas. La tecnología transforma los estilos de vida de la gente e introduce nuevos paradigmas. La medicina ha sido una de las múltiples áreas que ha realizado cambios beneficiosos y favorables, gracias a la incorporación de máquinas programadas que facilitan los procesos médicos, y reducen el margen de error que había antes cuando sólo actuaba el médico.

Los inicios de la robótica en medicina pueden situarse a principios de los años 80, con los primeros ensayos de carácter quirúrgico en neurocirugía y ortopedia. Algunos proyectos de esta década incluyen el desarrollo de robots, capaces de pasar los instrumentos quirúrgicos a los médicos y enfermeras.

A finales de los 90, gracias a los avances de las comunicaciones y de la inteligencia artificial, se sientan los cimientos de la robótica social, abriendo un abanico de oportunidades para la medicina. Como hemos visto, esta rama de la robótica tiene menos de dos décadas, y está en plena fase de investigación, por ello, las únicas especialidades de medicina que pueden contar a día de hoy con la presencia de robots sociales, son la gerontología (incluyendo a los afectados de Alzheimer y Parkinson), y los pacientes con trastornos de la comunicación.

A lo largo de esta segunda parte, analizaremos los desafíos a los que se está enfrentando España en estas dos ramas médicas, y cómo los están combatiendo con el desarrollo e implementación de la robótica social. Como hemos mencionado anteriormente, para ello, no sólo nos basta con estudiar los robots que han sido creados a nivel nacional,

sino que también es necesario, comparar nuestros logros, con aquellos que se están consiguiendo en el resto del mundo. De esta forma, conseguiremos tener una visión completa del alcance de la robótica social en España, y así poder responder a la cuestión planteada en este estudio de investigación.

3.1. Robots sociales en gerontología clínica

La gerontología es la ciencia que trata el envejecimiento y todo lo relacionado con este, separándose en tres líneas distintas: la gerontología social, cuyo fin es averiguar todos los factores socioeconómicos y culturales que pueden acelerar el proceso de envejecimiento; la gerontología experimental, centrada en el estudio de métodos y técnicas que nos permitan progresar en el conocimiento del envejecimiento y por último, la gerontología clínica, que hace referencia a todo lo relacionado con la enfermedad, su detección, su prevención y su tratamiento, incluida la terapia de rehabilitación. Sin embargo, para poder introducir la robótica social en la terapia para personas mayores es necesario que las tres líneas de gerontología estén unidas.

De las personas mayores, estimando como tales aquellas cuya edad está por encima de los 65 años, unas van a envejecer de forma natural, por un deterioro fisiológico, mientras que otras van a mostrar un estado de salud más débil, fruto de la acumulación de factores clínicos, socioculturales y funcionales (envejecimiento causa del padecimiento de enfermedades), considerándoles además de pacientes de gerontología, aquellos que más atención van a requerir.

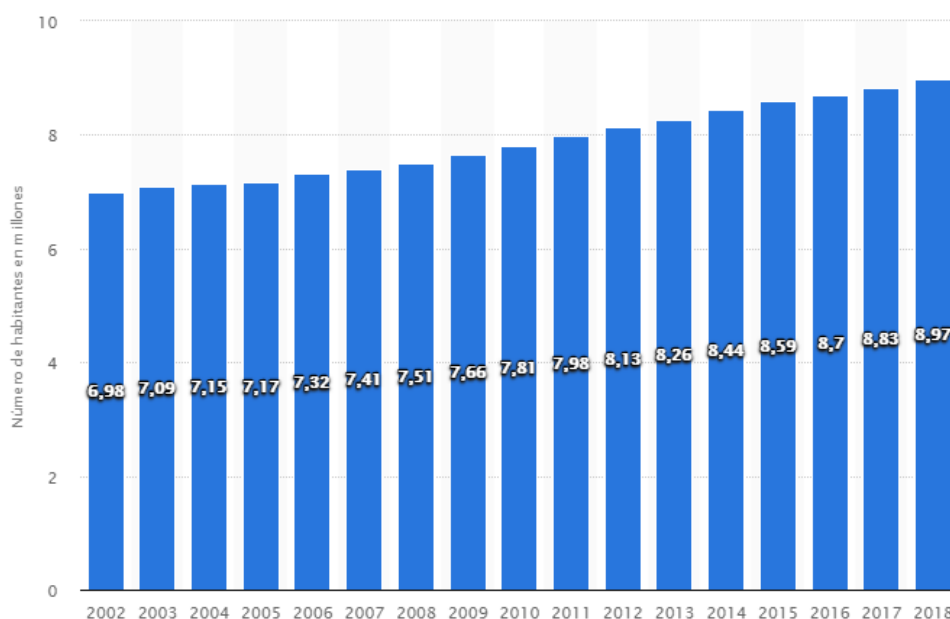
Según informes de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), dentro de 30 años, un 40% de las personas mayores de 80 años padecerá alguna enfermedad o trastorno neurológico, que perjudicará su movilidad. Los problemas neurológicos que más sufrirán las personas mayores, se estima que sean; Alzheimer, Parkinson, daños medulares y enfermedades degenerativas del sistema nervioso, como la esclerosis. En 2017, la factura para tratar estas enfermedades, alcanzaba los 80 000 millones de euros al año en todo el mundo. Una cifra que podría ser menor si se desarrollaran robots sociales diseñados exclusivamente para el tratamiento de estas enfermedades. Las empresas poco a poco, están empezando a considerar el reto de la robótica social como algo competitivo. Esto se debe a que las personas que en un futuro hagan uso de estos robots para sus terapias o rehabilitaciones, ya no necesitarán otros cuidados externos o ir a residencia, puesto que tendrán todo lo que necesitan en sus casas.

Pese a ver la robótica como algo que aportará rentabilidad, hay que tener en cuenta un factor determinante que aún no hemos mencionado, el papel de las administraciones públicas. Según Lanuza (2018), “la salud es el hermano pobre de la robótica. Aunque todo el mundo ve su importancia, es objeto de una regulación muy estricta, y además depende fundamentalmente de las administraciones públicas”. Este científico, considera que el sistema regulatorio español no está actualizado, porque la regulación no sigue a la realidad médica. Sin embargo, yo creo que en unos años, cuando la gente vea la importancia de la robótica social, las administraciones públicas serán aquellas que impulsen y fomenten su desarrollo.

3.1.1. Situación en España

A principios de la década de los ochenta, los españoles con una edad superior a los 80 años representaban casi al 2% de la población total. A día de hoy, esa cifra alcanza el 3,9%, pero el problema sustancial reside en las previsiones que hay para el año 2050, donde el número de personas con más de 80 años será casi el 10% de la población. No solo eso, sino que además, el número de personas recién jubiladas pasará de ser del 8,97% al 18% en 30 años. (OMC, 2018) En el siguiente gráfico podemos ver como en tan solo 16 años, el número se incrementa en un 3% aproximadamente.³

Figura 2: Número de habitantes de 65 años o más en España de 2002 a 2018 (en millones)



Fuente: Statista (2018)

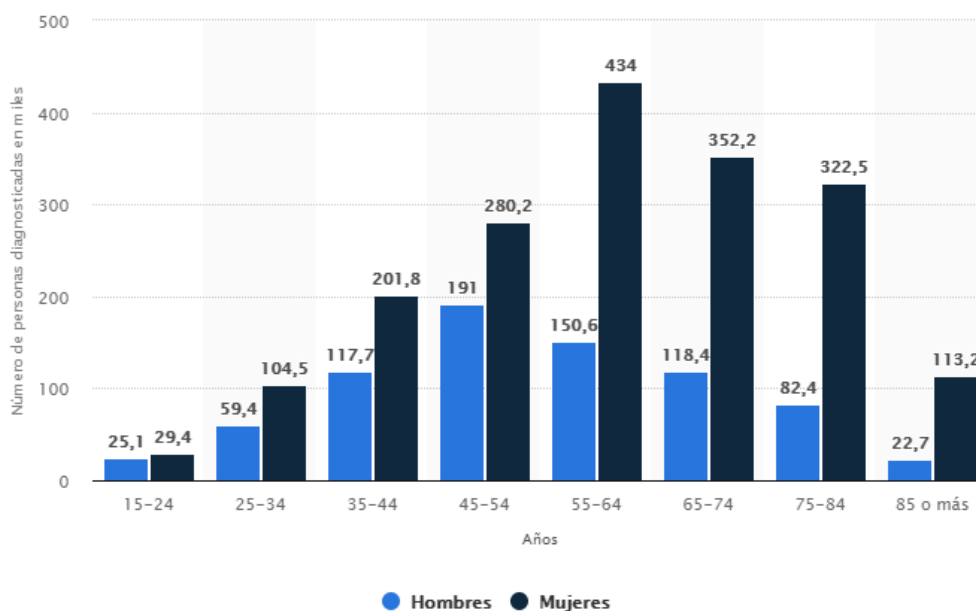
Estas cifras de senectud de población implican un reto que afecta a todas las esferas, pero el sociosanitario es sin lugar a dudas el campo más perjudicado. Partiendo de la base que las personas mayores son la que más acuden o más utilizan la Sanidad pública, muchas personas se cuestionan la sostenibilidad de la misma. El presidente de la Sociedad Española de Geriatria y Gerontología, José Antonio López Trigo, asegura que el sistema sanitario tiene fecha de caducidad a no ser que sea modificado cuanto antes.

Así mismo, el resto de servicios proporcionados por el sistema sanitario, incluidos los centros de día para personas de avanzada edad, las residencias y el resto de servicios públicos, se verán afectados. Para añadir más complejidad, el ratio de apoyo familiar, se verá multiplicado por dos en los próximos 30 años. Este ratio mide el número de personas mayores de 80 años por cada 100 personas que tengan entre 45 y 65 años. Esto quiere decir que las familias españolas estarán compuestas principalmente por ancianos, y el resto de miembros tendrá que dedicar más recursos y tiempo para poder ocuparse de ellos (OMC, 2018).

Por último, es importante mencionar que como se ve en el gráfico, las personas mayores de 60 son las que más padecen depresión, con lo cual un aumento de la esperanza

de vida de la población española, va a aumentar el número de personas diagnosticadas con depresión.

Figura 3: Distribución del número de personas diagnosticadas con depresión en España en 2018, por géneros y grupos de edad (en miles)



Fuente: ANAED (2019)

3.1.2. Robots sociales en España

Estos desafíos, han hecho que una parte de la comunidad científica española esté trabajando en posibles soluciones, y una de ellas es el uso de la robótica social. El uso de robots que como hemos mencionado a lo largo de este estudio, sean capaces de comunicarse con nosotros, y sean una herramienta de apoyo físico y mental. El propósito de los científicos es que para 2050, año en el que se prevé que un 30% de la población esté compuesta por personas mayores de 65 años, haya en todos los hogares un robot social, que se ocupe de animarlos, y de ayudarlos con los cuidados sanitarios. (CGCOM, 2019)

Con respecto a los robots que no son considerados sociales, el director de la Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (FENIN), Ángel Lanuza, considera que España es uno de los países que lleva la delantera en robótica. Por ejemplo, empresas españolas como Marsi Bionics, han diseñado exoesqueletos completos para personas de avanzada edad que no tengan fuerza muscular (Marsi Bionics, 2019).

Sin embargo, estos robots que hasta ahora solo son capaces de ejecutar movimientos y de ayudar físicamente a los ancianos, se verán complementados por los robots sociales. Los robots sociales para el cuidado de personas mayores, ofrecerán un apoyo psicológico y no solo físico (CGCOM, 2019). Algunos de los prototipos que se están testando son los de la Universidad Carlos III de Madrid. Robots que interactúan con las personas mayores, proporcionándoles asistencia sanitaria acompañada de entrenamiento y estimulación. Otro tipo de robots sociales que se están desarrollando, son los robots custodiales, robots con la capacidad de detectar si la persona se ha caído, si está en buen estado físico y que además hagan compañía. La Sociedad Española de Geriátrica y Gerontología se encuentra buscando financiación para poder desarrollar este tipo de robots, pensados para complementar a los cuidadores y enfermeros.

Por último, otro de los proyectos que se están llevando a cabo y el que más avanzado está, es el robot TIAGo, un robot que tiene aspecto semi humanoide. TIAGo, está siendo desarrollado por PAL Robotics, y al igual que el resto de proyectos en curso, ha sido diseñado para que en un futuro, cuando el número de personas mayores de 65 años se duplique, estas puedan disponer de un robot en casa que les ayude, en lugar de tener que acudir a una residencia o centro de día. TIAGo ya se está probando en distintos hogares europeos y según ha explicado el director general de la empresa, Francesco Ferro, “el ensayo está teniendo una aceptación muy alta entre las personas mayores que lo están probando”. TIAGo es capaz de monitorizar las constantes y el estado físico de los ancianos, informar sobre las horas de comida y recomendar platos saludables, localizar los objetos más importantes que estén perdidos, como el móvil o las llaves, ayudar al anciano a meterse en la cama, y obedecer órdenes e interactuar con la persona (PAL Robotics, 2019).

Estos proyectos permiten a los más mayores, estar más tiempo en casa y alargarles el tiempo de autonomía de 2 a 4 años más, reduciendo el uso de residencias o centros de día. Por ello, la mayoría de la financiación recibida para llevar a cabo estos proyectos, proviene de los fondos de la Unión Europea (PAL Robotics, 2019).

Estos avances y nuevas líneas de investigación, están en las primeras fases de desarrollo. Y con respecto a la comercialización de estos robots, por un lado, Salichs (2017) dice “Estamos empezando. Cuando vemos robots en la televisión suelen ser prototipos, pero estos pueden tardar un par de décadas en estar operativos para poder llegar a las casas”. Por otro lado, Lanuza (2018) afirma que cada vez hay más proyectos que se están testando,

y de los que ya se están empezando a ver beneficios, con lo cual, en un par de años, deberían de estar ya al alcance de la gente.

Como podemos ver, hay distintas posturas en relación, a la salida al mercado de este tipo de robots. Unos consideran que aún quedan unas décadas, y otros que unos años. Sin embargo, hay consenso con respecto al precio al que estarán disponibles estos robots sociales. Se estima que un robot que interactúe con la persona mayor, que le suministre los medicamentos adecuados, y que le ayude a realizar ejercicios físicos, podría costar alrededor de unos 300.000 euros.

Por otra parte, como hemos mencionado antes, esta primera línea de robots sociales, no está siendo diseñada para sustituir a los enfermeros, o por lo menos no a todos. Los científicos coinciden en que los enfermeros seguirán siendo necesarios puesto que aún queda mucho recorrido por delante, hasta que los robots sociales sean considerados mejores que los enfermeros.

3.1.3. Robots sociales en otros países

Al igual que en España, en otros países también se están realizando los primeros prototipos de robots capaces de asistir y de entretener a las personas mayores. El objetivo de este apartado es ver como de avanzada está la robótica social española con respecto al resto de países que también utilizan esta línea de robótica.

Samsung, la empresa de Corea del Sur, conocida por su línea de electrónica de consumo, fue una de las empresas invitada al CES 2019. La feria tecnológica más grande del mundo, donde anunció su nueva línea de robots. Uno de ellos, objeto de este estudio, fue el Samsung Bor Care, un robot dirigido a personas mayores. Este robot, mide cerca de un metro de altura y ha sido creado para ayudar a los ancianos a que estos realicen sus tareas y ejercicios médicos diarios. Algunas de sus funciones incluyen el poder hacer un seguimiento del estado de sueño de los ancianos y suministrarles los medicamentos cuando sean necesarios. Así mismo, es capaz de medir la frecuencia cardiaca con solo poner un dedo sobre la persona mayor, y en el caso de que detecte que algo no está evolucionando correctamente, es capaz de avisar algún miembro de la familia por videollamada, o llamar directamente al número de emergencias (OMC, 2018).

De la misma forma, para poder monitorizar el sueño de la persona, el robot puede saludarlo por las mañanas, y mantener una conversación con el anciano, similar al que

tendría con un asistente digital. A diferencia del resto de robots, Samsung Bot Care no tiene apariencia humana, solo tiene unos ojos que le permiten analizar el entorno. Por último, el robot obedece órdenes, puede informar sobre las noticias y el tiempo del día, y reproducir música, en función del estado de ánimo del anciano. Sin embargo, Samsung Bot Care es sólo un prototipo, por lo que se siguen testando y desarrollando las primeras demos, sin estar cerrada la fecha de lanzamiento al mercado (OMC, 2018).

Otros ejemplos de iniciativas de robots sociales son RoboCoach y el proyecto Accompany. Por un lado, RoboCoach es un robot que se está desarrollando en Japón y que tiene como finalidad, ayudar a los ancianos a que realicen actividades físicas diarias, y así mejorar su calidad de vida. Este robot cuenta con dos pantallas; una está situada en la cabeza y analiza el estado físico y anímico de la persona, y la otra está localizada a la altura del pecho del robot y en ella se muestran las instrucciones de los ejercicios y movimientos a realizar. Por otro lado, el proyecto Accompany está siendo dirigido por la Universidad de Hertfordshire en Inglaterra, y tiene la intención de crear un robot que reduzca la sensación de soledad de las personas mayores. Los primeros prototipos de este proyecto ya son capaces de informar a los ancianos de actividades estimulantes y divertidas, además de realizarlas con ellos. Esta propuesta permite mejorar la situación de los más mayores, motivándoles a ser activos, y ayudándoles a ejercitar no sólo los músculos, sino también, la memoria.

Por último, hay que destacar el robot Pearl, un robot social diseñado gracias a la colaboración conjunta de las universidades de Michigan, Pittsburgh y Carnegie Mellon. Este robot tiene dos funcionalidades; recordar a las personas mayores sus tareas diarias como tomar los medicamentos, beber, comer... y ayudarles a que se desplacen por el entorno. En un primer momento, el proyecto había sido pensado para ser utilizado solo en los hogares, sobre todo en aquellos donde las personas tuvieran algún tipo de carencia cognitiva. Sin embargo, se está estudiando la posibilidad de que Pearl sea utilizado también en residencias o centros de día, con el fin de reducir la carga de trabajo de las enfermeras.

3.2. Alzheimer

Así mismo, hay que tener en cuenta que esta primera generación de robots sociales para ancianos, está enfocada hacia personas que además de compañía, requieran de cuidados físicos, pero que no tienen enfermedades degenerativas que afecten a la parte psíquica de la persona, como por ejemplo, personas que padecen Alzheimer. Este tipo de

enfermedades que son más comunes en los ancianos, también requieren de una serie de terapias y ejercicios.

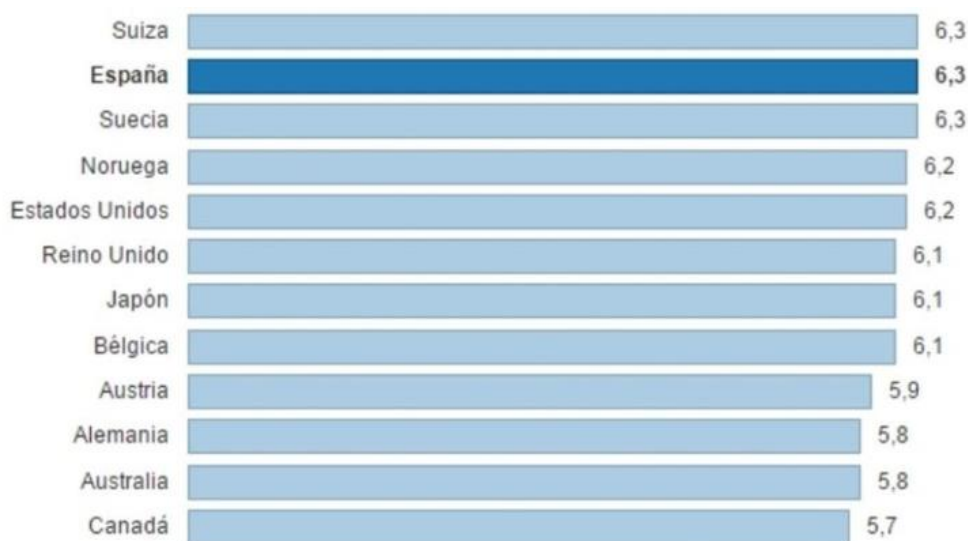
3.2.1. Situación en España

El Alzheimer es una enfermedad que no se puede prever, no existe un tratamiento al 100% efectivo y por tanto, se puede decir que es una enfermedad que no tiene cura. Afecta a la persona que lo padece directamente, y también a todos aquellos terceros que tienen que cuidar del paciente, como la familia. Por ello, es un problema que repercute en dos ámbitos, el social y el sanitario. En España ya hay más de 6 millones de personas con Alzheimer, y como podemos ver en el gráfico de la siguiente página, cerca del 6,5% de las personas mayores de 65 años se ven afectadas, posicionándonos en la tercera posición a nivel mundial. Este porcentaje no es muy alto. El problema reside en el que se establece para las personas mayores de 80 años, que alcanza el 50%, es decir, a 1,5 millones de personas en España.

España no está preparada para enfrentar esta cuestión que se ha convertido en un desafío prioritario en el ámbito socio-sanitario, si se tiene en consideración el gasto que supone atender a un afectado. Más de 32.000 euros al año es el coste medio que tienen que asumir las familias para poder ocuparse de un paciente de Alzheimer. Esto supone más de 50.000 millones de euros al año (Fundación Alzheimer España, 2019).

Por otra parte, cómo hemos visto al principio de este apartado, esta enfermedad no sólo genera problemas clínicos al afectado, sino que también, la propia familia se ve perjudicada y, más específicamente, el cuidador, con problemas de carácter social, físico, psicológico y muchas veces laboral. Esta situación va a duplicarse en los próximos años debido a la esperanza de vida, que como ya sabemos, es cada vez mayor. La única solución que existe para poder cambiar esta situación, es dedicar más recursos a la investigación clínica y psico-social.

Figura 4: Ranking de prevalencia de demencia entre la población de más de 65 años a nivel mundial.



Fuente: OECD (2018)

3.2.2. Robots sociales en España

A pesar de que los costes para crear un robot de estas características son muy elevados, los expertos coinciden en que serán productos rentables y demandados. Es una tecnología sanitaria a la que se le exige toda la seguridad posible, y a medida que aumente la demanda de estos, su precio irá disminuyendo. Así mismo, es importante mencionar la cobertura social. En la mayoría de los países del norte de Europa, hay una cobertura total de los robots dirigidos a aplicaciones médicas. En España, aún se están debatiendo que tipos de robots van a estar cubiertos, pero parece que las conversaciones van en buen camino (Asociación Española de Robótica y Automatización, 2019).

Son muchos los científicos que están dedicando a día de hoy todos sus recursos para poder encontrar una solución al problema, y la implementación de la robótica social en los hogares es una de ellas. Los robots sociales que se están desarrollando en este ámbito, son más complejos puesto que se enfrentan a personas que padecen ciertos problemas neurológicos.

Lanuza (2018) menciona que el Alzheimer es un desafío mucho mayor, y que la comunidad científica ya está preparada para diseñar robots sociales que sean capaces de acompañar personas con esas características. Los robots para poder actuar, necesitan una

parte de voluntad de las personas, si el anciano no pone de su parte, el robot no puede hacer nada. Según apunta Salichs (2018), “necesitaríamos algo casi humano, y aún estamos muy lejos de conseguirlo”.

Para concluir, a día de hoy, en España se están investigando este tipo de robots, pero aún no tenemos un prototipo. Al principio de este apartado, hemos comentado los desafíos a los que se enfrenta España en relación a esta enfermedad y considero, que se deberían invertir más recursos para solventar tres principales problemas: la creciente esperanza de vida, el aumento de personas que padecen Alzheimer, y la creciente demanda de profesionales de la salud para atender a los afectados que difícilmente podrá ser satisfecha. De hecho, el Ministerio de Trabajo ya ha anunciado que en los próximos años, más de 100.000 puestos para atender a personas con Alzheimer, no van a poder ser cubiertos por falta de personal. Por eso, como menciona Aulestia (2018), "la tecnología ya no puede estar sentada en los laboratorios, queremos que el público en general pueda usar y beneficiarse de la tecnología".

3.2.3. Robots sociales en otros países

A pesar de estar muy lejos de conseguir un robot que consiga mejorar las terapias y los ejercicios que llevan a cabo los médicos, ya se están diseñando robots en otros países, que interactúan con pacientes de Alzheimer para que sirvan como herramienta de apoyo a las terapias.

El primer robot social de esta línea es PARO, un robot que fue diseñado por el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología Industrial de Japón, y sus funciones son meramente afectivas. Este robot se utiliza en terapias en Japón, América del Norte, Dinamarca y España, y está demostrado que reduce los niveles de estrés, depresión y dolor. Así mismo, PARO mejora el estado de ánimo y facilita la interacción entre los enfermeros y el afectado. Además, PARO consigue reducir algunos de los comportamientos mostrados por las personas que sufren Alzheimer (AIST, 2019).

Otro de los proyectos que se están llevando a cabo, es el de la Universidad de Denver, donde se está diseñando un robot social para acompañar a los afectados de Alzheimer y así, aliviar la escasez de personal que hay para atender a esas personas en sus hogares. Ryan es el nombre que se ha escogido para este robot y uno de sus creadores, el profesor Mahoor (2019), ha declarado que "Ryan va a ayudar a la gente en cuanto a interacción social, a aquellos que están solos, a aquellos que necesitan respaldo, y a aquellos que necesitan un

acompañante". Para añadir, la inteligencia artificial que Ryan lleva integrada, le permite realizar juegos cognitivos que activan las redes neuronales de los pacientes con Alzheimer. Así mismo, esta máquina inteligente es capaz de, como la mayoría de los robots presentados hasta ahora, reconocer a cada uno de los individuos que se encuentran en su área de visión además de sus estados de ánimo. Ryan dispone de una pantalla a la altura de la cabeza que refleja emociones, una herramienta muy útil para fomentar a las personas, el desarrollo de habilidades sociales y emocionales. Por último, este robot interactúa con las personas y mantiene conversaciones con ellas. Cuando estas conversaciones van en aumento, Ryan empieza a hablar de temas básicos, y a medida que va pasando el tiempo, las conversaciones son más complejas, mejorando el desempeño. El diseño de este robot, no incluye piernas, solo brazos, esto tiene su porqué, al no tener piernas, inconscientemente las personas mayores que además sufren algún tipo de discapacidad, se dan cuenta de que pueden mantenerse activos sin necesidad de moverse (DU2SRI ,2019).

Este robot aún está en fase de desarrollo, pero según la DU2SRI (2019) en los próximos años, van a empezar a producirlos en masa. A diferencia de los robots o de los prototipos que hemos visto hasta ahora, Ryan no va a ser vendido, sino que va a ser “alquilado” por suscripción, durante el tiempo que haga falta.

3.3. Enfermedad de Parkinson

Otra de las enfermedades que pueden ser tratadas con robots sociales es la Enfermedad de Parkinson (E.P.), las personas mayores suelen ser más propensas a contraer esta enfermedad, pero cualquiera puede padecerla.

3.3.1. Situación en España

La Sociedad Española de Neurología (SEN, 2019) ha declarado que el aumento de la esperanza de vida, la aparición de nuevas tecnologías, y una mayor sensibilización sobre la enfermedad, han sido las razones por la que se ha incrementado el número de personas con E.P. Un estudio realizado por la Universidad Complutense de Madrid en el que se realiza una revisión de trabajos para investigar el impacto de la enfermedad a nivel nacional, ha concluido que en España hay 300.000 personas con Parkinson, que se detectan unos 10.000 nuevos casos al año, y que en 30 años el número de afectados se triplicará.

Además, este estudio ha permitido estimar el precio que supone para las familias tratar esta enfermedad. Si un paciente hace uso de las tecnologías más avanzadas que hay para

tratar el Parkinson, como la estimulación cerebral o la bomba de apomorfina, el gasto puede estar comprendido entre los 20.000 y los 50.000 euros anuales. No obstante, estos tratamientos suelen ser utilizados por una minoría, por lo que el resto de pacientes recurren a técnicas más económicas. No solo por el precio, sino también porque cada afectado tiene un grado de Parkinson distinto, y en función de este, necesitará una u otra terapia.

Para añadir, los estudios que se han realizado hasta ahora sobre los gastos que se requerirían para mejorar la calidad de vida de estas personas son pocos, y no han dado con una cifra exacta (García-Ramos, 2018). El Hospital Clínico de Madrid también llevó a cabo un estudio de mercado para estimar la cuantía de costes directos e indirectos que suponían los tratamientos, y se llegó a la conclusión que al año, un paciente de Parkinson, se tenía que gastar de media unos 7.000 euros.

Un estudio publicado en Neurología (2018), señala que la mayoría de los afectados por la Enfermedad de Parkinson, son personas que tienen entre 65 y 80 años. En el caso de las mujeres, estas tienen más probabilidades de padecer la patología entre los 70 y los 85 años. Para añadir, las personas con Parkinson tienen el doble de probabilidades de morir que aquellas que no padecen ninguna enfermedad. Esto se debe, como veremos más detalladamente en las siguientes líneas, al deterioro tanto físico como cognitivo que sufren estas personas.

La enfermedad del Parkinson es un trastorno neurodegenerativo ya que perjudica al sistema nervioso, degenerando las neuronas encargadas de producir dopamina. Cuando el cerebro no recibe la cantidad de dopamina suficiente, los avisos de cómo y cuándo debe moverse la persona se emiten erróneamente, provocando alteraciones físicas y psíquicas. Usualmente se relaciona este trastorno a un desorden de movimiento (temblores, tardanza al andar, desequilibrios, etc). Sin embargo, la E.P. también provoca alteraciones en el área cognitivo, y en la manifestación de las emociones provocando una falta de autonomía en el afectado. Dado esta doble condición, desorden tanto físico como psíquico, del Parkinson, los enfermos pasan a formar parte de una población de interés para la comunidad científica. (Picelli et al., 2013) Además, como podemos ver en la tabla, hay un gran número de personas con Parkinson que no son capaces de realizar tareas rutinarias, sin contar con ayuda externa.

Tabla 2: Nivel de dificultad para realizar tareas sin ayuda ni supervisión

(% Horizontales. N=755 en cada fila)	No encuentra dificultad	Dificultad moderada	Dificultad severa	No puede hacerlo
Comer o beber	60	10	15	14
Cambiar de postura	40	12	26	22
Andar o moverse dentro de su vivienda	46	11	20	23
Manipular objetos pequeños con manos o dedos	44	11	22	23
Realizar las actividades relacionadas con la defecación	60	5	10	25
Realizar las actividades relacionadas con la micción	48	10	14	28
Levantar o transportar con manos o brazos un objeto	34	11	26	28
Vestirse o desvestirse	34	12	18	35
Lavarse o secarse las diferentes partes del cuerpo	26	11	20	43
Desplazarse en medios de transporte como pasajero	24	8	23	45
Preparar comidas	30	4	10	56
Ocuparse de las tareas de la casa	23	5	11	61

Fuente: Encuesta sobre Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (EDAD, 2018) del INE.

A pesar de que en la actualidad el tratamiento farmacológico ha dado resultados efectivos, reduciendo gran parte de las alteraciones funcionales y cognitivas, aún no se ha conseguido aliviar todas. Por esta razón, la comunidad científica está investigando en robótica social para tratar a personas con Parkinson. El fin último de esta tecnología es poder mejorar, o al menos, conservar a la persona la mayor cantidad de tiempo posible (Nieuwboer et al., 2009).

La estimulación cognitiva es una técnica que se utiliza para mantener el cerebro sano, ejercitando las capacidades mentales propias de los seres humanos; la memoria, la atención, y la agilidad de razonamiento. Lo que se pretende es intentar que las personas que padecen Parkinson sean capaces de llevar un día a día similar al que tenían antes de la enfermedad. Los estudios que se están realizando en la Universidad Politécnica de Madrid incluyen prototipos de robots sociales capaces de estimular la parte psíquica de los afectados, con el fin de trabajar las distintas partes del cerebro, como la escritura, las operaciones numéricas, la capacidad de captar a través de los sentidos las señales exteriores, o la memoria. Al igual que el ejercicio físico, el ejercicio cognitivo también tiene una serie de ventajas como, por ejemplo, niveles más altos de autoestima, mayor velocidad de pensamiento o un mejor estado de ánimo (Smania et al., 2013). Para conseguir todo esto, es necesario que haya una

buena comunicación entre los afectados y los robots por eso, estos últimos tendrían que venir equipados con una serie de mecanismos de interacción, que facilitasen esa comunicación, cómo pantallas táctiles con internet, que el paciente puede utilizar. Sin embargo, además de esos mecanismos, cómo hemos visto en el capítulo anterior, el diseño del robot tiene que ser de una determinada forma para que el ser humano se sienta cómodo hablando con él. Por ello, estos robots deberían de poseer cierto parecido humano, y tener la capacidad de síntesis de voz. Para terminar, el Parkinson afecta a cada persona de forma distinta, y estos robots deberían de llevar integrados un software, capaz de adaptarse a la situación específica de cada paciente.

3.3.2. Robots sociales en España

En relación a las investigaciones que se están realizando sobre el desarrollo de estos robots sociales, se podría decir que España es pionera en esta nueva línea de robots. A día de hoy, en ninguna otra parte del mundo, se ha conseguido diseñar un prototipo con estas características (CEA, 2019).

Desde hace cinco años, el Centro de la Automática y Robótica de la Universidad Politécnica de Madrid, ha estado trabajando en el diseño de robots para personas que padecen enfermedades cerebrovasculares, o lesiones de la médula como la apoplejía o el Parkinson. Este estudio está centrado en personas que debido a la lesión que tienen, poseen una alteración permanente de la postura y el movimiento. El prototipo que se está desarrollando cuenta con un andador inteligente y una prótesis neuronal, ambos dirigidos por un interfaz que permite que la persona afectada y el robot interactúen. Este robot solo permite el afectado que pueda moverse o andar cuando tenga el tronco totalmente recto. Y con respecto a los pasos, el robot también es capaz de mover las piernas de la persona de tal forma, que progresivamente vaya aprendiendo las pautas a seguir para poder andar correctamente (Bayón, 2018).

Actualmente, este prototipo se ha probado en personas con edades comprendidas entre los 65 y 75 años, y se ha podido comprobar que los resultados se pueden observar sobre todo en la mejora del control de los movimientos realizados por los afectados. Sin embargo, este robot, al igual que aquellos que hemos visto anteriormente, no está siendo diseñado para sustituir a los terapeutas, sino como una herramienta más de apoyo. Así mismo, además de enseñar al afectado, los patrones correctos de movimiento, la prótesis neuronal es capaz de suprimir los temblores originados por el Parkinson u otra patología del sistema

nervioso. El robot social tiene la capacidad de identificar si el afectado está teniendo temblores, y si los movimientos que está realizando son voluntarios o no. En caso de que los temblores no estén siendo controlados por el afectado, el robot, a través de una estimulación eléctrica funcional, es capaz de normalizar estos movimientos involuntarios (Bayón, 2018).

3.3.3. Robots sociales en otros países

Como hemos mencionado en el apartado anterior, con respecto a los robots sociales a nivel mundial, aún no se han diseñado robots sociales dirigidos a personas con Parkinson. Se han diseñado robots sociales que son capaces de ayudar a las personas a mejorar su movilidad, pero no están exclusivamente enfocados en pacientes de Parkinson. Por ello, podemos decir, que España es un país pionero en esta rama de robótica social.

3.4. Robots sociales para trastornos neurobiológicos

A diferencia de lo visto en los anteriores apartados, hay una rama de robots sociales que ya está presente en nuestros hogares, y de la que ya se han obtenido resultados, y no son prototipos. Se trata de los robots sociales para pacientes con trastornos neurobiológicos. Algunos autores como Colton et al. (2008), consideran que para aquellas personas que padecen autismo, o algún otro trastorno que obstaculice la comunicación o la interacción, el uso de los robots sociales es una herramienta que les ayuda a desarrollar habilidades sociales. Por ello, como veremos en los próximos párrafos, las aplicaciones de los robots sociales que más se están investigando a día de hoy, y que también nos servirán para responder a la problemática planteada en este estudio, es el tratamiento de personas con déficits sociales y más específicamente, aquellas personas con hiperactividad, déficit de atención, y autismo.

3.4.1. Trastorno de Espectro Autista

En España, el número de afectados por el Trastorno de Espectro Autista (TEA) ha aumentado en las últimas décadas, y crece a razón de 1 por cada 67 recién nacidos. Este ratio no es esperanzador, teniendo en cuenta que hace una década, se detectaban solo a 1 de cada 1.000 niños (Confederación Autismo España, 2018). Es verdad, que ese aumento se debe también a la llegada de nuevas tecnologías que han permitido detectar el trastorno de forma más precisa. A pesar de ello, a día de hoy, ya son 450.000 personas las que

padecen esta enfermedad, y este aumento junto con las dificultades de intervención, ha llevado a los expertos a buscar nuevos tratamientos que se adapten a cada paciente, y que mejoren su calidad de vida (Akhtar et al., 2018).

Para ello, en los últimos años se han coordinado los estudios psicológicos y los progresos en robótica, para ofrecer una nueva alternativa en el tratamiento de personas con autismo. La terapia con robots sociales. El gran coste que supone diseñar un robot social y la reducida disponibilidad de estas máquinas, hacen que el uso de estos robots para tratar enfermedades sea limitado.

El Trastorno de Espectro Autista (TEA) es una enfermedad neurobiológica que se caracteriza por la muestra de un trastorno en el comportamiento social, gestos estereotipados, y problemas de comunicación y de relación con el resto de personas. Las personas que padecen esta enfermedad, manifiestan normalmente, falta de contacto visual, dificultades a la hora de participar en actividades colectivas, les cuesta interpretar los gestos, y generalmente son incapaces de entender los sentimientos de los estados de ánimo ajenos. El tratamiento para dicha enfermedad tiene un problema, y es que hay distintos grados y combinaciones en los que el autismo puede estar presente en los afectados, y encontrar el tratamiento más efectivo es una labor compleja.

3.4.2. Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) es un trastorno neurobiológico crónico que se manifiesta de forma evolutiva, y que puede transmitirse genéticamente. Este trastorno hace referencia al déficit de atención e hiperactividad, y suele ser contraído por un 5 y un 10% de los niños. En el caso de los adultos, solo entre un 50 y un 70% de las personas que en su infancia lo habían padecido, suelen mantenerlo. Una de sus principales características de los niños con TDAH es la incapacidad para mantener la atención en lo que sucede a su alrededor, tanto académicamente como personalmente. Esto se debe a una falta de control sobre sus procesos neuronales (Díaz, 2016).

En el siguiente apartado, vamos a centrarnos en los robots sociales que ayudan a los niños, ya que se suele detectar cuando los niños tienen entre 5 y 10 años, y es la edad en la que los tratamientos son más efectivos (Cardo y Servera-Barceló, 2017). Obviamente, un niño al que se le haya detectado TDAH tendrá un mayor progreso, y por tanto, un mejor

diagnóstico y tratamiento, cuanto antes se manifieste el trastorno, y se pongan en marcha las técnicas para combatirlo. (Loro-López y Quintero, 2018)

Los mecanismos necesarios para tratar el TDAH deben ser variados, incluyen la colaboración conjunta de psiquiatras, profesores, familiares y médicos, donde cada uno debe ejercer un rol distinto. A día de hoy, en España hay insuficientes profesionales especializados en psiquiatría infantil, de hecho, no existe la especialidad de psiquiatría infanto-juvenil. Por ello, los niños con TDAH son tratados por profesionales de distintas ramas; neurología, pediatría y psiquiatría (Soutullo, 2018). Sin embargo, a pesar de esta escasez de personal, se han logrado avances en esta disciplina, como una detección prematura del trastorno, gracias a las nuevas tecnologías, a los nuevos investigadores, y a herramientas más seguras. No obstante, siguen existiendo una serie de obstáculos para el tratamiento de este trastorno, ya que la opinión pública y los medios están en contra de los remedios farmacológicos, y prefieren la utilización de técnicas médicas alternativas. Además de impedimentos administrativos y legales que posponen el tratamiento terapéutico (Reinhardt, 2019).

3.4.3. Robots sociales para personas con trastornos neurobiológicos

Los niños suelen mostrar curiosidad y atracción por los aparatos tecnológicos y mecánicos, y en relación a esto, Cruz y Salazar (2014) añaden que “los niños tienen una gran afinidad hacia los juguetes mecánicos, especialmente los robots. La previsibilidad de comportamiento repetitivo y monótono del robot es el factor reconfortante que hace que los niños con déficits sociales tengan una gran atracción por robots”. Además, el uso de robots sociales es una técnica interesante para comunicarse con los afectados, porque provoca en ellos una huida de su mundo interior, y los incita a responder a los movimientos realizados por el robot. Otras razones por las que la terapia con robots sociales se ha convertido en una técnica viable, son las características que presentan estos robots: su capacidad de adaptación a los distintos entornos y situaciones, y su habilidad para interactuar de forma esperada y sencilla. Por lo tanto, los robots sociales ayudan a los niños con trastornos neurobiológicos a relacionarse, comunicarse y mejorar sus comportamientos, a través de entrenamientos relacionados con el contacto visual y la atención. Estos robots también consiguen que los niños imiten sus comportamientos y aprendan las expresiones faciales y corporales (Dautenhan, 1999).

Así mismo, los tratamientos farmacológicos que se utilizan a día de hoy presentan efectos secundarios que pueden derivar en problemas muy graves. Los afectados pueden presentar síntomas de insomnio, falta de apetito, un aumento de la temperatura corporal y del ritmo cardiaco, provocando en algunos casos problemas de anorexia y enfermedades del corazón. Por todo ello, la opinión pública en general, y los medios de comunicación están en contra de los remedios farmacológicos, y prefieren la utilización de métodos alternativos como el uso de la robótica social (Gutiérrez, 2019).

Algunos autores consideran que los robots utilizados para el tratamiento de estos trastornos, tienen que tener un diseño específico, similar al humano. Además, aquellos robots menos realistas físicamente, ayudan a focalizar la atención en las señales importantes reduciendo los elementos distractores como vimos en la teoría del “Uncanny valley”. Sin embargo, tienen que tener algunos atributos básicos, como unos ojos que contengan alguna forma de animación, para entrenar el contacto visual. De acuerdo con Benavides y Alexandra (2016), los robots utilizados para este tipo de tratamiento, deben “contar con una serie de requisitos de diseño en relación a la apariencia, requisitos de seguridad, autonomía, modularidad y adaptabilidad”. Físicamente deben ser interesantes para captar la atención del niño, y tener una altura que le posibilite una sencilla interacción. Deben contener materiales resistentes, y no tener bordes punzantes para que los niños los manejen de forma segura. Con respecto a la autonomía, una parte del robot estará controlada por el médico, y la otra mostrará cierta autonomía. Finalmente, el robot social deberá ir aumentando progresivamente la dificultad de sus comportamientos, a la vez que se adapta a las prioridades del niño.

Durante la terapia, los robots sociales pueden ser introducidos de distintas formas: como juguetes, como subalternos que requieren de la ayuda del niño para jugar, como progenitores que potencian la imitación, o bien ser una técnica empleada por los médicos para orientar al niño e incitarlo a imitar su forma de actuar y de comunicarse. Las máquinas inteligentes propuestas para este tipo de aplicaciones deben ser tan sencillas como sea posible, dado que, si estas muestran formas de actuar complejas, podrían transferir demasiada información y podrían sobrecoger y agobiar a los niños (Pennisi et al., 2015).

3.4.4. Robots sociales en España

En España, ya se han comercializado los primeros robots sociales destinados a niños que padecen alguno de estos trastornos neurobiológicos. Una start-up de la Comunidad

Valenciana diseñó en 2018, a Aisoy1 Kik, un robot social destinado a personas con autismo, o que han sufrido algún tipo de lesión cerebral. Este proyecto es de los primeros en desarrollar un robot dirigido a este segmento de la población española. Fueron un grupo de estudiantes de la Universidad Miguel Hernández quienes tuvieron la idea de llevar a cabo esta idea de negocio. Comenzaron con el desarrollo de Aisoy 1, un robot centrado en entretener y jugar con niños, tanto en un entorno educativo, como en casa. Se consiguieron vender casi 1.500 unidades, y a día de hoy, esta disponible no solo en el mercado español, sino también, en Estados Unidos, Canadá y en las principales capitales europeas.

Sin embargo, Aisoy1 Kik, ha sido diseñado para reducir el distanciamiento que hay entre los niños que poseen dificultades para relacionarse, y las personas de su entorno. Así mismo, uno de los encargados de dar a luz a Aisoy1 Kik, Del Río (2018) menciona que “es más sencillo en un primer momento que los niños compartan sus sentimientos con un dispositivo robótico, que ha entrado en su círculo de confianza y que no les juzga, antes que con sus padres o profesores”. Aisoy1 Kik lleva integrado un sistema que permite a los niños mejorar sus aptitudes emocionales y sociales. El sistema tiene la capacidad para registrar las vivencias del niño y almacenar lo que sucede en su entorno, pudiendo así, reaccionar de forma parecida a como lo haría una persona normal, adaptarse al niño, y proporcionarle las respuestas más apropiadas.

Una de las ventajas que ofrece Aisoy1 Kik es la facilidad que tiene para ser programado por cualquier persona, y esto le da una ventaja competitiva frente a otros robots que son más difíciles de manejar. ¿Por qué supone una ventaja tan importante? Porque, uno de los mayores obstáculos a los que se tienen que enfrentar tanto los terapeutas, como los enfermeros, cuando hacen uso de la tecnología integrada en un robot social, es la cantidad de tiempo que pierden en aprender a programar el robot, o en contratar a un experto en tecnologías de la información que les enseñe. Sin embargo, Aisoy1 Kik te evita ese problema, siendo fácil de programar por cualquier persona, sin necesidad de que esta última cuente con conocimientos básicos de programación (Costa, 2017).

Por ello, Aisoy1 Kik es una solución flexible que se adapta a la forma en la que trabajan los profesionales de la salud. Los médicos pueden programar ellos mismos el robot, y gestionar las sesiones utilizando las herramientas y métodos que ellos consideren más efectivas, de esta forma, Aisoy1 Kik se convierte en una herramienta personal. Así mismo, Aisoy 1 Kik lleva integrado Ubuntu, uno de los sistemas operativos más utilizados a día de hoy. Este sistema operativo permite a cualquier persona descargarse la información que

necesite, y al tratarse de un software libre, cualquiera puede mejorar o cambiar su código, adaptándolo a sus necesidades.

Por otra parte, Aisoy1 Kik es el primer robot que ha demostrado científicamente y empíricamente, aumentar las habilidades sociales y comunicativas de los niños que padecen déficits sociales. El fin último de este robot social, es que este nicho de la sociedad que a día de hoy está marginado, tenga unos índices de integración futura en la sociedad, más elevados (Dahl y Kamel, 2018). Como podemos ver, la idea es ayudar a niños que padecen algunos de los siguientes trastornos; el Trastorno del Espectro Autista (TEA), o déficit de atención o hiperactividad. Aisoy1 Kik, tiene el rol de facilitar el trabajo al terapeuta, mostrando emociones para facilitar el acercamiento con el niño, y para que este último muestre más predisposición a realizar las tareas y ejercicios recomendados por el terapeuta (Volkmar y Klin, 2016). El robot está diseñado con el fin último de mejorar el estilo de vida del niño, facilitándole las interacciones sociales con las personas de su entorno.

Para concluir, Aisoy1 Kik, no es sólo una máquina inteligente, sino una herramienta que funciona para mejorar el porvenir personal del niño. De hecho, ya se han obtenido resultados sobre la eficiencia de Aisoy1 Kik y se ha demostrado que cuando los niños realizan terapia con Milo, estos consiguen estar concentrados en el robot entre un 70 y un 80 por ciento del tiempo de duración de la sesión terapéutica. Mientras que, cuando en la sesión está solo el terapeuta, el niño solo consigue estar concentrado como mucho un 10% del tiempo (Ruzafa, 2018).

3.4.5. Robots sociales en otros países

Sin embargo, Aisoy1 Kik no es el único robot social dirigido a este tipo de personas. En primer lugar, nos encontramos con QTrobot, un robot social con apariencia humana diseñado por LuxAI, y que ya se está utilizando en 8 centros para autismo distribuidos por toda la Unión Europea (Costa, 2017). LuxAI es una start-up que consiguió desarrollar a QTrobot gracias a la incubadora de alta tecnología, LuxFutureLab, en la ciudad de Luxemburgo. Este robot fue diseñado para aumentar la eficiencia de la terapia realizada a niños con TEA, atrayéndoles con su diseño semi humanoide y enseñándoles nuevas habilidades.

En segundo lugar, desde hace unos años, el laboratorio del Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT Media Lab), ha estado dedicando gran parte de su tiempo a la

investigación del comportamiento de los niños con Trastorno de Espectro Autista con deep learning. El Deep learning es una de las técnicas utilizadas en Inteligencia Artificial, y consiste en utilizar una serie de algoritmos que intenten imitar a las unidades neuronales del cerebro humano. En deep learning, cada “unidad neuronal” analiza una parte de la información, y extrae una conclusión gracias a un sistema de ponderación. Por ejemplo, cuando a una “unidad neuronal” se le muestra una foto y tiene que localizar un gato, esta concluirá que hay un 69% de probabilidades de que en la imagen haya un gato, y un 31% de que no lo haya.

En 2015, esta técnica de procesamiento de información fue la utilizada para dar forma a NAO, un robot social desarrollado por Softbank Robotics en Francia. NAO es utilizado en el ámbito educativo y en las terapias para el tratamiento de personas con trastornos neurobiológicos. Esto permite al robot, comparar el nivel de sociabilidad e interacción de los niños normales, de aquellos que padecen déficits sociales (Ruzafa, 2017). Sin embargo, a la tecnología de deep learning aún le queda un largo camino por delante hasta que sea capaz de aprender y de procesar toda la información proporcionada por este segmento de la población. El hecho de poder registrar todas las señales emitidas por un niño, ayudaría al robot a tener una mejor estimación sobre las razones por las que el niño se comporta de ciertas formas y cuales, serían las mejores técnicas que habría que llevar a cabo, para mejorar su calidad de vida.

El tercer y último robot que está actualmente en el mercado es Milo, este robot social fue desarrollado en 2017 por el programa Robots4Autism de la empresa estadounidense Robokind. Este robot tiene una apariencia física humanoide, similar a la de un niño, y esto hace que los más pequeños, sientan curiosidad por jugar e interactuar con él. Milo es capaz de expresar sus emociones hablando, o a través de movimientos faciales. Así mismo, es capaz de mostrar empatía, de reconocer el entorno que le rodea y adaptarse a él de la mejor forma posible (Salemi et al., 2017).

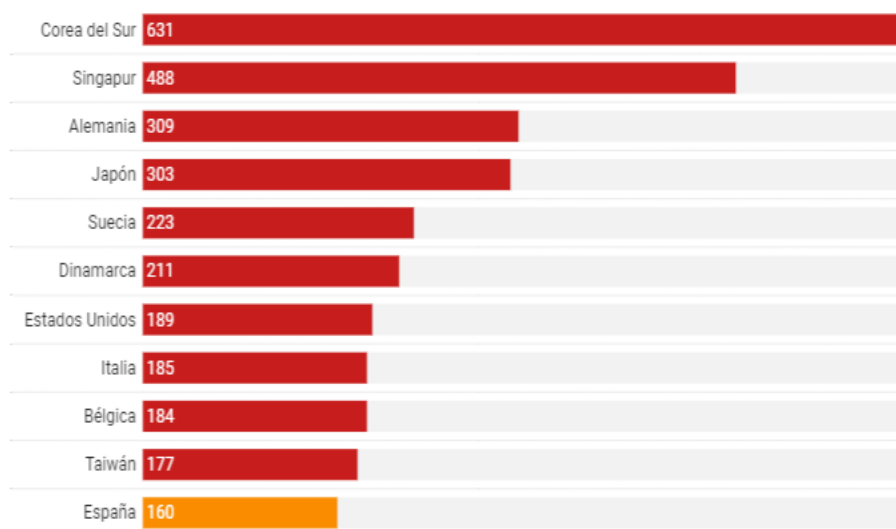
4. Inversiones españolas en I+D+i

Para conocer el grado de desarrollo de la robótica social aplicada a la medicina en España, también es necesario presentar y analizar el entorno actual de las inversiones que se han realizado para su desarrollo. Sin embargo, al ser un área tan reciente, aún no se tienen datos sobre la cantidad de recursos económicos que se han empleado. Por lo tanto, para poder estimar el alcance de financiación que tiene la robótica social en España, vamos a estudiar los gastos en I+D+i destinados a la robótica y al sector de la tecnología sanitaria.

4.1. Robótica en España y gastos en I+D+i

En 2017, año en el que se realizan los últimos recuentos pormenorizados, España contaba con 35.000 robots, de los cuales, 4.000 habían sido vendidos al exterior y 3.200 fueron importados, posicionándonos en el TOP 20 de países con más robots por trabajador (AER, 2018). Así mismo, el parque de robots en España aumentó casi un 7% en 2018 y a día de hoy, hay 160 robots por cada 10.000 personas que trabajan (OMRON, 2019). A nivel europeo, estas estadísticas solo son mejoradas por Alemania, que cuenta con 309 robots por cada 10.000 trabajadores, Suecia, Italia y Bélgica. A nivel global, la primera posición está ocupada por Corea del Sur, seguido por Singapur, Japón y Estados Unidos. Además, desde el año pasado, la International Federation of Robotics (2018) menciona a España en sus informes como “uno de los principales mercados europeos de robótica”, posicionándola en el undécimo lugar a nivel mundial.

Figura 5: Robots por cada 10.000 empleados. Ranking mundial.



Fuente: International Federation of Robotics (2017)

A nivel nacional, contamos con 48 grupos de investigación que pertenecen a las universidades y al Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Según las estadísticas proporcionadas por el Ministerio de Educación y Ciencia y por el Comité Español de Automática, si se suma a la cifra anterior, aquellos grupos de investigación originados en los centros de tecnología, el número total asciende a 72. Así mismo, hay que tener en cuenta, que esta cifra no está considerando todos aquellos grupos de I+D pertenecientes a las compañías privadas (Comité Español de Automática, 2018).

De entre estos grupos, hay una decena que están posicionados en el primer puesto a nivel mundial. Algunas de las características que diferencian a estos grupos son; una estructura delimitada y específica, miembros de distintas edades y la cantidad de recursos que se emplean para formar a los más jóvenes. Estos grupos empezaron a crearse a finales de los 80 y a día de hoy, suelen estar compuestos como máximo por 30 personas, de las cuales, 1/3 son doctores y 2/3 doctorandos e investigadores. Además, nuestros grupos de investigación no sólo destacan por su organización, sino también, por su participación a gran escala en proyectos tecnológicos y disruptivos, que han ayudado a mejorar la eficiencia de muchos sectores como, por ejemplo, el de la medicina, con la llegada de los exoesqueletos (Comité Español de Automática, 2018).

En el foro europeo más conocido de robótica y automatización, conocido como EURON, asisten 248 grupos de investigaciones de 27 países miembros, de los cuales 26 son nuestros, es decir, más de un 10%, situándonos en tercer lugar detrás de Alemania y Francia. Por todo ello, se puede decir que España en robótica, es un país referente a escala tanto europea como mundial, y del que se puede afirmar que tiene un potencial investigador superior al de otros países que tienen mayor peso económico. Como resultado de todo esto, los retornos socio-económicos que consiguió España en el Sexto Programa Marco de I+D de la UE fueron de 250 millones de euros, un 6,5% del presupuesto total del programa (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial, 2018).

El plan de financiación pública en I+D+i que se ha llevado a cabo en los últimos años, ha sido diseñado por la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación (2013-2020). Esta estrategia tiene como finalidad ordenar las políticas españolas con los propósitos perseguidos por la Unión Europea en relación a la innovación y al desarrollo, señalados en el programa marco para la financiación de los proyectos de I+D+i del Horizonte 2020. Esto ha permitido, que durante los 6 años que lleva vigente esta estrategia, se ha impulsado la participación activa de los agentes del Sistema Español de Ciencia,

Tecnología e Innovación en el desarrollo del Espacio Europeo de Investigación, y ha facilitado su entrada a las fuentes de financiación presentes a nivel europeo (Pereira y Huergo, 2018).

Uno de los principales agentes que más apoyo han dado a la investigación, es el Programa de Proyectos de Investigación Fundamental. Este programa, ha sido el encargado de financiar el 20% los proyectos de robótica que se han realizado en los últimos años. El desarrollo de la investigación en robótica, no sólo se puede percibir en el porcentaje de proyectos financiados, sino también en la evolución de las inversiones realizadas. Del año 2001 al 2009 se aumentó un 107% la inversión en robótica, pasando de 2,9 millones de euros a 6,2 millones de euros (IFR, 2018). Sin embargo, el cambio significativo ha tenido lugar en esta última década, donde se ha pasado de 6,2 a 12,7 millones de euros de inversión total generada para la financiación de dichos proyectos. Como podemos ver, se puede confirmar la relevancia que tiene este programa en el desarrollo de la robótica en España (Comité Español de Automática, 2018). Por último, las universidades y OPI también obtienen financiación para sus proyectos a través de este subprograma, y se les da una dotación que pueden alcanzar los 10 millones de euros.

El Fondo Social Europeo, también es considerado uno de los actores que han hecho posible la investigación de algunos de los robots que veremos en los siguientes capítulos. El Fondo Social Europeo ha sido uno de los encargados de promover y potenciar el desarrollo de proyectos en universidades y laboratorios de investigación en las distintas comunidades autónomas, proporcionándoles planes de financiación a corto y medio plazo.

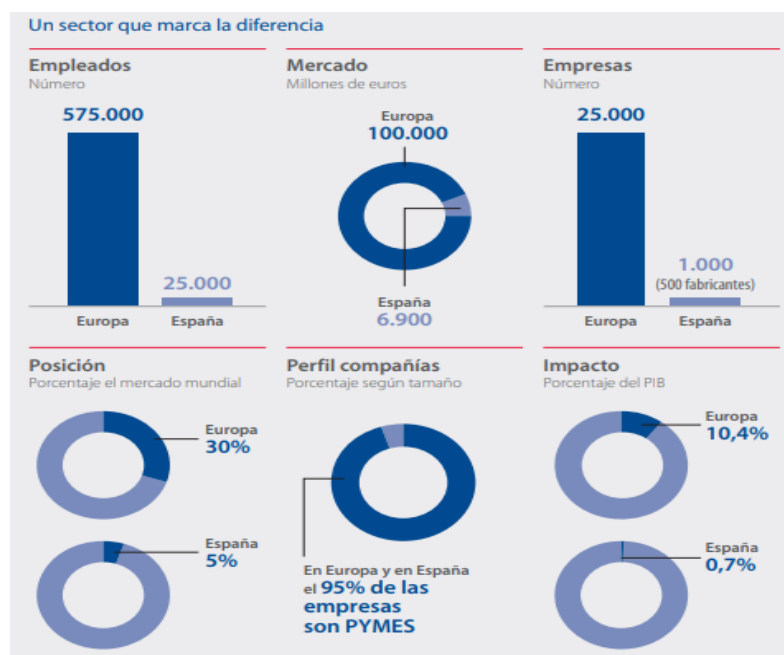
Por último, otro de los principales agentes, ha sido el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial, un organismo que también concede financiación a proyectos de investigación centrados en el desarrollo de sistemas que tengan aplicaciones robóticas. Dentro de las acciones que realiza el CDTI hay que destacar; los proyectos I+D+i y el programa CENIT. Este último, es un programa que tiene como objetivo, financiar proyectos de investigación industrial en los que participen al menos cuatro empresas y dos organismos. Estos últimos pueden ser universidades o centros tecnológicos. Estos proyectos han conseguido una inversión directa de 570 millones de euros para las empresas en 2018 (CDTI, 2018). Aquellos proyectos de I+D que son presentados al CDTI y aprobados tienen las siguientes características; son créditos a interés cero de hasta el 80% del presupuesto amortizable en 12 años y hasta tres años de carencia, y el 35% de la ayuda económica será no reembolsable.

4.2. I+D+i en el sector de la tecnología sanitaria

La industria de tecnología sanitaria es un sector que lidera el trabajo investigador y renovador en España, no sólo por la cantidad de recursos que utiliza, sino por el impacto positivo que tiene en el bienestar de las personas. Exactamente, la inversión en I+D en el año 2018, el sector médico dedicó 1.500 millones de euros en I+D, de los cuales el 85% provenían de fondos propios. Así mismo, el 45% del gasto en I+D se utilizó para realizar investigaciones en hospitales y universidades (Comisión Europea, 2018).

Otro hecho que demuestra la relevancia de este sector es la cantidad de millones facturados. La tecnología sanitaria, aumentó un 5% durante 2018, hasta alcanzar y sobrepasar los 8.500 millones de euros. Con respecto a la balanza comercial española en este sector, las exportaciones alcanzaban los 7.000 millones de euros en 2018, de las que más del 65% se dirigió a países vecinos como Francia, Portugal e Italia. Concretamente, los recursos económicos dirigidos al sector han crecido un 25% entre 2014 y 2018 (Comisión Europea, 2018). En los siguientes gráficos se puede observar como las cifras del sector de la tecnología sanitaria en Europa y en nuestro país, lo posicionan como uno de los sectores que más invierten en innovación, desarrollo y producción de empleo, con una considerable influencia en el Producto Interior Bruto.

Figura 6: Sector de la tecnología sanitaria española y europea en cifras.



Fuente: Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria

El nivel de eficiencia de la tecnología sanitaria en el sector público cada vez es mayor. Las mejoras del sistema pueden observarse en la forma en la que se gestionan y se organizan los servicios públicos. El sector de la tecnología sanitaria ya es capaz de hacer un seguimiento de cada paciente, de su historial clínico, de su estado actual y de sus consultas domiciliarias, todo gracias a la implementación de la inteligencia artificial, que permite a los profesionales de la salud ofrecer a cada paciente los tratamientos más adecuados y aptos (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, 2018). A día de hoy, los sistemas sanitarios y los dispositivos que permiten el autocuidado de la salud y el autoaprendizaje de hábitos y de una alimentación saludable, ya están presentes en nuestros hogares gracias a la fusión de la tecnología y de la medicina. Si estos elementos no se hubieran integrado, no tendríamos ni tratamientos ni medicación de ciertas enfermedades, y las personas que tuvieran alguna enfermedad grave no podrían seguir con sus estilos de vida. Por lo tanto, se puede decir que la cantidad de recursos que se han invertido en tecnología sanitaria se pueden transcribir en una mejor detección, monitorización, y tratamiento de las enfermedades y, a fin de cuentas, en la mejora de la calidad de vida de los afectados.

Como hemos podido ver a lo largo de este capítulo, por una parte, España dedica una buena parte de sus recursos económicos y capital humano a la investigación y al desarrollo de robots. Por otra parte, España es uno de los países europeos que más invierte en tecnología sanitaria. Además, la profesionalidad y experiencia de los grupos de investigación, la calidad de los organismos y entidades especializadas en esta rama y el volumen de recursos destinados a la financiación de proyectos, han hecho que nuestro país se convierta en un referente a nivel mundial en robótica.

Con todo ello podemos decir, que a pesar de que aún quede un largo recorrido en robótica social, España cuenta con los medios necesarios para desarrollar robots sociales en el ámbito de la medicina, que sean capaces de cubrir las necesidades del sistema sanitario español.

5. Conclusiones

El objetivo general de este trabajo era analizar las contribuciones de la robótica social al sector de la medicina en España, y para poder responder a esta cuestión, el presente apartado cierra este estudio de investigación, señalando los resultados obtenidos y las limitaciones encontradas.

A lo largo de este estudio, se ha podido comprobar que los únicos ámbitos médicos en los que se estaban desarrollando los robots sociales son robots para personas mayores (incluyendo las afectadas de Alzheimer y de Parkinson) y personas que padecen algún tipo de trastorno neurobiológico. Por ello, los desafíos que se señalan a continuación, son los detectados en estas dos áreas.

Como hemos visto, una gran parte de la población española tiene más de 65 años y se prevé que en 2050 aumente considerablemente. Este aumento de la esperanza de vida y por tanto de las personas de avanzada edad tiene una serie de consecuencias en el ámbito de la medicina:

- Falta de personal sanitario en residencias, centros de día y hogares.
- Mayor número de personas con depresión y que se sienten solas.
- Un aumento de afectados por el Alzheimer y el Parkinson provocando:
 - Una falta de recursos económicos para pagar los tratamientos.
 - Una falta de recursos humanos para atender a los afectados.
 - Un mayor número de familiares con problemas psicológicos y físicos.

Con respecto a los trastornos neurobiológicos que se han estudiado en este trabajo, los afectados de TEA y TDAH muestran los siguientes síntomas:

- Dificultades cognitivas, sociales y emocionales provocando:
 - Problemas en el entorno familiar
 - Dificultades de adaptación en la sociales
 - Problemas en el ámbito académico y profesional

A pesar de que las últimas tecnologías en el ámbito de la salud han permitido mejorar los diagnósticos y los tratamientos, estas patologías siguen teniendo que enfrentarse a:

- Organismos en contra de los tratamientos actuales por los efectos secundarios de los fármacos utilizados.

- Falta de profesionales especializados en psiquiatría infanto-juvenil
- Dificultades de intervención

Como consecuencia de todo ello, la continuidad del sistema médico desde una visión global es uno de los grandes desafíos a los que nos vamos a tener que enfrentar en los próximos años. Este desafío hace referencia a la organización de la sanidad, de los profesionales, de los recursos económicos, y del tipo de administración que se va a necesitar para hacer frente a la situación actual y a las generaciones venideras.

Estos retos, han hecho que una parte de la comunidad científica española esté trabajando en posibles soluciones, y una de ellas es el uso de la robótica social.

Como hemos visto a lo largo de este trabajo, esta es una ciencia muy reciente, que está permitiendo el desarrollo de robots que tengan, bajo sus capas de I.A., conductas empáticas hacia las personas. Esto hace que se incremente nuestra capacidad de aceptación, a su vez mejorada, por sus diseños antropomórficos.

Además, hay que remarcar que estos robots tienen cada vez unos sensores más avanzados que permiten captar señales e información externa como; la temperatura corporal, el nivel de estrés, el grado de atención, las expresiones faciales, etc... Esta información se procesa y permite al robot saber el estado de ánimo de la persona con la que interactúa. Estas habilidades usadas en la medicina, tienen numerosos beneficios futuros y suponen un uso cada vez más aprobado por las personas. En la siguiente tabla, podemos ver como los robots sociales están contribuyendo a las distintas ramas de la medicina y como están combatiendo los obstáculos mencionados en el apartado anterior.

Tabla 3: Aportaciones de la robótica social a la medicina en España

	Aportaciones físicas y psíquicas	Aportaciones socio-económicas
PERSONAS MAYORES	Seguimiento del estado de ánimo	Un aumento del tiempo de autonomía de 2 a 4 años, es decir: se demandarán menos enfermeros, los familiares no tendrán que estar todo el día pendientes y se retrasarán los ingresos en residencias y centros de día.
	Monitorizan las horas de sueño y las dietas	
	Suministran medicamentos	
	Entretienen y acompañan	
	Ayudan a realizar ejercicios físicos	
	Reducen el sentimiento de soledad	
	Reducen los niveles de depresión	

LOS ROBOTS SOCIALES PARA PERSONAS CON PARKINSON O TRASTORNOS NEUROBIOLÓGICOS OFRECEN TODO LA ANTERIOR + LO QUE SE ESPECIFICA A CONTINUACIÓN

PERSONAS CON PARKINSON	Estimulan la parte cognitiva	Los afectados ya no requieren de tantos cuidados por parte de enfermeros, terapeutas y familiares, por lo tanto, se ahorran costes en tratamientos físicos y psicológicos. El afectado deja de ser dependiente de terceras personas y aumentan los niveles de autonomía.
	Reducen los niveles de estrés	
	Activan las redes neuronales	
	Ejercitan la memoria	
	Ejercitan la capacidad de razonamiento	
	Enseñan patrones correctos de movimiento	
	Reducen temblores y desequilibrios	

PERSONAS CON TRASTORNOS NEUROBIOLÓGICOS	Mejoran las interacciones con otras personas	Los robots se convierten en una herramienta de apoyo para el terapeuta, consiguiendo que la persona esté concentrada entre un 70 y un 80 % de la duración de la sesión terapéutica. Se dejan de utilizar tratamientos farmacológicos y se recurre menos a los profesionales de la salud. La calidad de vida del niño mejora, aumentando su autoestima, sus relaciones sociales y su entorno académico y familiar
	Mejoran habilidades cognitivas	
	Aumento de las habilidades comunicativas	
	Ayudan a que los niños presten atención	
	Ayudan a mantener contacto visual	
	Ayudan a que los niños salgan de su mundo interior	
	Ayudan a expresar emociones	

Fuente: elaboración propia a partir de la información recogida en este trabajo

Los robots sociales que se han diseñado para tratar a persona mayores y a personas con Parkinson, están aún en fase de desarrollo, por lo que las aportaciones médicas, económicas y sociales que hemos hallado en este trabajo son estimaciones del potencial de los robots sociales españoles. Sin embargo, los robots sociales para tratar los trastornos neurológicos ya están en el mercado, por lo que los resultados obtenidos son los que a día de hoy ya se pueden observar. De la misma forma, en España aún no se ha diseñado ningún prototipo

de robot social para el Alzheimer, ni ninguna investigación de la que se hayan observado potenciales beneficios, con lo cual aún se desconocen las potenciales contribuciones.

Además de las aportaciones presentadas en la tabla, a lo largo de este estudio hemos visto como estos robots sociales, no sustituyen a los médicos, enfermeros o terapeutas, sino que los complementan, y reducen su carga de trabajo. El robot social se comporta con una herramienta de valor añadido que permite mejorar el estilo de vida de los afectados y de sus familiares.

Por último, como hemos visto a lo largo de todo el trabajo, España está contribuyendo de forma exponencial a la medicina, pero ¿Cómo de bien lo está haciendo a nivel global? ¿Qué cantidad de recursos se han empleado?

En los últimos años, el uso de robots sociales para el tratamiento de estas enfermedades, no es exclusivo de España, sino que a nivel global se están desarrollando estos robots con distintas técnicas de Inteligencia Artificial. La mayoría de los robots sociales se están desarrollando en EE. UU., Japón, y en Reino Unido y los resultados obtenidos son similares a los de nuestro país.

Con respecto a las inversiones realizadas en este campo, al ser una disciplina muy reciente, aún no hay información al respecto. Sin embargo, podemos decir que España está posicionada en el undécimo lugar a nivel mundial por el número de robots que tiene cada 10.000 personas. Así mismo, España cuenta con numerosos grupos de investigación que han participado en proyectos a escala mundial, que han asistido a foros europeos de robótica y de los que una decena están posicionados en el primer puesto en el ranking mundial.

En los últimos años España ha aumentado considerablemente los recursos económicos necesarios para ser una referencia a nivel mundial. Esto ha sido posible gracias al Programa de Proyecto de Investigación Fundamental, al Fondo Social Europeo y al Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial. Sin embargo, aún le queda un largo recorrido para financiar los nuevos proyectos emergentes, como los relacionados con el Alzheimer.

En relación a las inversiones realizadas en tecnología sanitaria, estas representan un 5% del mercado mundial y el nivel de eficiencia es cada vez mayor, dirigiendo un 45% del gasto en I+D+i para financiar las investigaciones en hospitales y universidades.

Como conclusión final, el gran reto al que se enfrenta nuestro país es el aumento de la esperanza de vida. España no cuenta con los recursos económicos y humanos para hacer frente a las necesidades requeridas por las personas de avanzada edad, por ello la sostenibilidad del sistema sanitario está en duda. Sin embargo, el presente trabajo ha demostrado que la robótica social se presenta como una posible solución. El uso de robots sociales va a permitir reducir la demanda de profesionales de la salud y los gastos de las familias. Así mismo, la robótica social va a permitir mejorar la calidad de vida de las personas con trastornos neurobiológicos, mejorando su desarrollo personal y su ámbito profesional y familiar. La mayoría de los robots sociales solo son prototipos y los resultados obtenidos son estimaciones del potencial que tiene esta disciplina. Sin embargo, se ha podido comprobar que España es uno de los países referentes en robótica y que las inversiones destinadas a I+D para tecnologías sanitarias son cada vez mayores. Por ello, podemos decir que España cuenta con las herramientas necesarias para llevar a cabo una línea de robótica social que sea capaz de cubrir en un futuro, las necesidades de sus ciudadanos.

Bibliografía

- Akhtar, F., Idzhar, L., Ismarrubie, N., Mohamed, S., Shamsuddin, S. y Yussof, H. (2012). *Humanoid Robot NAO Interacting with Autistic Children of Moderately Impaired Intelligence to Augment Communication Skills*. Malaca: Elsevier.
- Alexander, E., Dickstein-Fischer, L., Fischer, G. S., Harrington, K., Su, H. y Yan, X. (2011). *An Affordable Compact Humanoid Robot for autism Spectrum Disorder Interventions in Children*. Boston: Engineering in Medicine and Biology Society.
- Asociación Española de Robótica y Automatización. (2019). Una nueva era en la Robótica Industrial. Recuperado de: http://www.aer-automation.com/wp-content/uploads/2018/05/Presentaci%C3%B3n_AER.pdf
- Balch, T., Arkin, R. (2004). *Communication in reactive multiagent robotic systems, Autonomous Robots*. Boston: Kluwer Academics Publishers.
- Bayón, C. (2018). Nuevas técnicas robóticas para la rehabilitación de patologías como el ictus, la apoplejía, o los temblores producidos por el Parkinson. *Biotech*. Recuperado de: <http://biotech-spain.com/es/articles/nuevas-t-cnicas-rob-ticas-para-la-rehabilitaci-n-de-patolog-as-como-el-ictus-la-apoplej-a-o-los-temblores-producidos-por-el-parkinson/>
- Benavides, R., Alexandra, J. (2016) *Diseño y construcción de un robot interactivo para el tratamiento de personas con el Trastorno del Espectro Autista (TEA)*. (Trabajo de Fin de Master, Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador). Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12252/1/T-ESPE-053472.pdf>
- Breazeal, C. (2002). *Designing sociable robots*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Bonabeau, E., Dorigo, M., y Theraulaz, J. (1999). *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*. New York: Oxford University Press.
- Cardo, E. (2017). Prevalencia Del trastorno de déficit de atención en hiperactividad. *Neurol*. 40(1) pp. 11-15.
- Claves, E., Anderson, A. (13 de julio de 2007). Real Faces and Robot Faces: the effects of representation on computer-mediated communication. *International Journal of Human-Computer Studies*, pp. 480 - 496.
- Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial. (2018). El CDTI mejora las ayudas para la I+D+i empresarial. Recuperado de: https://www.cdti.es/recursos/publicaciones/archivos/26847_1821822015112625.pdf

- Comisión Europea. (2018). Digital Single Market: Robotics. Recuperado de: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/robotics>
- Comité Español de Automática. (2018). Libro Blanco de la Robótica. Recuperado de: http://www.ceautomatica.es/wp-content/uploads/2018/08/LIBRO-BLANCO-DE-LA-ROBOTICA-2_v2.pdf
- Costa, A. (2017). *Socially Assistive robots for teaching emotional robots abilities to children with autism spectrum disorder*. Paper presented at the 3rd workshop Child-Robot Interaction at Human Robot Interaction (HRI), Vienna, Austria.
- Christensen, H. (2013). Intelligent home appliances in robotics research. *Springer Tracts in Advanced Robotics (STAR)*, pp. 319-330.
- Cruz, J.- C., Salazar, Y.- A. (2014). *Aplicación robótica para realizar terapias en niños con autismo*. (Trabajo de Fin de Master, Universidad Libre Cali, Valle del Cauca, Colombia). Recuperado de <https://docplayer.es/12243599-Aplicacion-robotica-para-realizar-terapias-en-ninos-con-autismo.html>
- CUIMC. (2018). Even old brains can make new neurons, study finds. Recuperado de: <https://www.cuimc.columbia.edu/news/even-old-brains-can-make-new-neurons-study-finds>
- Dago, I. (2016). *Estudio de la máquina de Turing y realización de un modelo real pedagógico*. (Trabajo de Fin de Grado, ICAI, Madrid, España). Recuperado de <https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/57c693ff09d52.pdf>.
- Dahl, T., Kamel, M. (2018). Robots in health and social care: a complementary technology to home care and telehealthcare? *Robotics*, 3(1),1 -21. Doi: 10.3390/robotics3010001.
- Dautenhan, K. (1999). Robots as social actors: Aurora and the case of autism. Department of Cybernetics, University of Reading; MIT Artificial Intelligence Laboratory (ed.), *In Proceedings of the Third Cognitive Technology Conference*. Doi: 10.1.1.190.1767
- Díaz, J. (2016). Comorbilidad en el TDAH. *Revista de Psiquiatría y Psicología del niño y del adolescente*. 6(1), pp, 44-45
- Fong, T., Nourbakhsh, I. y Dautenhahn, K. (2012). A survey of socially interactive robots: concepts, designs, and applications. *Robotics and Autonomous systems*. 42(3-4), pp. 142-146.
- Ganascia, J.-G. (2017). *Intelligence Artificielle, vers une domination programmée ?* Paris : Le Cavalier Bleu.

- Ganascia, J.-G. (2017). *L'intelligence artificielle*. Paris : Le Cavalier Bleu.
- García Serrano, A. (2012). *Inteligencia Artificial, Fundamentos, Práctica y Aplicaciones*. Madrid: RC Libros
- Gil Salgado, P. (2018). *Desarrollo del sistema emocional de un robot social basado en un modelo conversacional*. (Trabajo de Fin de Grado, UPM, España). Recuperado de <http://oa.upm.es/53420/>.
- Goncalves, G., Pereira, J. (12 de abril de 2016). Trastorno de la marcha en la enfermedad de Parkinson: freezing y perspectivas actuales. *Rev Med Chile*, pp. 758-764.
- Grau, M. (2018). Análisis del contexto familiar de los niños con TDAH (Tesis doctoral, Universitat de Valencia, España). Recuperado de <http://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/15397/grau.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez, M.-C. (2019). Actualización en Medicina de Familia: Trastorno de déficit de atención e hiperactividad: un reto compartido. *Semergen*. 3(4), pp. 230-4.
- Haugeland, J. (1997). *Mind Design II*. Cambridge, MA: MIT Press
- Hegel, Frank & Muhl, Claudia & Wrede, Britta & Hielscher-Fastabend, Martina & Sagerer, Gerhard. (2009) Understanding Social Robots. *In Proceedings of the 2nd International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions*. Doi: 2009. 169-174. 10.1109/ACHI.2009.51.
- Huteau, M. (2006). *Alfred Binet et la psychologie de l'intelligence*. Paris : Éditions L'Harmattan.
- International Federation of Robotics. (2018). Executive Summary World Robotics 2018 Service Robots. Recuperado de: https://ifr.org/downloads/press2018/Executive_Summary_WR_Service_Robots_2018.pdf
- Kaplan, F. (2015). Everyday robotics: robots as everyday objects. *In proceeding of Soc-Eusai 2015*, Grenoble, France, pp. 59-64.
- Ljungblad, S. y Holmquist, L.-E. (2015). Designing robot applications for everyday environments. *In proceedings of the 2015 joint conference on Smart objects and ambient intelligence*. New York, ACM press.
- Loro-López, M., Quintero, J. (2018). Actualización en el tratamiento del trastorno por déficit de atención/hiperactividad. *Neurol*. 49(5) pp. 257-264.

- MacDorman, F., Kageki, N. (12 de junio de 2012). The Uncanny valley: the original essay by Masahiro Mori. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, pp. 28-36.
- Mapping the Uncanny Valley; Robots and Psychology. (21 de julio de 2012) *The Economist*. Recuperado de <https://www.economist.com/science-and-technology/2012/07/21/mapping-the-uncanny-valley>
- Marquis, P., Papini, O., y Prade, H. (2012). *Turing et l'Intelligence Artificielle*. Toulouse: IRIT
- Mathivet, V. (2016). *Inteligencia Artificial para desarrolladores: conceptos e implementación*. Madrid: ENI
- Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. (2018). Programa de Actuación Anual 2018. Recuperado de: <http://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem>.
- Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. (2018). Programa Estatal de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+i. Recuperado de: <http://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.d20caeda>.
- Moravec, H. (1988) *Mind Children: The Future of Robot and Human Intelligence*. Harvard: University Press.
- Nieuwboer, A., Rochester, L., Muncks, L. y Swinnen, S. (2009). Motor learning in Parkinson's disease: limitations and potential for rehabilitation. *Parkinsonism Relat Disord*, pp. 53-58.
- Nilsson, N.-J. (2009). *The Quest for Artificial Intelligence*. Cambridge, Massachusetts: Cambridge University Press.
- Núñez, P., Bustos, P., Jaramillo, E., Bachiller, P. y García, I. (2011). *Robots Sociales para la Mejora de la Calidad de Vida de las Personas Dependientes*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/253282707_Robots_Sociales_para_la_Mejora_de_la_Calidad_de_Vida_de_las_Personas_Dependientes
- Orozco, S. (2016). Avances e implicaciones del tratamiento en niños con trastorno deficitario de atención con hiperactividad. *Psicodea*. 2, pp. 10-20.
- Pennisi, P., Billeci, L., Gangemi, G., Tartarisco, G. y Tonacci, A. (2015). *Autism and social robotics*. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26483270>
- Picelli, A., Melotti, C., Origano, F., Neri, R., Waldner, A. y Smania, N. (13 de marzo de 2013) Robot assisted gait training versus equal intensity treadmill training in

patients with mild to moderate Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Parkinsonism Relat Disord*, pp. 10-16.

- Plataforma Española de Innovación en Tecnología Sanitaria. (2018). Contribución de la tecnología sanitaria. Recuperado de: <http://www.plataformatecnologiasanitaria.es/documentos/ver/21>
- Pereira, S. y Huergo, E. (2018). La financiación de las actividades de investigación, desarrollo e innovación: una revisión de la evidencia sobre el impacto de las ayudas públicas. Recuperado de: <https://www.cdti.es/index.asp?MP=35&MS=0&MN=1&TR=A&IDR=120&iddocum ento=161&xtmc=&xtr=8>
- PwC. (2019). Pero, ¿quién demonios tira de la innovación en España?. Recuperado de: <https://ideas.pwc.es/archivos/20190316/pero-quien-demonios-tira-de-la-innovacion-en-espana/>
- Reinhard, M.-C. (2019). Attention déficit-hyperactive disorder, comorbidities, and risk situations. *Pediatr*, pp. 124-30.
- Romero, J., Dafonte, C., Gómez, A., y Penousal, F. (2007). *Inteligencia Artificial y Computación Avanzada*. Santiago de Compostela: Fundación Alfredo Brañas.
- Ruzafa, F. M. (2018). Emociones en robots sociales. (Trabajo de Fin de Grado, UPM, Madrid). Recuperado de http://oa.upm.es/42927/1/TFG_FRANCISCO_MANUEL_RUZAF_A_COSTAS.pdf
- Salemi, B., Reis, J., Saifhashemi, A. y Nikgozar, F. (2005). *MILO: personal robot platform*. Paper presented at the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Doi: 10.1109/IROS.2005.1545566.
- Smania, N., Picelli, A., Geroi, C., Munari, D., Walner, S. y Gandolfi, M. (10 de marzo de 2013). Robot assisted gait training in patients with Parkinson's disease. *Neurodegen Dis Manage*, pp. 321-330.
- Soutullo, C. (2018). *Convivir con niños y adolescentes con trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH)*. Buenos Aires: Panamericana
- Volkmar, F. R., y Klin, A. (2016). *Handbook of autism and pervasive developmental disorders*. Hoboken: John Wiley and Sons.
- Zubiri, X. (2003). *Notas sobre la Inteligencia Artificial*. San Sebastián: Editorial del Cardo.

Anexo: Los cuatro robots utilizados para la investigación realizada en 2014.

En primer lugar, en 1999, Sony Corporation, uno de los líderes en electrónica de consumo, diseñó la mascota inteligente AIBO. Este robot con apariencia similar a la de un perro fue creada en un principio, para que fuera capaz de interactuar con su dueño simulando la relación con un perro real. El primer prototipo de AIBO llevaba incorporado una gran cantidad de sensores que le permitían distinguir, registrar e interpretar las señales de su entorno y las suyas propias y, actuar en consecuencia. AIBO MIND, un sistema de software, es lo que permite al robot social actuar como un perro de verdad. Este software hace que AIBO distinga quién es su dueño, se comunice con él y, se acomode su estilo de vida. Así mismo, el valor añadido de AIBO es su capacidad para desarrollarse y pasar de ser un cachorro a una mascota adulta. A día de hoy, Sony Corporation, su creador, define a AIBO como “el robot de entretenimiento más conocido del planeta”.

En segundo lugar, el mismo año que Sony lanzó al mercado a AIBO, Philips diseñó el iCat para hacer un estudio sobre las interacciones entre las personas y los robots dotados de expresividad facial. Estos movimientos faciales son posibles gracias a la presencia de servomotores -motores integrados dentro de la parte superior del robot para controlar la precisión y velocidad- que dotan a la máquina inteligente de características sociales. En primer lugar, iCat dispone de una cámara que le permite distinguir a las personas y objetos que le rodean, dos micrófonos para reconocer sonidos y conocer el origen de estos y, un altavoz para comunicarse. En segundo lugar, además de interactuar con el usuario, iCat puede conectarse a la red de la casa para controlar las distintas aplicaciones electrónicas de una casa, como la televisión o la nevera. Por último, iCat dispone de luces LED que permiten saber al usuario en que modo está si despierto, ocupado o escuchando. Como he mencionado antes, iCat fue diseñado con el propósito de saber si las expresiones faciales podían ser capaces de definir la personalidad de los robots y en ese caso, cuál sería la personalidad que habría que insertarles para que las personas se sintieran más cómodas con ellos. Se obtuvieron distintos resultados dependiendo de si los usuarios eran niños o personas adultas. Los resultados indicaban que los niños veían al robot como un compañero de juego y preferían jugar con él antes que, con un ordenador, además, con respecto a la personalidad, los robots más expresivos y que más sonidos emitían, eran preferidos frente a aquellos que tenían una personalidad más neutral. A diferencia del presentado a los niños, el iCat que se dió a probar a lo adultos tenía dos tipos de control, uno alto y otro

bajo. Los adultos coincidieron en que preferían al robot con menos control, es decir, aquel que no se podía casi programar o manejar y que disponía de un sistema de lenguaje natural que le permitía interactuar con los usuarios “libremente”. Por último, uno de los resultados más relevantes que se obtuvo fue descubrir que, el grado de control que tenían y percibían los usuarios se veía influido e incluso modificado por el tipo de personalidad que tuviera el robot.

En tercer lugar, la Universidad de Bielefeld diseñó en 2006 a BARTHOC, un robot social humanoide. BARTHOC a diferencia de los dos robots anteriores, tiene apariencia humana y fue diseñado para entender mejor como interactúan las personas y la importancia que tienen las expresiones faciales. BARTHOC además de tener una cara muy similar a la de un humano, tiene un gran número de activadores en los ojos, labios y cejas que le permiten imitar los gestos de las personas y así poder expresar el estado de ánimo en el que se encuentra. Una de las aplicaciones que se propusieron para este robot fue como recepcionista de hoteles y museos. El robot tendría la capacidad para saludar a la gente, resolver sus dudas, dar indicaciones sobre como llegar a los sitios y dar instrucciones. Por último, el cuarto robot utilizado para la encuesta fue BIRON, este robot también fue obra de la universidad de Bielefeld. BIRON no tiene ni apariencia humana ni animal, es una estructura de metro y medio con cámaras, un procesador de lenguaje natural y ruedas. Las cámaras le permiten ubicar a la persona que le está hablando y calcular distancias. El procesador le permite interactuar con las personas y gracias a las ruedas no sólo pueden desplazarse de una habitación a otra, sino que también, pueden seguir a las personas. Por todo ello, este robot encajaría dentro de los robots sociales para aplicaciones domésticas. El robot primero analizaría todas las estancias de la casa, así como el mobiliario y las distancias, y después, ya podría recibir órdenes del usuario para ejecutar las tareas.