

# Impacto de IoT en la prevención, asistencia, detección y rehabilitación de pacientes con deterioro cognitivo: una revisión<sup>1</sup>

## The impact of IoT on prevention, assistance, detection and rehabilitation of patients with cognitive impairment: a review.

S. Murillo, C. Márquez y B. Segura

Recibido Octubre 03 de 2014 – Aceptado Mayo 29 de 2015

**Resumen** - En este artículo se presenta una revisión del estado del arte relacionado con el impacto que el desarrollo de dispositivos inteligentes, en el marco del Internet de las Cosas, ha tenido en el diagnóstico y rehabilitación de pacientes con deterioro cognitivo. Se hizo una revisión de artículos, obtenidos de los principales sistemas de bases de datos como IEEEExplore, SCOPUS, Springer Link y NCBI. Fue posible, a partir de esta revisión, reflexionar sobre el envejecimiento de la población adulta a nivel mundial y determinar, que por ende, es necesario crear herramientas, que permitan asistir a estos pacientes en su vida cotidiana. Puede destacarse además la motivación actual por el diagnóstico temprano de patologías como el Alzheimer y la demencia, esto con el fin de llevar a cabo terapias preventivas para evitar un deterioro cognitivo a largo plazo. Se destaca que son muchas las posibilidades para la investigación y el desarrollo de software y dispositivos inteligentes que incorporen

los lineamientos de IoT para contribuir con la detección y tratamiento de estos pacientes.

**Palabras clave** - deterioro cognitivo, internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés).

**Abstract** - his article presents a review about the impact that the smart devices in the framework of the IoT have in the diagnosis and rehabilitation of patients with cognitive impairment. The work is based on a review of papers obtained by means of the principal data bases as IEEEExplore, SCOPUS, Springer Link y NCBI. According to the information obtained, a reflection about adult population all around the world was made, and for this reason, it is necessary to implement tools in order to help the patients in his ordinary life. It is also necessary to consider the interest to carry out early diagnosis of diseases such as Alzheimer and Dementia in order to apply preventient therapies to avoid the long term cognitive impairment. There are many possibilities, in terms of research and development of software and smart devices based on IoT, to contribute with the detection and treatment of these patients.

**Key Words** - cognitive impairment, internet of things IoT.

### I. INTRODUCCIÓN

El deterioro cognitivo (DC), puede definirse como un conjunto de deficiencias en la capacidad pensante de un individuo, que se hacen evidentes en comparación con otras personas de su misma edad a la hora de realizar tareas de su diario vivir [1]. También suele relacionarse con los primeros estadios de patologías complejas como

<sup>1</sup>Los autores agradecen a la Gobernación de Caldas y al Sistema General de Regalías por la financiación del proyecto de investigación titulado “Implementación del programa para el diagnóstico y control de enfermedades crónicas no transmisibles y Cáncer de Cérvix y Mama, con el apoyo de TIC en el Departamento de Caldas” código BPIN2013000100132, el cual se desarrolla en conjunto entre la Universidad de Caldas y la Universidad Autónoma de Manizales, además, agradecen el apoyo incondicional de los grupos de Investigación en Neuro-aprendizaje, Automática e Ingeniería de Software de la Universidad Autónoma de Manizales.

Santiago Murillo Rendón, es docente en el Departamento de Ciencias Computacionales, de la Universidad Autónoma de Manizales, Manizales (Colombia); email: smurillo@autonoma.edu.co

Carolina Márquez Narváez, es Joven Investigador de la Universidad Autónoma de Manizales, Manizales (Colombia); email: carolina.marquezn@autonoma.edu.co

Belarmino Segura Giraldo, es docente en el Departamento de Electrónica y Automática de la Universidad Autónoma de Manizales, Manizales (Colombia); email: bsegura@autonoma.edu.co

la enfermedad de Alzheimer (EA) y la Demencia (D). La Alzheimer's Association, señala que entre un 10 y un 20% de los adultos mayores de 65 años, manifiestan deterioro cognitivo, población que al dejarse desatendida, sin un debido tratamiento puede degenerar en patologías del tipo EA y D.

El DC suele manifestarse en dos niveles básicos, el primero de ellos denominado DC amnésico [2], que se aprecia como una pérdida permanente de la memoria, es decir el paciente olvida frecuentemente información básica como sus datos personales, conversaciones o eventos recientes, el segundo nivel, con un estado más comprometedor, suele denominarse DC no amnésico [3] y ocurre cuando el paciente empieza a tener dificultades con relación a su capacidad de pensamiento, dicho deterioro se ve reflejado en la imposibilidad de reconstruir secuencias o pasos para realizar tareas complejas y la dificultad de articular correctamente el lenguaje hablado, entre otros síntomas.

A pesar de los efectos devastadores que el DC y sus posteriores estados EA y D producen en los pacientes, aún no es posible determinar, con absoluta precisión, la causa o factores de riesgo que comprometen a un paciente y lo hacen susceptible a este tipo de enfermedades. Aún más alarmante es el hecho de saber que no existe cura y que únicamente se pueden mejorar las condiciones de vida del individuo tras terapias de rehabilitación cognitiva o practicando actividades preventivas con el fin de estimular la memoria y la concentración, a fin de minimizar los efectos en edades avanzadas [4]. De la mano de los tratamientos, una detección temprana del deterioro cognitivo, puede permitir que el paciente sea tratado a tiempo y limitar los riesgos de sufrir una enfermedad más grave [5] [6] [7].

En este sentido, puede observarse que uno de los factores trascendentales en términos del deterioro cognitivo es la pérdida de memoria [8], pues es el primer síntoma que manifiesta la dificultad del paciente de desenvolverse de manera natural, por ello muchas de las terapias de carácter preventivo, pretenden su fortalecimiento, es en este punto donde es válido considerar el papel que IoT juega en la vida moderna y es que en un mundo en el que el más simple dispositivo tiende a dotarse de inteligencia [9], es evidente que las tareas de atención, concentración y memoria, que antes tenían un valor importante para el ser humano, han sido relegadas a un segundo plano y son estos dispositivos quienes toman el control a este nivel. No es un secreto que la inclusión de dispositivos inteligentes ha facilitado la vida del hombre, sin embargo, ¿cuántas veces nos hemos visto en la penosa necesidad de buscar nuestro propio número telefónico en una lista de contactos? y es que si bien conectar cualquier aparato a internet y de cierto modo dotarlo de inteligencia bajo las decisiones en la nube, cada vez nos limita más el esfuerzo mental.

No obstante lo anterior, es necesario replantear la forma en que los dispositivos conectados a internet deben funcionar,

de tal manera que contribuyan al normal desarrollo cognitivo del ser humano y en vez de limitar nuestra capacidad pensante, contribuyan a mejorar y potenciar nuestras habilidades cognitivas.

Por su parte IoT, puede entenderse como la posibilidad de dotar de interconectividad a cualquier tipo de objeto [10]. Por esta razón es valioso investigar que aplicabilidad tiene IoT para dar solución a los problemas relacionados con DC. Siguiendo ese pensamiento, se plantea el objetivo de este artículo, ¿Cuál es el desarrollo que existe actualmente en términos de IoT, para favorecer la prevención, asistencia, detección y rehabilitación de pacientes con deterioro cognitivo? y ¿Es factible generar nuevos aportes que contribuyan a mejorar el estado del arte en este contexto?

En adelante el artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección II se describe la metodología utilizada para encontrar la información, en la sección III se discuten los hallazgos a partir del análisis de la bibliografía encontrada, en la sección IV se presentan conclusiones respecto al trabajo realizado. En la sección V se presenta la bibliografía objeto de este estudio.

## II. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo fueron consultadas las bases de datos IEEEExplore, SCOPUS, Springer Link y NCBI además de los artículos encontrados en Google Scholar.

Los términos de búsqueda utilizados fueron: deterioro cognitivo, internet de las cosas, prevención, asistencia, rehabilitación, detección temprana y sus respectivas traducciones al idioma inglés. Dichos términos fueron combinados para obtener artículos pertinentes según el objeto de estudio del presente trabajo. Los artículos encontrados fueron filtrados para mantener únicamente aquellos publicados en los últimos 10 años, dando principal valor a aquellos presentados en los 5 últimos años. La metodología propuesta se resume en la Figura 1. Metodología.

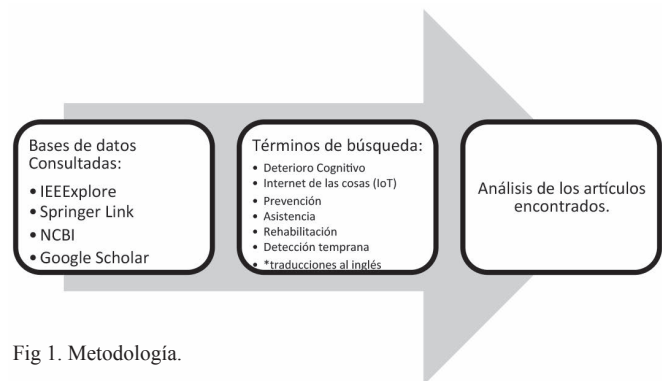


Fig 1. Metodología.

Del estudio de los artículos encontrados se desprende el análisis de la siguiente sección, donde se expresan los campos en los que IoT, está siendo utilizado o podría ser utilizado para mejorar la condición de los pacientes con deterioro cognitivo.

### III. DESARROLLO DEL TEMA

Una vez analizados los artículos encontrados en las bases de datos, se identificaron 4 categorías para las cuales IoT tiene cabida a la hora de brindar soluciones de importancia a los pacientes con DC. Dichas categorías se muestran en la Figura 2. Categorías relacionadas con DC que pueden abordarse desde IoT y que son descritas a continuación.

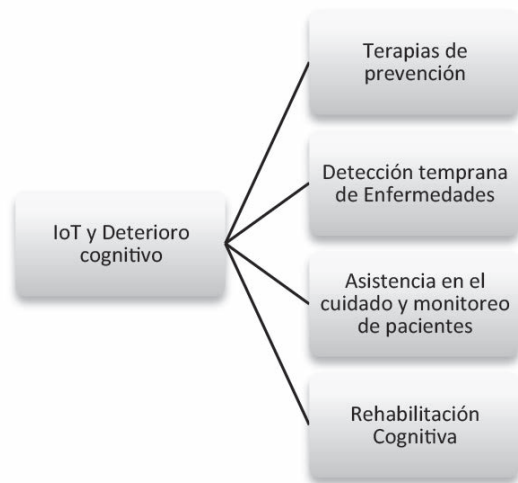


Fig. 2. Categorías relacionadas con DC que pueden abordarse desde IoT

#### A. Terapias de prevención:

La prevención del deterioro cognitivo, se logra en primer lugar mediante la aplicación de ejercicios orientados a potenciar la memoria, la concentración y la atención. Son usuales las prácticas de memoria en las que se identifica que el paciente reconoce sus datos básicos y estructuras lógicas esenciales como la distribución de los días y los meses. También se realizan ejercicios de orientación, semántica y comprensión lectora. Si bien, estas técnicas son de común conocimiento en la comunidad médica, son pocos los trabajos que evalúan el comportamiento a largo plazo y la efectividad que tienen en la prevención de enfermedades cognitivas. Es por lo anterior, que muchas iniciativas de IoT pueden contribuir al desarrollo de estos análisis, dispositivos o aplicaciones que continuamente estén ejercitando las habilidades cognitivas de las personas.

Una muestra de ello se evidencia en [11], donde proponen tres niveles de prevención en el proceso gradual de deterioro cognitivo destacando que, la prevención primaria, se puede lograr mejorando la reserva cognitiva mediante programas computarizado de actividad física mental. En el segundo nivel el uso de dispositivos móviles puede contribuir a mitigar el efecto de la falta de memoria en el desarrollo de rutinas diarias y en el tercer nivel, el uso de Telemedicina contribuye a la atención, educación y soporte de los cuidadores.

Mediante herramientas computarizadas [12], proponen la prevención del deterioro cognitivo, investigando el efecto que tiene un programa de entrenamiento cognitivo computarizado, basado en neuroplasticidad, este concepto

se refiere a la capacidad que tiene el cerebro de adaptarse fisiológicamente en términos del aprendizaje que recibe, estudios recientes sugieren que dicha plasticidad permanece intacta incluso en el caso de pacientes de avanzada edad. Por su parte en [13], los investigadores proponen evaluar los efectos que este entrenamiento computarizado tiene sobre la memoria de los pacientes.

En su revisión de 2012 [14], señalan haber encontrado alrededor de 150 trabajos que establecen terapias computarizadas para el entrenamiento cognitivo, muchas de estas herramientas buscan potenciar entre otras cosas el tiempo de reacción, la memoria y las funciones ejecutivas, incluso refieren el uso de video juegos en personas adultas para mejorar las funciones cognitivas globales [15] [16].

Un estudio sobresale entre los demás y es el denominado HABIT (*Healthy Action to Benefit Independence and Thinking*), el cual fue realizado por la clínica Mayo, dicho programa involucra entre otras cosas la actividad física del paciente y el entrenamiento de sus cuidadores, además de un componente computacional relacionado con la actividad cerebral. En dicho programa los pacientes fueron evaluados según los lineamiento de [17], donde aplican el programa de la *Posit Science Corporation* basado en la plasticidad cerebral, este estudio facilitó a los participantes herramientas computacionales en las que se realizaban 7 tipos de ejercicios básicos, para fortalecer sus capacidades de lenguaje y funciones ejecutivas.

Bien es sabido que los pacientes con deterioro cognitivo tienen afecciones de importante consideración en su memoria a corto plazo y su memoria de trabajo, es por ello que un paciente usualmente suele recordar con mayor facilidad eventos y situaciones del pasado, en contraste con los hechos presentes, además que su capacidad de planeación, es decir generar pensamientos a futuro se ve afectada, en [18] proponen el término coimaginación, el cual presenta una estrategia en la que varios pacientes se sientan en torno a un tema concertado para interactuar entre ellos y así potenciar su memoria episódica, además de otras funciones mentales como la capacidad de planeación y la división de la atención. Dicha estrategia es implementada sobre una plataforma computacional a la cual tienen acceso todos los pacientes y en todo momento se realiza un seguimiento a sus interacciones.

#### B. Detección temprana de enfermedades relacionadas con DC

En cuanto a la detección temprana del DC, existen muchas propuestas, en general se basan en pruebas y protocolos de evaluación que permiten identificar el grado de compromiso del paciente, un ejemplo de ello es el Montreal Cognitive Assessment MoCA, una herramienta para medir el nivel de deterioro cognitivo de una persona [19], otras técnicas involucran el estudio del lenguaje y la estructuración y manejo que el paciente realiza [20], en particular en este estudio proponen evaluar mediante un test computarizado

denominado CogState, buscando evaluar su sensibilidad y especificidad en contraste con 2 tests adicionales de uso estandarizado en el diagnóstico del deterioro cognitivo como son el *Mini-Mental Status Examination* y el *Hopkins Verbal Learning Test*.

Otro trabajo que propone un test computarizado para evaluar la memoria, la atención y las funciones ejecutivas es presentado en [21], en concreto este estudio se basa en aplicar el *Cambridge Neuropsychological Automated Test Battery*, para determinar la presencia de EA o DC en el conjunto de pacientes evaluados.

Muchos de estos procesos han sido automatizados, con el propósito de predecir, mediante herramientas computacionales, el comportamiento patológico de los pacientes, un ejemplo de ello es [22], donde hacen uso de señales MRI y marcadores biológicos para hacer un reconocimiento automático de los patrones del DC. Al igual que en la apuesta anterior en [23], proponen un estudio automatizado de imágenes de resonancia magnética para la detección automática del deterioro cognitivo.

Una apuesta interesante es la presentada en [24], allí proponen un diagnóstico temprano de la EA, en el que se evalúan en conjunto, señales obtenidas por resonancia magnética estructural y variables clínicas de funciones cognitivas, dichos datos sirven de insumo para entrenar una red bayesiana, la cual se encarga de determinar si el paciente evidencia o no la EA.

En [25], trabajan en el desarrollo de un método de aprendizaje profundo, el cual busca resolver la dificultad que existe en términos del diagnóstico de EA, en cuanto a la imposibilidad de establecer un modelo de aprendizaje automático adecuado. En este artículo proponen el uso de señales de resonancia magnética para entrenar una red neuronal multicapa y afirman mejorar el diagnóstico de pacientes en la etapa precedente a EA, en otras palabras DC.

Un uso diferente de la tecnología de resonancia magnética es presentado en [26], en este trabajo relatan como a partir de este tipo de señales se puede reconstruir la morfología del hipocampo de cada paciente, dicha zona del cerebro es fundamental en el estudio del DC, pues es en este lugar donde se fundamenta el almacenamiento de información a largo plazo de las personas. Los autores relatan que los cambios en la morfología del hipocampo evidencian los primeros estadios de EA, además permiten predecir, con mayor exactitud, cuáles de los pacientes con DC pueden degenerar en EA. Un estudio similar es el presentado en [27], donde además de utilizar la morfología del hipocampo como un indicador de EA, proponen identificar las atrofas típicas de esta zona cerebral en relación con la EA, el DC y el envejecimiento normal, a fin de establecer en qué etapa se encuentra cada paciente.

Otros estudios establecen que el DC y la EA, tienen una

estrecha relación con el espesor de la corteza cerebral, en [28] por ejemplo, evalúan la corteza de individuos con EA y control y determinan una clara diferencia entre ambas poblaciones, dicho estudio lo hacen mediante reconstrucción tridimensional de la corteza cerebral a partir de señales de resonancia magnética.

Otros trabajos que incluyen el estudio de imágenes por resonancia magnética son [29] [30] [31] [32], de los cuales se destaca [31], por realizar un trabajo en el que integra resonancia magnética funcional y resonancia magnética estructural en la detección de DC, según relatan los autores, la combinación de estas técnicas no ha sido desarrollada y por ende los potenciales de ambas técnicas en la detección de estas patologías sólo han sido explorados por separado, en ese sentido se espera que el método propuesto, permita integrar ambos tipos de señales y optimizar las bondades de cada uno para mejorar la inferencia sobre el diagnóstico de los pacientes. En [32] al igual que en [27] es notable el interés por distinguir los diferentes estadios de estas enfermedades cognitivas.

Una apuesta novedosa es la propuesta en [33], donde hacen uso de tomografías por emisión de positrones en conjunto con tests neurofisiológicos para el diagnóstico de DC. En términos generales, esta técnica mejora en términos de sensibilidad y especificidad en contraste con sus análogos de resonancia magnética.

En [34] la estrategia para valorar a los pacientes con DC se ajusta a un entorno de realidad virtual, donde cada individuo es sometido a un ambiente en el que se valoran sus funciones ejecutivas y de memoria, a partir de tareas como son revisar una lista de compras, determinar el mejor artículo y realizar el pago de productos es una tienda virtual. Las tareas pueden obedecer a un ambiente multicapa y con órdenes jerárquicos de dificultad.

### C. Asistencia en el cuidado y monitoreo de pacientes

En el caso de pacientes cuyo deterioro cognitivo es elevado, se hace necesario que su cuidado sea llevado a cabo por personal especializado, sin embargo una población con cada vez más ancianos, requiere de herramientas tecnológicas que contribuyan al cuidado del paciente de manera efectiva. Al respecto existen muchos trabajos en el estado del arte, en [35] proponen un sistema especializado que envía notificaciones personalizadas a pacientes y cuidadores para optimizar su tratamiento.

Una propuesta adicional expuesta en [36], apuesta a la implementación de dispositivos robóticos, basados en modelos de Markov, cuyo objeto nuevamente es asistir en el proceso de cuidado de los pacientes.

Prototipos que mantienen monitoreado al paciente y que habilitan opciones de cuidado a partir de ambientes inteligentes también han sido implementados [37], estos dispositivos le dan opciones básicas al paciente con DC para

obtener ayuda y además generar recordatorios personalizados según las condiciones del ambiente en el que habita, en cuanto a lo anterior, también es de importancia mantener claro el geoposicionamiento del paciente, pues por ser una persona con problemas cognitivos es posible que se extravíe.

Para una persona con cualquier tipo de deficiencia cognitiva, el desplazamiento puede ser una situación adversa, pues al tener limitadas sus capacidades de memoria, atención y función ejecutiva, es muy factible que le cueste gran esfuerzo movilizarse, en comparación con una persona normal, atendiendo a esta dificultad en [38], proponen una aplicación que funciona sobre dispositivos PDA, que permite orientar al paciente a medida que este rastrea su entorno con la cámara del dispositivo, la aplicación toma fotos del entorno y va realimentando en tiempo real al usuario, reconstruyendo la ruta que debe seguir para llegar a su destino. Este tipo de herramientas de asistencia, puede dar solución a los pacientes que con DC, aún tienen cierto dominio de su independencia, sin embargo requieren ayuda en la planificación de las rutas que usan de manera cotidiana. Si bien esta tecnología ha sido probada en interiores, ofrece muchas ventajas que podrían impactar el desplazamiento de los usuarios mientras se mueven en un espacio abierto.

Un trabajo similar es el desarrollado en [39], aquí hacen uso de dispositivos electrónicos para determinar cuál es el tipo de interactividad al que mejor se adaptan los pacientes con DC, a la hora de recibir asistencia en su desplazamiento como peatones. Allí comparan 4 modos de asistencia que son: información visual obtenida desde una vista aérea, información visual obtenida desde una vista de peatón, información por sonido e información basada en texto, después de realizado el experimento los autores verifican que el mejor tipo de asistencia ha sido el logrado mediante señales auditivas. Lo anterior se plantea como una estrategia para facilitar la autonomía de los pacientes y contribuir de este modo a la minimización de su proceso de deterioro.

El trabajo presentado en [40], pretende favorecer la movilidad del paciente usando dispositivos comerciales de comunicación. Los autores aseguran que la movilidad es una característica clave de todo ser humano, que permite su integración social. Este último elemento, se da como una función cognitiva, que requiere potenciarse para garantizar el bienestar del paciente.

Sin lugar a dudas el trabajo presentado en [41], es uno de los que más se aproxima a IoT, en lo relacionado con asistencia de pacientes con DC y EA. En este trabajo, proponen una red de sensores inalámbricos para monitorear en conjunto, la actividad cerebral con Electroencefalografía y sensores de movimiento. El monitoreo del paciente se centra en sus periodos de sueño, donde se espera que el sistema pueda estar al tanto de los momentos de sueño REM y determinar si existe alguna alteración en estos patrones, además de verificar que el paciente permanece en su cama,

lo anterior con el deseo de alertar al cuidador o al personal de salud en el caso de que el paciente sufra una caída.

Además de los trabajos analizados, se pudo identificar una nascente industria de dispositivos y servicios de asistencia para pacientes, varios de ellos presentan soporte por vía telefónica, otros brindan soporte en línea mediante conexión a internet y se constituyen claramente en herramientas de IoT. En la tab.1 se presenta un resumen de ellos:

TABLA 1.  
DISPOSITIVOS DE ASISTENCIA.

	PRODUCTO, SERVICIO O PROYECTO
1	Warden Call Reach Telecare Alarm Unit
2	CarePhone
3	Care Innovations TM Link
4	Doro Secure Plus 347
5	Lifeline Connect de Tunstall
6	Care IP
7	Attentianet
8	Proyecto TELPES
9	Telegerontología
10	Proyecto T-asisto
11	Smarphone Voxiva Alerta
12	Cell Preven
13	Commcare
14	IQMAX
15	Blaupunkt SA 2700
16	NEO de NEAT
17	Telemática –e Health Telecomunicaciones en Medicina
18	Living –Lab
19	Tucán 3G
20	Programas de telemedicina de varias Universidades <sup>2</sup>

#### D. Rehabilitación Cognitiva

En cuanto a este aspecto son variados los trabajos [42] y enfoques que existen, muchos de ellos buscan las maneras más apropiadas de re-enseñar [43] [44] en los pacientes aquellas habilidades perdidas por el DC [37]. En este sentido muchas de las prácticas son reestructurar el pensamiento del paciente a partir de instrucciones nemotécnicas, que le faciliten la realización de tareas complejas mediante la semántica sujeta al método nemotécnico. Para facilitar esto, dispositivos conectados a internet, pueden evaluar el comportamiento del paciente y revisar su evolución, en este punto es vital comprender que el acceso a la tecnología es complejo en personas mayores y mucho más si poseen algún tipo de trastorno cognitivo [45]. Es claro que todos estos ejercicios contribuyen a regenerar y por ende potenciar la memoria [46] [47] de forma similar que en un proceso de carácter preventivo.

<sup>2</sup>Proyectos de investigación en teleasistencia y telemedicina en las universidades destacan como elementos para el manejo del DC y la EA.

En este sentido nuevamente son eficaces los sistemas basados en IoT, pues pueden dar soporte y además contribuir al proceso de rehabilitación del paciente. Se busca favorecer las estrategias de rehabilitación no farmacológicas [48], aunque aquellas que requieren medicación, pueden ser asistidas por dispositivos externos para asistir la memoria [49].

En [50], analizan el funcionamiento del algoritmo Max Motif, un algoritmo de minería secuencial que permite el soporte en comunicaciones vía correo electrónico para los pacientes con DC, esta herramienta garantiza que los pacientes puedan comunicarse con cualquier persona y reportar cualquier evento de su vida cotidiana. Adicionalmente las cadenas de texto obtenidas de este proceso de correos electrónicos permiten analizar el comportamiento de los pacientes e identificar sus patrones de conducta.

El trabajo realizado en [51], propone un conjunto de sistemas para la rehabilitación y el diagnóstico de pacientes con DC. El primero de ellos es denominado CoCoMo, el cual es una herramienta computarizada de evaluación cognitiva, el segundo de ellos es llamado CoCoTa y tiene como propósito ser una herramienta de entrenamiento basada en el entorno cultural coreano y E-Core es un desarrollo que busca fortalecer la relación entre cuerpo humano y cognición de los pacientes tratados.

El concepto denominado socially assistive robotics SAR, es el fundamento del trabajo presentado en [52], dicho concepto propone el uso de robots como acompañantes en la asistencia de pacientes. En este caso, los autores proponen evaluar 2 hipótesis, la primera trata de validar en qué medida, la interacción de la persona con un juego musical, puede mantener activa su atención y la segunda se cuestiona sobre si es preferible para una persona interactuar con un robot humanoide o más bien con una simulación computacional. Los resultados arrojan que la interacción con el robot es preferible frente a su análoga simulación computarizada, además según los autores la atención de los pacientes ha sido potenciada con su interacción con el juego musical.

Por otro lado, la masiva incursión de plataformas de videojuego como el Kinect ha sido razón de múltiples aplicaciones y la rehabilitación de pacientes con DC no es la excepción, una muestra de ello es el trabajo [53] donde los autores promueven el uso de este dispositivo como una herramienta para monitorear la rehabilitación de pacientes. En el trabajo se propone como estrategia que los pacientes realicen un conjunto de ejercicios físicos y el monitoreo de estos movimientos permita medir su rehabilitación cognitiva.

#### IV. CONCLUSIONES

A partir del análisis bibliográfico realizado, se pudo identificar un interés vigente en el desarrollo de sistemas que den soporte a los pacientes con DC y EA. Dicho soporte

se puede ver reflejado en términos de la prevención, el diagnóstico, la rehabilitación y la asistencia a los individuos que padecen la enfermedad. Es válido aclarar que bajo los lineamientos de IoT, es posible dotar de conectividad a los dispositivos que monitorean los pacientes con la red, esto hace que el manejo y el análisis de la información sea cada vez más sencillo y fácil de implementar.

En términos de terapias de prevención, se pudo observar, mediante esta revisión, un interés vigente en torno a la creación de programas de actividad física mental, en los que se asemeja al cerebro con el cuerpo y se propende por entrenar las funciones cerebrales potenciando su rendimiento. En concreto el término IoT no se ha popularizado en el léxico de este tipo de terapias de prevención, sin embargo se aprecia su pertinencia pues la implementación de aplicaciones y la utilización de tests computarizados cada día es más próxima a ser llevada a cabo por dispositivos móviles y plataformas de hardware cercanas a los lineamientos de IoT.

Como puede apreciarse en términos de detección temprana del DC y EA, existen dos líneas claras que siguen los investigadores: una es la versión computarizada de los tests mentales que han sido estandarizados a lo largo de los años como el MoCa o el MiniMental y la otra es el análisis de la actividad cerebral mediante MRI, fMRI y EP, si bien este segundo método implica, por ahora, el uso de robustas máquinas hospitalarias, en [54] el autor propone que en pocos años tendremos este tipo de tecnologías al alcance de dispositivos portátiles o incluso a escala de nuestros celulares, es evidente que de manera natural dichos dispositivos contarán con conectividad a internet y es nuevamente donde IoT juega un papel fundamental.

Por su parte, la asistencia de pacientes no es un tema ajeno a IoT, vemos como, comercialmente se presentan productos de hardware y servicios que dependen de su conectividad a internet para dar soporte a los pacientes involucrados, normalmente la palabra asistencia involucra un conjunto de personas que va más allá del paciente, involucrando a sus cuidadores y personal de salud, en varios de los trabajos analizados se hace evidente la importancia de mantener intercomunicados a estos actores del proceso asistencial y una forma intuitiva de lograrlos es valiéndose de la red de redes.

En cuanto a la rehabilitación cognitiva, se puede decir que aún existen muchas posibilidades de nuevos desarrollos, que permitan la recuperación de los pacientes con DC. En este punto, es de notar que el IoT facilita la interconectividad que los dispositivos tienen, por lo que puede pensarse en sistemas intercomunicados que al tiempo, monitoreen de diversas formas al paciente y que además, apoyados por estrategias de Inteligencia Artificial, puedan ofrecer al paciente las mejores opciones de rehabilitación. En la revisión realizada se aprecia el uso de robots que propenden por la asistencia del cuidado de los pacientes, además se señala que estos elementos electrónicos pueden conectarse

a la red y proveer información para su análisis en línea y en tiempo real, que mejor ejemplo de IoT en acción.

Es importante recalcar el gran volumen de trabajos que se pueden encontrar en relación con los términos de búsqueda consultados. En la presente revisión se procuró destacar y reunir aquellos que presentaban mayor relevancia y coherencia con los términos de búsqueda principales, es decir deterioro cognitivo e IoT, además de ser trabajos recientes y que se encontraran en la ventana de observación propuesta es decir los últimos 10 años.

Finalmente podemos concluir que el impacto que el Internet de las Cosas puede tener en el contexto del Deterioro Cognitivo es alto, pues dotar de conectividad con la web a cualquier clase de dispositivos habilita un conjunto amplio de posibilidades que pueden tomarse en cuenta para el bienestar de los pacientes. Puede decirse entonces que este es un campo abierto al desarrollo y la investigación.

#### REFERENCIAS

- [1] R. C. Petersen, «Mild cognitive impairment as a diagnostic entity,» *Journal of Internal Medicine*, 2004.
- [2] A. X. Pereiro, O. Radaban y D. Facal, «Attentional control in amnesic MCI subtypes: insights from a Simon task,» *Neuropsychology*, 2013.
- [3] M. Edwards, L. Hynan, E. Suen, J. Smith y R. Huebin, «Molecular Neuropsychology for the Detection of Amnesic and Non-Amnesic Mild Cognitive Impairment,» *Arch Clin Neuropsychol*, 2014.
- [4] L. D. Baker, L. L. Frank y K. Foster-Shubert, «Effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: A controlled trial,» *Archives of Neurology*, pp. 71-79, 2010.
- [5] P. J. Nestor, P. Scheltens y J. R. Hodges, «Advances in early detection of Alzheimer disease,» *Nature Reviews Neuroscience*, 2004.
- [6] C. A. De Jager, A. Claire, M. C. Schrijnemaekers, E. M. Honey y M. M. Budge, «Detection of MCI in the clinic: evaluation of the sensitivity and specificity of a computerised test battery, the Hopkins Verbal Learning Test and the MMSE,» *Age and Ageing*, 2009.
- [7] C. Wu, P. Dagg y C. Molgat, «A pilot study to measure cognitive impairment in patients with severe schizophrenia with the Montreal Cognitive Assessment (MoCA),» *Schizophrenia Research*, 2014.
- [8] H. Chertkow, Z. Nasreddine, Y. Joannette, V. Drolet, J. Kirk, F. Massoud y S. Be, «Mild cognitive impairment and cognitive impairment, no dementia: Part A, concept and diagnosis,» *Alzheimer's & Dementia*, 2007.
- [9] A. Riahi, E. Natalizio, Y. Challal, N. Mitton y A. Iera, «A systemic and cognitive approach for IoT security,» 2014.
- [10] N. Bari, G. Mani y S. Berkovich, «Internet of Things as a Methodological Concept,» 2013.
- [11] G. Smith, «Everyday technologies across the continuum of dementia care,» 2013.
- [12] S. GE, K. H. P, R. Y. K, R. F. Ruff, H. W. Kennison, E. M. Mahncke y Z. EM, A cognitive training program based on principles of brain plasticity: results from the Improvement in Memory with Plasticity-based Adaptive Cognitive Training (IMPACT) study., pp. --.
- [13] E. M. Zelinski, L. M. Spina, K. Yaffe, R. Ruff, R. F. Kennison, H. W. Mahncke y G. E. Smith, «Improvement in Memory with Plasticity-Based Adaptive Cognitive Training: Results of the 3-Month Follow-Up,» *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 59, n° 2, pp. 258-265, 2011.
- [14] K. AM, A. L. Parisi, G. W. Gross y R. GW, Computerized cognitive training with older adults: a systematic review., pp. --.
- [15] P. D. CUNHA, «Cognitive training with video games to improve driving skills and driving safety among older adults,» 2007.
- [16] A. C. Seabra, «Cognitive effects of video games on old people,» *International Journal on Disability and Human Development*, vol. 10, n° 1, pp. 55-58, 2011.
- [17] D. E. Barnes, K. Yaffe, N. Belfor, W. J. Jagust, C. DeCarli, B. R. Reed y J. H. Kramer, «Computer-based cognitive training for mild cognitive impairment: results from a pilot randomized, controlled trial,» *Alzheimer disease and associated disorders*, vol. 23, n° 3, p. 205, 2009.
- [18] M. Otake, M. Kato, T. Takagi y H. Asama, «Development of coimagination method towards cognitive enhancement via image based interactive communication,» 2009.
- [19] C. Wu, P. Dagg y C. Molgat, «A pilot study to measure cognitive impairment in patients with severe schizophrenia with the Montreal Cognitive Assessment (MoCA),» *Schizophrenia Research*, 2014.
- [20] A. Celeste , A. De Jager y A. C. SCHRIJNEMA, «Detection of MCI in the clinic: evaluation of the sensitivity and specificity of a computerised test battery, the Hopkins Verbal Learning Test and the MMSE,» *Age and Ageing*, 2009.
- [21] A. Égerházi, R. Berecz, E. Bartók y I. Degrell, «Automated Neuropsychological Test Battery (CANTAB) in mild cognitive impairment and in Alzheimer's disease,» *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry* , vol. 31, n° 3, pp. 746-751, 2007.
- [22] C. Davatzikosa, P. Bhatta, L. M. Shaw, K. N. Batmanghelich y K. S. Trojanowski, «Prediction of MCI to AD conversion, via MRI, CSF biomarkers, and pattern classification,» *Neurobiology of Aging*, 2011.
- [23] P. R. Raamanaa, W. Wenb, N. A. Kochan, H. Brodaty, P. S. Sachdev, L. Wang y M. F. Beg, «Novel ThickNet features for the discrimination of amnesic MCI subtypes,» *NeuroImage: Clinical*, 2014.
- [24] Y. Sun, S. Lv y Y. Tang, «Construction and Application of Bayesian Network in Early Diagnosis of Alzheimer Disease's System,» 2007.
- [25] S. Liu, S. Liu, W. Cai, S. Pujol, R. Kikinis y D. Feng, «Early diagnosis of Alzheimer's disease with deep learning,» 2014.
- [26] S. G. Costafreda, I. D. Dinov, Z. Tu, Y. Shi, C.-Y. Liu, I. Kloszewska, P. Mecocci, H. Soininen, M. Tsolaki, B. Vellas, L.-O. Wahlund, C. Spenger, A. W. Toga, S. Lovestone y A. Simmons, «Automated hippocampal shape analysis predicts the onset of dementia in mild cognitive impairment,» *NeuroImage* , vol. 56, n° 1, pp. 212-219, 2011.
- [27] R. Elshafey, O. Hassanien, M. Khalil, M. R. Allah, S. Saad, M. Baghdadi y M. E. Zayady, «Hippocampus, caudate nucleus and entorhinal cortex volumetric \{MRI\} measurements in discrimination between Alzheimer's disease, mild cognitive impairment, and normal aging,» *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine* , vol. 45, n° 2, pp. 511-518, 2014.
- [28] J. Pacheco, J. O. Goh, M. A. Kraut, L. Ferrucci y S. M. Resnick, «Greater cortical thinning in normal older adults predicts later cognitive impairment,» *Neurobiology of Aging* , vol. 36, n° 2, pp. 903-908, 2015.
- [29] Y. Cui, W. Wen, D. M. Lipnicki, M. F. Beg, J. S. Jin, S. Luo, W. Zhu, N. A. Kochan, S. Reppermund, L. Zhuang, P. R. Raamana, T. Liu, J. N. Trollor, L. Wang, H. Brodaty y P. S. Sachdev, «Automated detection of amnesic mild cognitive impairment in community-dwelling elderly adults: A combined spatial atrophy and white matter alteration approach,» *NeuroImage* , vol. 59, n° 2, pp. 1209-1217, 2012.
- [30] C. Aguilar, E. Westman, J.-S. Muehlboeck, P. Mecocci, B. Vellas, M. Tsolaki, I. Kloszewska, H. Soininen, S. Lovestone, C. Spenger, A. Simmons y L.-O. Wahlund, «Different multivariate techniques for automated classification of \{MRI\} data in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment,» *Psychiatry Research: Neuroimaging* , vol. 212, n° 2, pp. 89-98, 2013.
- [31] J. Kim y J.-H. Lee, «Integration of structural and functional magnetic resonance imaging improves mild cognitive impairment detection,» *Magnetic Resonance Imaging* , vol. 31, n° 5, pp. 718-732, 2013.
- [32] E. Westman, A. Simmons, Y. Zhang, J.-S. Muehlboeck, C. Tunnard, Y. Liu, L. Collins, A. Evans, P. Mecocci, B. Vellas, M. Tsolaki, I. KÅ,oszewska, H. Soininen, S. Lovestone, C. Spenger y L.-O. Wahlund, «Multivariate analysis of \{MRI\} data for Alzheimer's disease, mild cognitive impairment and healthy controls,» *NeuroImage* , vol. 54, n° 2, pp. 1178-1187, 2011.
- [33] W. Yang y F. He, «Automated classification of positron emission tomography images with mild cognitive impairment based on voxel of interest and neuropsychological test results,» 2013.

- [34] S.-C. Yeh, C.-F. Tsai, Y.-C. Chen y A. Rizzo, «An innovative virtual reality system for mild cognitive impairment: Diagnosis and evaluation.» 2012.
- [35] E. Guerrero, J. C. Nieves y H. Lindg, «ALI: An assisted living system for persons with mild cognitive impairment.» *Computer-Based Medical Systems (CBMS)*, 2013.
- [36] J. Pineau, M. Montemerlo, M. Pollack, N. Roy y S. Thrun, «Towards robotic assistants in nursing homes: Challenges and results.» *Information Technol. Biomedicine*, 2003.
- [37] A. M. Seelye, M. Schmitter-Edgecombe, B. Das y D. J. Cook, «Application of Cognitive Rehabilitation Theory to the Development of Smart Prompting Technologies.» *IEEE Reviews in biomedical engineering*, vol. 5, 2012.
- [38] Y.-J. Chang, Y.-Y. Chu, C.-N. Chen y T.-Y. Wang, «Mobile computing for indoor wayfinding based on bluetooth sensors for individuals with cognitive impairments.» 2008.
- [39] S. Fickas, M. Sohlberg y P.-F. Hung, «Route-following assistance for travelers with cognitive impairments: A comparison of four prompt modes.» *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 66, n° 12, pp. 876-888, 2008.
- [40] P. Koldrack, M. Luplow, T. Kirste y S. Teipel, «Cognitive assistance to support social integration in Alzheimer's disease.» *Geriatric Mental Health Care*, vol. 1, n° 2, pp. 39-45, 2013.
- [41] M. Avvenuti, C. Baker, J. Light, D. Tulpan y A. Vecchio, «Non-intrusive Patient Monitoring of Alzheimer's Disease Subjects Using Wireless Sensor Networks.» 2009.
- [42] C. Cooper, R. Ly, C. Lyketsos y G. Livingston, «A systematic review of treatments for Mild Cognitive Impairment.» *Br J Psychiatry*, 2013.
- [43] L. Clare, B. A. Wilson, G. Carter, I. Roth y J. R. Hodges, «Relearning face-name associations in early Alzheimer's disease.» *Neuropsychology*, 2002.
- [44] L. A. Ehrlhardt, M. M. Sohlberg, A. Glang y R. Albin, «TEACH-M: A pilot study evaluating an instructional sequence for persons with impaired memory and executive functions.» *Brain Injury*, 2005.
- [45] M. Bourgeois, C. Camp, M. Rose, B. White y M. Malone, «A comparison of training strategies to enhance use of external aids by persons with dementia.» Elsevier, 2003.
- [46] L. Clare y B. A. Wilson, «Memory Rehabilitation Techniques for People with Early-Stage Dementia.» *Zeitschrift für Gerontopsychologie & -psychiatrie*, 2004.
- [47] A. K. Troyer, K. J. Murphy, N. D. Anderson, M. Moscovitch y F. Craik, «Changing everyday memory behaviour in amnesic mild cognitive impairment.» *Neuropsychological*, 2008.
- [48] F. Massouda, S. Belleville, H. Bergman, J. Kirk, H. Chertkow, Z. Nasreddine, Y. Joannette y M. Freedman, «Mild cognitive impairment and cognitive impairment, no dementia: Part B, therapy.» *Alzheimer's & Dementia*, 2007.
- [49] P. Kaushik, S. Intille y K. Larson, «User-adaptive reminders for home-based medical tasks. A case study.» *Methods Inform. Medicine*, 2008.
- [50] W. Robinson, A. Syed, A. Akhlaghi y T. Deng, «Pattern Discovery of User Interface Sequencing by Rehabilitation Clients with Cognitive Impairments.» 2012.
- [51] G. H. Kwon, L. Kim y S. Park, «Development of a cognitive assessment tool and training systems for elderly cognitive impairment.» 2013.
- [52] A. Tapus, C. Tapus y M. Mataric, «Music therapist robot for individuals with cognitive impairments.» 2009.
- [53] D. González-Ortega, F. Díaz-Pernas, M. Martínez-Zarzuela y M. Antón-Rodríguez, «A Kinect-based system for cognitive rehabilitation exercises monitoring.» *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 113, n° 2, pp. 620-631, 2014.
- [54] M. Kaku, *El futuro de nuestra mente*, DEBATE, 2014.



Artificial, la Teleasistencia y el desarrollo de sistemas de diagnóstico asistido.



**Santiago Murillo Rendón** (Nació en Manizales, Colombia en 1987), es Ingeniero Electrónico y Magister en Ingeniería – Automatización Industrial de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Actualmente se desempeña como docente en el departamento de Ciencias Computacionales de la Universidad Autónoma de Manizales y es estudiante del doctorado en Ciencias Cognitivas de la misma Universidad. Sus principales intereses en investigación son el procesamiento digital de señales, el Reconocimiento de Patrones, la Inteligencia Artificial, la Teleasistencia y el desarrollo de sistemas de diagnóstico asistido.

**Carolina Márquez Narváez** Tecnóloga en desarrollo de sistemas de información y especialista tecnológica en desarrollo para aplicaciones móviles del SENA, Ingeniera de Sistemas de la Universidad Autónoma de Manizales. Actualmente se desempeña como Joven Investigador de COLCIENCIAS en el desarrollo de Objetos de Aprendizaje. Sus intereses en investigación giran en torno a la Inteligencia Artificial y la producción de software educativo.



**Belarmino Segura Giraldo**, Ingeniero electricista, especialista en educación, Magister en Ciencias Físicas y Doctor en Ingeniería-Línea Automática de la Universidad Nacional de Colombia, actualmente se desempeña como docente en el departamento de Electrónica y Automática de la Universidad Autónoma de Manizales. Sus principales intereses de investigación son el procesamiento digital de registros, la espectroscopia, la física del plasma, entre otros.