



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE
INFORMACIÓN**

Optimización de los costos y tiempos empleados durante el proceso de
monitoreo de pacientes con la enfermedad de Alzheimer, utilizando la
tecnología.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Para optar el grado de bachiller en Ingeniería de Sistemas de Información

AUTOR(ES)

Cuya Chumbile, Victor Martin (0000-0002-0253-2604)

Jorge Lévano, Katherine (0000-0002-6756-2871)

ASESOR

Herrera Trujillo, Emilio Antonio (0000-0001-8548-4849)

Lima, 14 de Enero del 2021

DEDICATORIA

A nuestros padres, por su trabajo y sacrificio en todos estos años de carrera profesional, gracias a ustedes hemos logrado culminar cada objetivo en nuestra etapa universitaria y convertirnos en lo que somos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, por haber transmitido sus conocimientos y experiencias profesionales a lo largo de nuestra formación académica, de manera especial, a Emilio Herrera y Eliana Barrantes, Manager y Product Owner, quienes nos han guiado en este trabajo de investigación.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó sobre la base de proceso de monitoreo de pacientes con alzhéimer. Para ello, se recopilaron diversas fuentes como testimonios de pacientes y familiares que permitieron identificar las tareas recurrentes en este proceso y los recursos asociados.

En el análisis del proceso de monitoreo, se identificó problemas relacionados a los tiempos y costos que se generan. Asimismo, se identificó los signos vitales del paciente que son monitoreados con mayor frecuencia y las personas que intervienen en el monitoreo, los cuales son: cuidador y médico. Por otra parte, se realizó una investigación de las tecnologías que se usan actualmente para el monitoreo. En dichos estudios se establecen los mecanismos de supervisión del paciente; sin embargo, estos no brindan la información suficiente sobre el estado de salud del paciente.

Después del análisis del proceso de monitoreo, se realizó una investigación adicional para determinar qué tipo de tecnologías permitiría optimizar este proceso. Asimismo, se definieron las variables de medición para identificar el impacto de la tecnología usada. Con la finalidad de obtener un resultado certero, se recurrió a cuidadores y médicos para saber la percepción respecto a la propuesta.

Palabras clave: monitoreo, enfermedad de Alzheimer, signos vitales, optimización, tecnologías.

ABSTRACT

The present research work was carried out on the basis of the monitoring process of patients with Alzheimer's. For this, various sources were compiled such as testimonies from patients and relatives that made it possible to identify the recurring tasks in this process and the associated resources.

In the analysis of the monitoring process, problems related to the times and costs generated were identified. Likewise, the vital signs of the patient that are monitored more frequently and the people involved in the monitoring were identified, which are: caregiver and doctor. On the other hand, an investigation of the technologies that are currently used for monitoring was carried out. In these studies, the mechanisms for patient supervision are established; however, these do not provide sufficient information on the patient's health status.

After analyzing the monitoring process, additional research was conducted to determine what type of technologies would allow this process to be optimized. Likewise, the measurement variables were defined to identify the impact of the technology used. In order to obtain an accurate result, a survey was conducted with caregivers and doctors to find out their perception of the proposal.

Keywords: monitoring, Alzheimer disease, vital signs, optimization, technologies.

TABLA DE CONTENIDOS

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 4 |
| 2 | ESTADO DEL ARTE | 4 |
| 2.1 | DISPOSITIVOS DE INTERNET DE LAS COSAS | 4 |
| 2.2 | ESTIMULACIÓN COGNITIVA USANDO DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS Y APLICACIONES MÓVILES | 6 |
| 2.3 | CLOUD COMPUTING | 7 |
| 3 | APORTE | 9 |
| 3.1 | DESCRIPCIÓN DEL APORTE | 9 |
| 3.2 | RESULTADO CONCRETO DE LA PROPUESTA | 9 |
| 3.3 | PROPUESTA FUTURA DE INVESTIGACIÓN | 11 |
| 4 | CONCLUSIONES | 11 |
| 5 | REFERENCIAS | 12 |

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Indicadores de costos de la encuesta pre validación y post validación..... 10

Tabla 2: Indicadores de tiempo de la encuesta pre validación y post validación..... 10

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|---|
| Figura 1: Sensor de Movimiento..... | 5 |
| Figura 2: Pruebas de detección de caídas con sensores en el piso | 6 |
| Figura 3: Sistema para la evaluación de la memoria usando un armario de cocina..... | 7 |
| Figura 4: Arquitectura propuesta IC-SMART para la detección y tratamiento de la enfermedad de Alzheimer..... | 8 |
| Figura 5: Arquitectura del subsistema de seguimiento de salud. | 9 |

1 INTRODUCCIÓN

En el Perú, el Instituto Peruano de Neurociencias (IPN) estimó que aproximadamente 200 mil peruanos podrían padecer actualmente la enfermedad de Alzheimer. Por otra parte, el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI), indicó que el 9.1% de la población está comprendida por personas mayores a 60 años y se calcula que esta cifra llegaría hasta el 12% para el año 2025. Asimismo, se considera que la demencia más común en este tipo de población es la enfermedad de Alzheimer (56,3%). Por tal motivo en el año 2018, se aprobó la ley N° 30795, Ley para la prevención y tratamiento de la enfermedad de Alzheimer y otras demencias. Los principales mecanismos establecidos en este proyecto de ley son la formación y capacitación a familiares, el acceso al sistema de salud peruano, recopilación centralizada de datos respecto a la enfermedad y la investigación.

En este contexto, las tecnologías de información han permitido brindar soluciones para el sector médico que permiten monitorear, en tiempo real, diversos signos vitales de pacientes como frecuencia cardíaca, presión arterial, temperatura, entre otros. Por tal motivo, se ha propuesto este proyecto el cual busca implementar una solución móvil con integración al IOT, para optimizar los costos y tiempos empleados en el proceso de monitoreo del avance de la enfermedad de Alzheimer y que a su vez el especialista pueda visualizar esta información para tomar acciones que mitiguen el avance de la enfermedad.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 DISPOSITIVOS DE INTERNET DE LAS COSAS

Según Rafael Pérez, Sergio Navajas y Elizabeth Terry, el término internet de las cosas se define como un conjunto de dispositivos u objetos, que se encuentran conectados a una red inalámbrica con la finalidad de recopilar datos del entorno donde se encuentran implementados. Esta tecnología se ha aplicado a diversas industrias con el objetivo de transformar procesos. Por ejemplo, en el sector logístico, el etiquetado electrónico colocado en paquetes y contenedores de envío para reducir los costos asociados con la pérdida o daño de mercancías. Otro sector impactado es de salud, en el cual se han implementado dispositivos el monitoreo de pacientes que padecen de diversas patologías neurodegenerativas.

Por ejemplo, en el artículo “Wearable sensor devices for early detection of Alzheimer disease using dynamic time warping algorithm”, presenta un estudio acerca del uso de acelerómetros ubicados en las suelas del zapato y detectar la fuerza que se ejerce en este (ver figura 1). Con estos datos, se puede detectar patrones de movimiento asociados a la desorientación (una de las características de la enfermedad de Alzheimer). Incluso, la integración de sensores de ubicación espacial o GPS, ha permitido expandir el monitoreo del paciente.

Figura 1: Sensor de Movimiento



Fuente: Wearable sensor devices for early detection of Alzheimer disease using dynamic time warping algorithm

Por otro lado, en el artículo “Real-Time Detection of Spatial Disorientation in Persons with Mild Cognitive Impairment and Dementia” se menciona que el uso de GPS, adaptado a una correa ortopédica ubicada en el tobillo, ha permitido evaluar el comportamiento de pacientes en las calles, al establecer distintos tipos de rutas, como calles con semáforo. Adicionalmente, se concluyó que los datos de aceleración indican signos de desorientación.

Mientras que, en otros artículos como “Remote monitoring and control smart floor for detecting falls and wandering patterns in people with dementia” se mencionan el uso de sensores ubicados en los pisos de para la detección de caídas de pacientes con demencia (ver figura 2) y también sobre la asociación entre los datos de movimientos, recopilados por acelerómetros, y la pérdida progresiva de funciones cognitivas.

Figura 2: Pruebas de detección de caídas con sensores en el piso



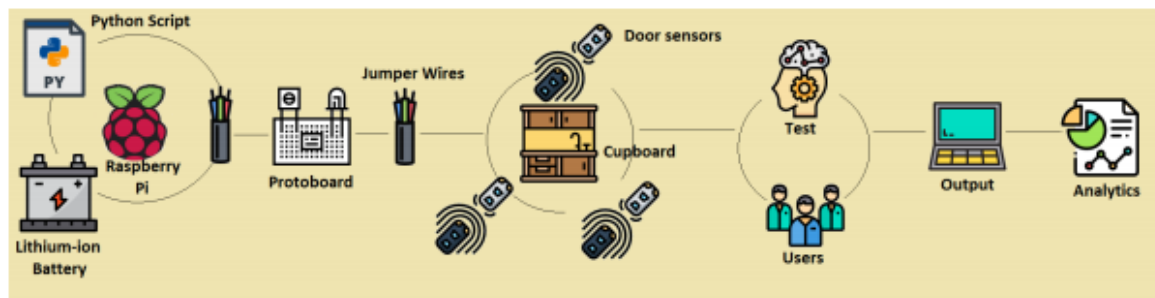
Fuente: Remote monitoring and control smart floor for detecting falls and wandering patterns in people with dementia

2.2 ESTIMULACIÓN COGNITIVA USANDO DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS Y APLICACIONES MÓVILES

Según la Confederación Española de Alzheimer (CEAFA), la enfermedad de Alzheimer (EA) es una patología neurológica que causa demencia. El síntoma más frecuente es la pérdida de memoria a corto plazo. Sin embargo, a medida que la enfermedad avanza, se presentan deterioros cognitivos como el lenguaje, la orientación, la capacidad de hacer actividades y de las reacciones emocionales. Por ejemplo, en el artículo “It is not only memory: Effects of sensecam on improving well-being in patients with mild Alzheimer disease” se realizó un estudio a 17 pacientes con alzhéimer utilizaron un wearable alrededor del cuello que permitía grabar todo lo que realizaba el paciente en un día común. El objetivo, era que el paciente pudiera entrenar su memoria con las actividades que realizaba a diario.

Adicional a este, en otro artículo titulado “Smart Cupboard for Assessing Memory in Home Environment” un estudio permitió adaptar un armario de cocina, con dispositivos tecnológicos, para evaluar la capacidad de memorizar los objetos que se encuentran dentro (ver figura 3). Como primera parte de la evaluación, los usuarios debían visualizar los objetivos que estaban dentro del armario. Posteriormente, se solicitó que buscaran objetos en específico y los dispositivos contabilizaban la veces que se abría el armario para encontrar el objeto solicitado.

Figura 3: Sistema para la evaluación de la memoria usando un armario de cocina



Fuente: Smart Cupboard for Assessing Memory in Home Environment

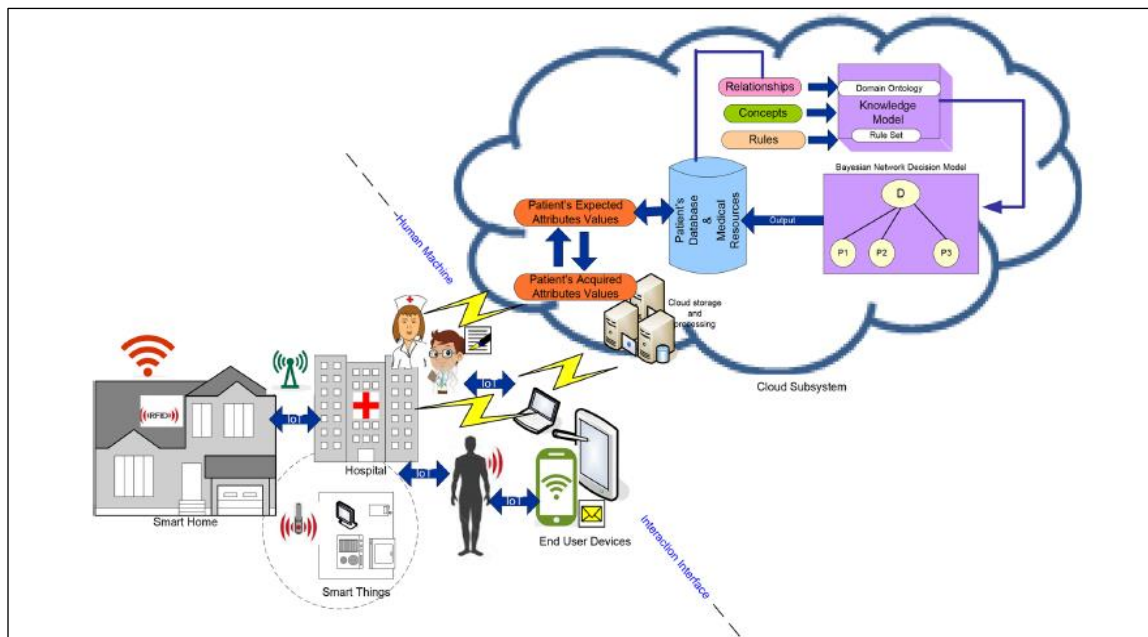
Por otra parte, en los artículos “Tailored and Adaptive Computerized Cognitive Training in Older Adults at Risk for Dementia: A Randomized Controlled Trial” y “Using Computer Tablets to Improve Moods for Older Adults With Dementia and Interactions With Their Caregivers: Pilot Intervention Study” se realizaron estudios utilizando aplicaciones móviles para la realización de tareas asociadas a la estimulación cognitiva y mejorar el estado de ánimo de los pacientes con algún tipo de demencia. Como resultados del primer estudio, se obtuvieron mejoras en distintas habilidades cognitivas de pacientes que presentan un deterioro leve, mientras que, en el segundo estudio se pudo concluir que el uso de tabletas y aplicaciones móviles funcionan como un tratamiento alternativo para mejorar el estado de animo de pacientes.

2.3 CLOUD COMPUTING

International Business Machines Corporation (IBM), empresa de tecnología y consultoría, señala lo siguiente, acerca del término “Cloud Computing: la definición consiste en el suministro de recursos informáticos a petición, desde aplicaciones hasta centros de datos, a través de Internet y con un modelo de pago según uso” (IBM, 2020). Entre las diversas características de Cloud Computing, destacan la flexibilidad de recursos, pago por uso y la disponibilidad que otorga. Esto ha permitido el despliegue de soluciones que se encuentran orientadas al uso de dispositivos móviles como wearables con la finalidad de establecer un monitoreo constante. Por ejemplo, en el artículo “IC-SMART: IoTCloud enabled Seamless Monitoring for Alzheimer Diagnosis and Rehabilitation SysTem” se desarrolló un sistema de monitoreo de pacientes con la enfermedad de Alzheimer haciendo uso de sensores RFID (ver figura 4). Los datos recopilados se expusieron mediante una interfaz de usuario. Asimismo, se hizo uso de Weka en su versión 3.6 para el uso de servicios de aprendizaje automático y minería de datos. Adicionalmente, como parte del soporte en nube, se hizo uso

de Amazon EC2 y para el soporte de base de datos se usó Mongo DB. Las principales funciones que se usaron fueron la mensajería, generación de alarmas en tiempos reales e históricos y la asistencia basada en la navegación del paciente. Las pruebas de concepto del sistema se realizaron con cuatro grupos de personas donde se evaluó el rendimiento del sistema en función de cuatro parámetros: facilidad de uso, legibilidad, conveniencia y precisión de información.

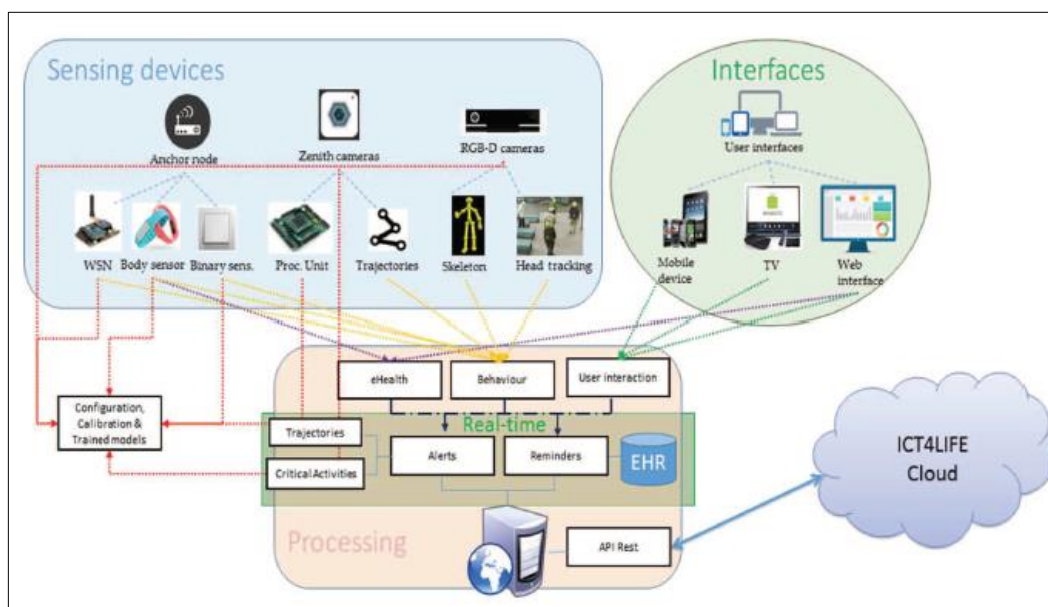
Figura 4: Arquitectura propuesta IC-SMART para la detección y tratamiento de la enfermedad de Alzheimer



Fuente: IC-SMART: IoTCloud enabled Seamless Monitoring for Alzheimer Diagnosis and Rehabilitation SysTem

Por otra parte, en el artículo “Behavior Analysis through Multimodal Sensing for Care of Parkinson’s and Alzheimer’s Patients” se realizó un análisis del comportamiento de pacientes con Parkinson y Alzheimer por medio de dispositivos no invasivos como cámaras de vigilancia que se instalaron en el interior de una casa (ver figura 5). La finalidad de este sistema de cámaras fue encontrar patrones de comportamientos en pacientes con estas patologías. Como parte del soporte cloud se usó ICT4LIFE para el despliegue de los servicios API. Las pruebas realizadas permitieron identificar la precisión (98.4%) para diferenciar los comportamientos anormales de los regulares.

Figura 5: Arquitectura del subsistema de seguimiento de salud.



Fuente: Behavior Analysis through Multimodal Sensing for Care of Parkinson's and Alzheimer's Patients

3 APORTE

3.1 DESCRIPCIÓN DEL APORTE

El aporte principal del proyecto se enfocó en reducir los costos y tiempos incurridos durante el proceso de monitoreo de la enfermedad de Alzheimer, empleando la tecnología (aplicación web, aplicación móvil y wearable). En el cual las variables que se consideraron para la medición de los signos vitales del paciente con Alzheimer, fueron: la presión arterial, oxigenación y estado del sueño.

3.2 RESULTADO CONCRETO DE LA PROPUESTA

Esta solución tecnológica propuesta se enfoca en optimizar los costos y tiempos empleados en el proceso de monitoreo de la enfermedad de Alzheimer. Esta optimización se refleja en los resultados obtenidos en las validaciones realizadas con especialistas médicos y cuidadores de pacientes con Alzheimer. Por ejemplo: al utilizar el proyecto en la fase moderada identificamos que los costos de trasladarse al centro médico para la atención del paciente disminuyen en su totalidad, debido a que esta atención ahora se realiza de manera virtual (Ver tabla 1 adjunta).

Tabla 1: Indicadores de costos de la encuesta pre validación y post validación

| Fase inicial | Pre validación | Post validación | Resultado final |
|--|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Servicio de emergencia | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| Costos de traslados al centro médico para la atención del paciente | 50.00% | 0.00% | -50.00% |
| Servicios de cuidado | 50.00% | 100.00% | +50.00% |
| Fase moderada | Pre validación | Post validación | Resultado final |
| Servicio de emergencia | 31.00% | 20.00% | 11.00% |
| Costos de traslados al centro médico para la atención del paciente | 38.00% | 0.00% | -38.00% |
| Servicios de cuidado | 31.00% | 80.00% | +49.00% |
| Fase grave | Pre validación | Post validación | Resultado final |
| Servicio de emergencia | 45.00% | 38.00% | 7.00% |
| Costos de traslados al centro médico para la atención del paciente | 10.00% | 0.00% | -10.00% |
| Servicios de cuidado | 45.00% | 62.00% | +17.00% |

Por otro lado, con respecto a la reducción en el tiempo, al comparar las tareas sin utilizar la solución móvil, web y el wearable se realizan aproximadamente en un rango superior a los 20 minutos, sin embargo, al utilizar las soluciones indicadas anteriormente, el tiempo se reduce aproximadamente a 19 minutos. Por ejemplo: al utilizar la propuesta planteada identificamos que la tarea de apoyar las actividades de estimulación cognitiva se realizaba anteriormente en aproximadamente en el rango de 21 minutos a más, sin embargo, con la solución propuesta este tipo de tareas se puede realizar en un rango menor a 20 minutos (Ver tabla 2 adjunta)

Tabla 2: Indicadores de tiempo de la encuesta pre validación y post validación

| Tareas asociadas al monitoreo de Alzheimer | Pre validación | | | | Post validación | | | | Resultado final | | | |
|---|-----------------------|---------------|---------------|--------------|------------------------|---------------|---------------|--------------|------------------------|---------------|---------------|--------------|
| | 5min a 10min | 11min a 20min | 21min a 1hora | Más de 1hora | 5min a 10min | 11min a 20min | 21min a 1hora | Más de 1hora | 5min a 10min | 11min a 20min | 21min a 1hora | Más de 1hora |
| Medir la presión arterial y oxigenación | 80% | - | 20% | - | 100% | - | - | - | +20% | - | -20% | - |
| Traslado del paciente a una clínica/hospital para el control médico | - | - | 80% | 20% | 80% | 20% | - | - | +80% | +20% | -80% | -20% |
| Apoyar en actividades de estimulación cognitiva | - | - | 80% | 20% | 60% | 40% | - | - | +60% | +40% | -80% | -20% |
| Apoyar en actividades de ejercicios físicos | - | 20% | 80% | - | 20% | 40% | - | - | +20% | +20% | -40% | - |
| Comunicación con un especialista ante una complicación | - | 60% | 40% | - | 60% | 20% | - | - | +60% | -40% | -20% | - |

3.3 PROPUESTA FUTURA DE INVESTIGACIÓN

A partir de la investigación, se han planteado dos enfoques como parte de la propuesta para una futura investigación. En primer lugar, el diseño de otros dispositivos tecnológicos que permitan la captura de otros datos del paciente como temperatura, nivel de estrés o actividad física, el cual tiene como finalidad establecer un monitoreo general de estado de salud del paciente y brindar una información mas solida al especialista a cargo. Mientras que, el segundo enfoque está relacionado al uso de los datos recopilados por estos dispositivos, para ello, se propone hacer uso de minería de datos, lo cual permitirá la aplicación de métodos estadísticos para identificar patrones en los datos que van recopilando. Cabe precisar, que los patrones mencionados, permitirán que el especialista médico pueda tomar decisiones preventivas antes una complicación del paciente.

4 CONCLUSIONES

En esta investigación se abordó el uso de dispositivos tecnológicos para establecer el monitoreo de pacientes con la enfermedad de Alzheimer, el cual referencia diversos artículos que permitieron identificar diversos dispositivos para la captura de datos como acelerómetros, ubicación del paciente y estimulación cognitiva.

Por tal motivo, el aporte de esta investigación se enfocó en el desarrollo de la solución tecnológica compuesto por una aplicación móvil y web. Los signos vitales que se integraron en esta solución fueron: la presión arterial, oxigenación y estado de sueño. Los resultados obtenidos en las encuestas de pre y post validación, sobre la solución propuesta, permitió observar la reducción de costos y optimización de tiempos en el proceso de monitoreo.

Finalmente, como parte de una futura investigación, se plantea dos enfoques. El primero, abordará el diseño de nuevos dispositivos tecnológicos, mientras que el segundo se relacionará a la exploración de los datos que se capturan de estos dispositivos.

5 REFERENCIAS

Alvarez, F., Popa, M., Hernández-Peñaloza, G., Belmonte-Hernández, A., Asteriadis, S., Vretos, N., Dotti, D (n.d.). Behavior Analysis through Multimodal Sensing for Care of Parkinson's and Alzheimer's Patients. Retrieved from www.computer.org/multimedia

Bahar-Fuchs, A., Webb, S., Bartsch, L., Clare, L., Rebok, G., Cherbuin, N., & Anstey, K. J (2017). Tailored and Adaptive Computerized Cognitive Training in Older Adults at Risk for Dementia: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Alzheimer's Disease*, 60(3), 889–911. <https://doi.org/10.3233/JAD-170404>

CEAFA (n.d). Programa De Estimulación Para Personas Con Alzheimer. Recuperado el 29 de Diciembre 2020, de <https://www.ceafa.es/files/2019/09/programa-de-estimulacion-para-personas-con-alzheimer.pdf>

Chou, H. C (2019). Remote monitoring and control smart floor for detecting falls and wandering patterns in people with dementia. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 36(2), 1323–1331. <https://doi.org/10.3233/JIFS-169903>

Gilson, A., Dodds, D., Kaur, A., Potteiger, M., & Ford, J. H (2019). Using computer tablets to improve moods for older adults with dementia and interactions with their caregivers: Pilot intervention study. *Journal of Medical Internet Research*, 21(9). <https://doi.org/10.2196/14530>

González-Landero, F., García-Magariño, I., Amariglio, R., & Lacuesta, R (2019). Smart cupboard for assessing memory in home environment. *Sensors (Switzerland)*, 19(11). <https://doi.org/10.3390/s19112552>

IBM (n.d) Cloud Computing. Recuperado el 29 de Diciembre 2020, de <https://www.ibm.com/es-es/cloud/learn/cloud-computing>

Inter-American Development Bank (n.d). IOT En ALC 2019: Tomando El Pulso Al Internet De Las Cosas En América Latina Y El Caribe. Recuperado el 29 de Diciembre 2020, de https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/IoT_en_ALC_2019_Tomando_el_pulso_al_Internet_de_las_Cosas_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe_es.pdf

- Kaur, P.D. & Sharma, P. (2020). IC-SMART: IoTCloud enabled Seamless Monitoring for Alzheimer Diagnosis and Rehabilitation SysTem. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11(8), 3387-3403. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01534-5>
- Schaat, S., Koldrack, P., Yordanova, K., Kirste, T., & Teipel, S (2020). Real-Time Detection of Spatial Disorientation in Persons with Mild Cognitive Impairment and Dementia. *Gerontology*, 66(1), 85–94. <https://doi.org/10.1159/000500971>
- Silva, A. R., Pinho, M. S., MacEdo, L., Moulin, C., Caldeira, S., & Firmino, H (2017). It is not only memory: Effects of sensecam on improving well-being in patients with mild Alzheimer disease. *International Psychogeriatrics*, 29(5), 741–754. <https://doi.org/10.1017/S104161021600243X>
- Varatharajan, R., Manogaran, G., Priyan, M. K., & Sundarasekar, R (2018). Wearable sensor devices for early detection of Alzheimer disease using dynamic time warping algorithm. *Cluster Computing*, 21(1), 681–690. <https://doi.org/10.1007/s10586-017-0977-2>