



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería de Sistemas

Creación de un lenguaje de dominio específico (DSL) para la especificación de interacciones humano computador, a través de dispositivos de captura de movimiento, en soluciones tecnológicas para entrenamiento cognitivo orientadas al adulto mayor.

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero de Sistemas

Autor:

Brian Tyler Mora Aguirre

CI: 0105686737

brianmoraa@gmail.com

Tutora:

Ing. Irene Priscila Cedillo Orellana, PhD.

CI: 0102815842

Cuenca-Ecuador
13 de agosto del 2021



RESUMEN

En los últimos años la población de adultos mayores ha aumentado significativamente, debido al incremento en la expectativa de vida de las personas, lo cual ha generado la necesidad de cuidado y asistencia hacia este sector de la sociedad. En este sentido ha tomado gran relevancia el uso de nuevas tecnologías que aporten significativamente a la mejora de la calidad de vida de los adultos mayores. Además de brindar al adulto mayor de prolongar el periodo de autovalencia frente a tareas de la vida cotidiana, incluyendo también a personas con discapacidades físicas y cognitivas, tanto dentro como fuera de su hogar, así como en centros de cuidado especializados.

En este sentido nace la inteligencia ambiental (Aml), en la cual las personas toman control de sus tareas a través de un entorno digital que no solo es consciente de su presencia, sino que, responde a sus necesidades; esta área del conocimiento ha sido creada para ayudar a los adultos mayores con las actividades de su vida diaria mediante el uso de dispositivos inteligentes y servicios, además de permitir la monitorización al personal de salud encargado de su cuidado.

Varias investigaciones respaldan la construcción de sistemas para el apoyo y soporte para adultos mayores, por tal razón, se usan los ambientes de vida asistida por el entorno (AAL) que tienen como objetivo apoyar a la mejora de la situación y calidad de vida de las personas en su entorno ya sea familiar o casa asistencial, aumentando su autonomía usando dispositivos inteligentes. Los sistemas AAL proporcionan un ecosistema de sensores médicos y ambientales que están interconectados para intercambiar datos y proporcionar servicios.

Para tratar de minimizar las dificultades que presentan los adultos mayores, es importante contar con herramientas tecnológicas que faciliten las actividades de su entorno; por esta razón, se crean componentes físicos y digitales. En este contexto, los Lenguajes de Dominio Específico (*Domain Specific Language - DSL*) permiten especificar las necesidades del experto del dominio a través de una herramienta gráfica con la suficiente semántica. Además, de hacer uso de dispositivos de captura de movimiento que se integran dentro de la estructura del DSL e interacciones que, en este caso específico pueden contribuir favorablemente en la representación de los elementos constitutivos de un entorno AAL para adultos mayores.

En consecuencia, este trabajo de titulación presenta el desafío de crear un lenguaje de dominio específico (DSL) que haga uso de dispositivos de captura de movimiento (MoCap)



y que, a la vez realice rehabilitación de personas con problemas de movilidad total o parcial, física o cognitiva, utilizando interacciones o gestos como una forma natural de comunicación no invasiva para los pacientes.

Además, se ofrece un juego serio a modo de aplicativo producto de la instanciación del modelo creado a partir del DSL-MoCap, cuyo objetivo es la educación y el entrenamiento usando diferentes formas de comunicación e interacción.

Finalmente, el DSL y el juego serio son evaluados mediante un cuasi experimento y caso de estudio respectivamente aplicando diferentes metodologías que validen su utilidad y aplicabilidad, analizando la percepción de uso por parte de expertos del dominio y pacientes; cuyos resultados han sido positivos dentro de este proyecto.

Palabras claves: Lenguaje de dominio específico. Dispositivos de captura de movimiento. Ambientes de vida asistida. Interacción humano computador.



ABSTRACT

In recent years, the elderly population has increased significantly, due to the increase in people's life expectancy, which has generated the need for care and assistance to this sector of society. In this sense, the use of new technologies that significantly contribute to improving the quality of life of older adults has taken on great relevance. In addition to providing the elderly with prolonging the period of self-sufficiency in the face of daily life tasks, also including people with physical and cognitive disabilities, both inside and outside their home, as well as in specialized care centers.

In this sense, environmental intelligence (Aml) is born, in which people take control of their tasks through a digital environment that is not only aware of their presence, but also responds to their needs; This area of knowledge has been created to help older adults with the activities of their daily life through the use of smart devices and services, in addition to allowing the health personnel in charge of their care to monitor them.

Several investigations support the construction of support and support systems for older adults, for this reason, environment-assisted living environments (AAL) are used, which aim to support the improvement of the situation and quality of life of the elderly. people in their environment, whether family or nursing home, increasing their autonomy using smart devices. AAL systems provide an ecosystem of medical and environmental sensors that are interconnected to exchange data and provide services.

To try to minimize the difficulties that older adults present, it is important to have technological tools that facilitate the activities in their environment; for this reason, physical and digital components are created. In this context, Domain Specific Language (DSL) allows specifying the needs of the domain expert through a graphical tool with sufficient semantics. In addition, to make use of motion capture devices that are integrated into the DSL structure and interactions that, in this specific case, can contribute favorably to the representation of the constituent elements of an AAL environment for older adults.

Consequently, this degree work presents the challenge of creating a domain-specific language (DSL) that makes use of motion capture devices (MoCap) and that at the same time performs rehabilitation of people with total or partial mobility problems, physical or cognitive, using interactions or gestures as a natural form of non-invasive communication for patients.



In addition, a serious game is offered as an application product of the instantiation of the model created from the DSL-MoCap, whose objective is education and training using different forms of communication and interaction.

Finally, DSL and serious game are evaluated through a quasi-experiment and case study, respectively, applying different methodologies that validate their utility and applicability, analyzing the perception of use by domain experts and patients in the case of serious game; whose results have been positive within this project.

Keywords: Domain specific language. Motion capture devices. Assisted living environments. Human computer interaction.



ÍNDICE

CAPÍTULO 1	16
1. INTRODUCCIÓN	16
1.1 Motivación y contexto	16
1.2 Planteamiento del Problema	19
1.3 Solución Propuesta.....	19
1.4 Hipótesis y Objetivos	20
1.4.1. Hipótesis.....	20
1.4.2. Objetivos.....	20
○ Objetivo General	20
○ Objetivos Específicos	21
1.5 Contexto del proyecto	21
1.6 Metodología de la Investigación.....	22
1.7 Estructura del Trabajo.....	23
CAPÍTULO 2	26
2. MARCO TECNOLÓGICO	26
2.1 Inteligencia ambiental	26
2.1.1. Vida asistida por el entorno.....	27
2.2 Interacción Humano-Computador	28
2.2.1. Objetivos de la interacción humano-computador	28
2.2.2. Arquitectura de software de sistemas HCI	29
○ Sistemas HCI unimodales	29
○ Sistemas HCI multimodales.....	29
2.2.3. Paradigmas de interacción.....	30
2.2.4. Modelos cognitivos	30
2.2.5. Ergonomía en HCI	30
○ Diseño centrado en el ser humano para sistemas interactivos	31
○ Principios del diseño centrado en el humano	31
○ Planificación del diseño centrado en el humano.....	33
○ Actividades de diseño centradas en el humano.....	33
○ Guía en interacciones hápticas y táctiles.....	36
2.3 Sistemas de Captura de Movimiento	37



2.3.1.	Gestos	39
2.3.2.	Sistemas e Interfaces para interacción háptica y táctil	40
2.3.3.	Clasificación de los sistemas hápticos según su interacción.....	41
o	Sistemas Kinestésicos.....	41
o	Sistemas Táctiles	42
o	Sistemas Vestibulares	42
2.4	Juegos Serios	42
2.5	Exergames	43
2.6	Lenguaje de Dominio Especifico (DSL).....	44
2.7	Aspectos cognitivos y psicomotrices del adulto mayor	44
2.7.1.	Características cognitivas del adulto mayor	44
2.7.2.	Condiciones psicomotoras del adulto mayor	45
2.8	Niveles de prevención.....	45
CAPÍTULO 3	.....	47
3. ESTADO DEL ARTE	.....	47
3.1	Metodología	47
3.2	Etapa de planificación.....	47
3.2.1	Preguntas y sub-preguntas de investigación.....	48
3.2.2	Estrategia de búsqueda	48
3.2.3	Cadena de búsqueda.....	49
3.2.4	Periodo de búsqueda.....	50
3.2.5	Estrategia de extracción de datos	51
3.3	Etapa de ejecución	53
3.3.1	Selección de estudios primarios.....	53
3.3.2	Aseguramiento de calidad.....	54
3.4	Etapa de reporte	56
3.4.1	Porcentajes individuales	56
3.4.2.	Comparación de criterios	61
3.4.3.	Discusión	64
3.5	Discusión de resultados	66
CAPÍTULO 4	.....	68
4. SELECCIÓN DE INTERACCIONES Y DISEÑO DEL DSL	.....	68



4.1	Introducción	68
4.2	Conjunto de interacciones.....	69
4.3	Dispositivos de captura de movimiento	70
4.4	Planteamiento del problema	71
4.5	Metamodelo MoCap.....	71
4.6	DSL MoCap	72
CAPÍTULO 5		76
5. EVALUACIÓN DEL ESTUDIO DE CASO: STROOP GAME.....		76
5.1	Stroop Game	76
5.2	DSL aplicado al juego serio	77
5.3	Desarrollo del juego serio	78
5.4	Caso de estudio.....	81
5.4.1.	Diseño	81
5.4.2.	Consideraciones éticas.....	82
5.4.3.	Preparación para la recolección de datos	82
5.4.4.	Recolección de evidencia	84
5.4.5.	Análisis de los datos recopilados y presentación de informes.....	84
5.4.6.	Análisis de amenazas a la validez	85
5.5	Discusión de resultados	86
CAPÍTULO 6		87
6. EVALUACIÓN DEL CUASIEXPERIMENTO: DSL-MoCap		87
6.1	Modelos teóricos de evaluación	87
6.1.1.	Modelo de evaluación de entendibilidad y correctitud	88
6.2	Cuasiexperimento dirigido a ingenieros de software	89
6.2.1.	Adaptación del modelo de evaluación.....	89
6.2.2.	Definición del alcance	92
6.2.3.	Planificación del cuasiexperimento	94
6.2.4.	Ejecución y análisis del cuasiexperimento	95
6.2.5.	Resultados de la Evaluación.....	101
6.2.6.	Resumen de aceptación de las hipótesis	109
6.3	Discusión	110
6.4	Amenazas a la validez	112



6.5	Discusión de resultados	114
CAPÍTULO 7	.....	115
7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	.....	115
7.1	Conclusiones	115
7.1.1.	Objetivo general.....	115
7.1.2.	Objetivos específicos	116
7.2	Trabajo futuro	118
7.3	Difusión de resultados	119
7.3.1.	Artículo científico sobre la revisión sistemática	119
7.3.2.	Artículo científico sobre el caso de estudio orientado a adultos mayores.....	119
7.3.3.	Artículo científico sobre la creación de un modelo de calidad aplicado al DSL propuesto.....	119
8. APÉNDICES	.....	120
REFERENCIAS	.....	145



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tipos de discapacidad de personas en Ecuador (CONADIS, 2020).....	17
Figura 1.2 Tipos de discapacidad de adultos mayores en Ecuador (CONADIS, 2020).....	17
Figura 1.3 Metodología de la investigación. Fuente: Elaboración propia.....	23
Figura 1.4 Estructura del trabajo de titulación. Fuente: Elaboración Propia.....	24
Figura 2.1 Aplicaciones de los sistemas de captura de movimiento. Fuente: Elaboración propia.....	38
Figura 2.2 Clasificación de Gestos basados en HCI (Karam & Schraefel, 2005).....	39
Figura 2.3 Componentes hápticos. Fuente: Elaboración Propia.....	41
Figura 2.4 Diferencias entre juegos de entrenamiento y juegos serios (Susi et al., 2007) ...	43
Figura 3.1 Porcentaje de clasificación de dispositivos hápticos RQ1. Fuente: Elaboración propia.....	57
Figura 3.2 Porcentaje de clasificación de Sistemas cognitivos de interacción RQ2. Fuente: Elaboración propia	58
Figura 3.3 Porcentaje de clasificación de Tipos de aplicaciones de software RQ3. Fuente: Elaboración propia	60
Figura 3.4 Porcentaje de clasificación de Tipos de validación RQ4. Fuente: Elaboración propia	61
Figura 3.5 Comparación entre EC4: tipo de aplicaciones de software con EC1: dispositivos rastreadores de movimiento y EC2: subsistemas cognitivos interactivos. Fuente: Elaboración propia.....	62
Figura 3.6 Comparación entre EC1: dispositivos de seguimiento de movimiento con EC7: nivel de prevención, EC8: enfermedades cognitivas, EC9: enfermedades físicas y EC11: validación. Fuente: Elaboración propia	63
Figura 3.7 Cantidad de estudios por año de publicación. Fuente: Elaboración propia.....	64
Figura 4.1 Metamodelo MoCap. Fuente: Elaboración propia.....	72
Figura 4.2 Paleta de componentes del DSL. Fuente: Elaboración propia.....	73
Figura 4.3 Representación del Modelo DSL-MoCap en AAL. Fuente: Elaboración propia ..	75
Figura 5.1 Representación del DSL en AAL para segundo nivel de Aplicación "Tarea Stroop". Fuente: Elaboración propia	78
Figura 5.2 Tipos de interacción: Escrita, Acústica, Visual. Fuente: Elaboración propia	78
Figura 5.3 Pantalla de inicio. Fuente: Elaboración propia.....	79
Figura 5.4 Pantalla de registro. Fuente: Elaboración propia.....	79
Figura 5.5 Pantalla de indicaciones. Fuente: Elaboración propia	80



Figura 5.6 Pantalla del primer nivel. Fuente: Elaboración propia.....	80
Figura 5.7 Pantalla del segundo nivel. Fuente: Elaboración propia	81
Figura 5.8 Método único, holístico. Fuente: Elaboración propia	82
Figura 6.1 Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM). Fuente: (Davis, 1985)	83
Figura 5.9 Participación de adulto mayor en el caso de estudio. Fuente: Elaboración propia.	84
Figura 5.10 Resultados del caso de estudio: percepción del usuario. Fuente: Elaboración propia.....	84
Figura 6.2 Método de Evaluación de Entendibilidad y Correctitud. Fuente: (Moody, 2001). 88	
Figura 6.3 Distribución de preguntas del cuestionario aplicado al cuasiexperimento. Fuente: Elaboración propia.	91
Figura 6.4 Diagrama de cajas y bigotes para las variables PEOU, PU, e ITU. Fuente: Elaboración propia.	96
Figura 6.5 Pregunta 1 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia.....	102
Figura 6.6 Pregunta 2 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia.....	103
Figura 6.7 Pregunta 3 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia.....	103
Figura 6.8 Pregunta 4 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia.....	104
Figura 6.9 Pregunta 5 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia.....	104
Figura 6.10 Pregunta 6 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia.....	105
Figura 6.11 Pregunta 7 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia.....	105
Figura 6.12 Pregunta 8 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia.....	106
Figura 6.13 Pregunta 9 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia.....	106
Figura 6.14 Pregunta 10 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia.....	107
Figura 6.15 Pregunta 11 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia.....	108



Figura 6.16 Pregunta 12 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia..... 108

Figura 6.17 Pregunta 13 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia..... 109

Figura 6.18 Pregunta 14 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia..... 109

Figura 6.19 Conclusiones de la evaluación al DSL-MoCap. Fuente: Elaboración propia... 112



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Conferencias en Búsquedas Manuales. Fuente: Elaboración propia	49
Tabla 3.2 Cadena de búsqueda para búsquedas automáticas. Fuente: Elaboración propia	50
Tabla 3.3 Estrategia de extracción de datos. Fuente: Elaboración propia	52
Tabla 3.4 Número de estudios primarios obtenidos en el proceso de selección. Fuente: Elaboración propia	54
Tabla 3.5 Porcentajes individuales para criterios de extracción de RQ1. Fuente: Elaboración propia.....	57
Tabla 3.6 Porcentajes individuales para criterios de extracción de RQ2. Fuente: Elaboración propia.....	58
Tabla 3.7 Porcentajes individuales para criterios de extracción de RQ3. Fuente: Elaboración propia.....	59
Tabla 3.8 Porcentajes individuales para criterios de extracción de RQ4. Fuente: Elaboración propia.....	60
Tabla 4.1 Conjunto de interacciones. Fuente: Elaboración propia.....	70
Tabla 4.2 Descripción de los componentes del DSL-MoCap. Fuente: Elaboración propia ..	75
Tabla 5.1 Cuestionario Preguntas TAM. Fuente: Elaboración propia	83
Tabla 6.1 Cuestionario para medir las variables de percepción. Fuente: Elaboración propia	92
Tabla 6.2 Pregunta Abierta. Fuente: Elaboración propia.	92
Tabla 6.3 Meta del cuasiexperimento. Fuente: Elaboración propia.	93
Tabla 6.4 Variables dependientes basadas en la percepción. Fuente: Elaboración propia..	95
Tabla 6.5 Variables dependientes basadas en el rendimiento. Fuente: Elaboración propia.	95
Tabla 6.6 Estadística descriptiva para las variables basadas en la percepción del usuario.	97
Tabla 6.7 Estadística descriptiva para variables basadas en el Rendimiento del Usuario. Fuente: Elaboración Propia.....	98
Tabla 6.8 Niveles de significancia. Fuente: (Moody, 2001).....	98
Tabla 6.9 Regresión Simple entre la Eficiencia Actual y la Facilidad de Uso Percibida. Fuente: Elaboración propia	99
Tabla 6.10 Regresión Simple entre la Eficiencia Actual y la Facilidad de Uso Percibida. Fuente: Elaboración propia	99
Tabla 6.11 Regresión Simple entre la Facilidad de Uso Percibida y la Utilidad Percibida. Fuente: Elaboración propia	100



Tabla 6.12 Regresión Simple entre la Facilidad de Uso Percibida y la Intención de Uso. Fuente: Elaboración propia	100
Tabla 6.13 Regresión Simple entre la Intención de Uso y la Utilidad Percibida. Fuente: Elaboración propia	101
Tabla 6.14 Tabla de resumen de estadísticos descriptivos. Fuente: Elaboración Propia...	102
Tabla 6.15 Tabla resumen de aceptación y rechazo de hipótesis del cuasi experimento. Fuente: Elaboración propia	110



CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Brian Tyler Mora Aguirre en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Creación de un lenguaje de dominio específico (DSL) para la especificación de interacciones humano computador, a través de dispositivos de captura de movimiento, en soluciones tecnológicas para entrenamiento cognitivo orientadas al adulto mayor", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 13 de agosto de 2021

Brian Tyler Mora Aguirre

C.I: 0105686737



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Cláusula de Propiedad Intelectual

Brian Tyler Mora Aguirre, autor/a del trabajo de titulación "Creación de un lenguaje de dominio específico (DSL) para la especificación de interacciones humano-computador, a través de dispositivos de captura de movimiento, en soluciones tecnológicas para entrenamiento cognitivo orientadas al adulto mayor", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 13 de agosto de 2021

Brian Tyler Mora Aguirre

C.I: 0105686737



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Los adultos mayores, requieren soluciones que los asistan en sus actividades cotidianas dentro y fuera del hogar (O'Grady et al., 2010); es por eso que, en este capítulo, mediante la motivación y contexto del proyecto, se dan a conocer algunas consideraciones que abordan esta problemática. Se presenta, además, una descripción de la solución propuesta, la hipótesis y los objetivos de investigación que persigue este trabajo. Además, se contextualiza el proyecto, la metodología de investigación a seguir, y finalmente se muestra un breve resumen de la estructura de este documento.

1.1 Motivación y contexto

Según la Organización Panamericana de Salud (Pan American Health Organization, 2017), entre los años 2000 y 2050, la población con edad igual o superior a los 60 años se duplicará mundialmente y, en Latinoamérica entre 2025 y 2030 la esperanza de vida aumentará en hombres y mujeres llegando a los 80.7 años y 74.9 años respectivamente; además, en países como Estados Unidos y Canadá la expectativa de vida crecerá también.

Este cambio demográfico se debe al decreciente número de nacimientos, lo cual ha impactado fuertemente aspectos vitales de las sociedades tales como la seguridad social, necesidad de cuidado y asistencia a las personas de la tercera edad, entre otros (Li et al., 2015); por este motivo, el empleo de nuevas tecnologías ha sido considerado un aspecto que contribuye y aporta favorablemente en la mejora de la calidad de vida de estas personas (Sánchez et al., 2007). Un ejemplo de esto son los Ambientes de Vida Asistida por el entorno (*Ambient Assisted Living - AAL*), los cuales tienen un enorme potencial para enfrentar los desafíos de la atención médica, mismos que incorporan inteligencia ambiental en los lugares en los cuales habitan los adultos mayores, a través del uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) (Memon et al., 2014).

Por otra parte, las facultades y destrezas físicas y cognitivas de los adultos mayores se ven disminuidas, hecho que limita su potencial para la interacción con las aplicaciones en estos entornos. Tales inconvenientes provocan que el adulto mayor opte por ciertas formas

de interacción como la comunicación a través del movimiento de sus ojos, el habla, gestos o, en casos extremos, el pensamiento; es decir, los usuarios necesitan nuevas formas de interacción que se adapten a sus condiciones particulares y que les ayuden a superar las barreras físicas y cognitivas que se presentan con el pasar del tiempo (J. Abascal, 2002).

En el Ecuador, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2012), la población de adultos mayores se mantiene en continuo crecimiento y se estimó que, a finales del 2020 llegaría a 1.3 millones de personas (33% más que en el 2010). Además, el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS, 2020), indica que, en el Ecuador existe alrededor de 485.325 personas que poseen algún tipo de discapacidad, ya sea física, intelectual, auditiva, visual o psicológica; de estas personas, 124.641 son adultos mayores. En la Figura 1.1 se puede observar los porcentajes de discapacidad de todas las edades en el Ecuador y en la Figura 1.2 los porcentajes de discapacidad de personas adultas mayores en el Ecuador.

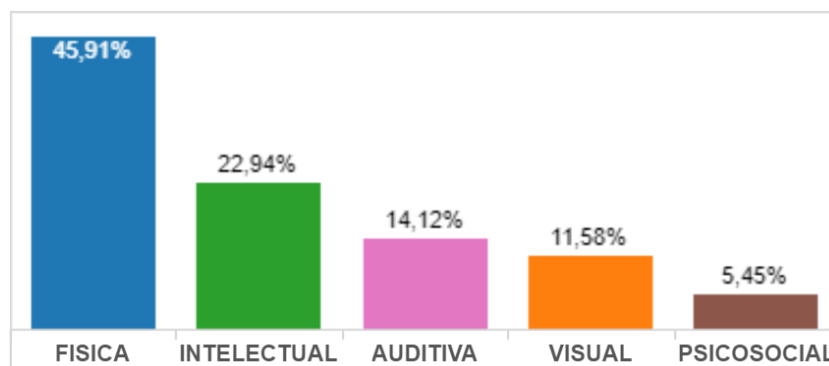


Figura 1.1 Tipos de discapacidad de personas en Ecuador (CONADIS, 2020)

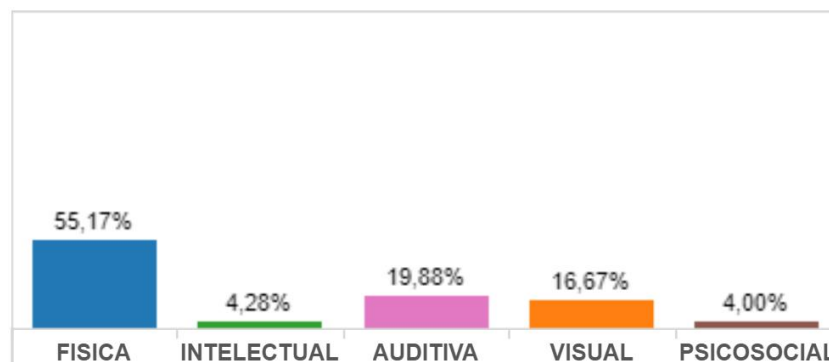


Figura 1.2 Tipos de discapacidad de adultos mayores en Ecuador (CONADIS, 2020)

Para afrontar tal fenómeno y proporcionar una mejor atención a este grupo prioritario, los gobiernos, las organizaciones e industrias sin fines de lucro están promoviendo la implementación de AAL, fomentando que la industria y la academia propongan soluciones



que contemplen la brecha tecnológica existente en nuestra sociedad y que permitan prolongar la vida independiente de los adultos mayores, mejorando así la calidad de vida, tanto del adulto mayor como de sus familiares y cuidadores (Calvaresi et al., 2017; Flórez Revuelta et al., 2008; Sun et al., 2009).

La inclusión de recursos tecnológicos para el diseño y uso de la interacción humano computador (*Human Computer Interaction* - HCI) minimizan la barrera entre el modelo cognitivo humano y, la comprensión de la computadora para cumplir las tareas de los usuarios (Huang, 2009). Estas interacciones, al ser específicas para cada dispositivo, se deben diseñar de tal modo que puedan ser reconocidos como datos de entrada, reconocer estos gestos y movimientos para legitimar la acción y, luego definirlos para expresarse mediante una taxonomía (Lao et al., 2009). De esta manera, es importante contar con herramientas que permitan realizar una especificación orientada al dominio, que haga que los expertos en la materia puedan dar una semántica adecuada y apegada a las necesidades de los usuarios.

En este contexto, los Lenguajes de Dominio Específico (*Domain Specific Language* - DSL) permiten especificar las necesidades del experto del dominio a través de una herramienta gráfica con la suficiente semántica, que en este caso específico pueden contribuir favorablemente en la representación de los elementos constitutivos de un entorno AAL. Por tal, un DSL consiste en un conjunto de metamodelos que a través de una herramienta, proporcionan una sintaxis y una semántica común para representar conceptos y comportamientos en un dominio de aplicación particular (Viana & Santos, 2017). En este ámbito, se han propuesto DSLs que permiten la interacción en juegos para pantallas de gran tamaño, mediante la traducción de señales de rastreo en entradas nativas para sistemas operativos, eliminando así la necesidad de incorporar hardware o software adicional (Liu et al., 2014); incluso, existen DSLs que acortan el tiempo de desarrollo de aplicaciones ubicuas para el cuidado de la salud (Munnely & Clarke, 2008).

El presente trabajo de titulación está enmarcado dentro del proyecto de investigación *“Diseño de arquitecturas y modelos de interacción para ambientes de vida asistida por el entorno orientados a adultos mayores. Caso de estudio: ambientes lúdicos y sociales.”*, el cual busca generar soluciones que aporten al bienestar para este grupo poblacional, mismas que deben estar orientadas a establecer interacciones humano computador para ambientes de vida asistida por el entorno orientadas a adultos mayores, así mismo diseñar modelos de interacción alineados con estándares y recomendaciones internacionales, y finalmente validar la solución propuesta a través de un caso de estudio basado en una aplicación específica de interacción en ambientes lúdicos y sociales.



1.2 Planteamiento del Problema

La necesidad de proveer a las personas aplicaciones y/o dispositivos que hagan su vida más cómoda sin importar la brecha tecnológica, es una de las prioridades al momento de crear o desarrollar sistemas para ambientes de vida asistida por el entorno (Sun et al., 2009). Los sistemas desarrollados para los AAL serán el medio por el cual interactúen el usuario y el ambiente; y para que esta interacción se dé, se pueden utilizar entre otros, dispositivos de captura de movimiento (Iwata, 2008) que reaccionen bilateralmente frente a estímulos provenientes de los órganos sensoriales (Hatzfeld & Kern, 2014). Por tal razón, se hace necesaria la creación de soluciones que a través de la tecnología, sirvan de soporte para mejorar la independencia de las personas con su entorno de vida (Calvaresi et al., 2017).

Existen aplicaciones y soluciones que además fomentan la actividad física y neuro-cognitiva en personas de edad avanzada; sin embargo, muchas de ellas, no siguen estándares internacionales para diseño de interfaces e interacción basada en gestos. En este contexto, los ingenieros de software, específicamente aquellos orientados a la calidad del producto y en uso, deben asegurar la comodidad y “adherencia” del adulto mayor a las soluciones tecnológicas que se propongan (Imbeault et al., 2011).

Sin embargo, de lo que se ha investigado, no existen DSLs que permitan especificar soluciones para el entrenamiento cognitivo en adultos mayores. Las cuales incluyan las formas de interacción más apropiadas, considerando aspectos como su edad, restricciones de movilidad, entre otros. Y en donde intervengan diversos tipos de dispositivos de captura de movimiento (*Motion Capture* - MoCap) y acciones por parte de estos usuarios.

1.3 Solución Propuesta

El presente trabajo de titulación, busca la creación de un lenguaje de dominio específico que ofrezca la semántica necesaria para plasmar las mejores interacciones desde el punto de vista del experto del dominio. Como primera parte de este trabajo, se propone realizar un estudio del estado del arte que condense estudios primarios relacionados con soluciones tecnológicas que integren interacciones humano computador y que utilicen dispositivos de captura de movimiento, con enfoque en la salud física y cognitiva del adulto mayor, con el fin de recabar aspectos indispensables para la comunicación y el HCI.



Además, de la adaptación de un conjunto de interacciones a manera de caso de estudio, para dos tipos diferentes de dispositivos de captura de movimiento, los cuales serán utilizados para la creación de un DSL mediante dispositivos de captura de movimiento. Dicho conjunto de interacciones, considerará las necesidades propias del adulto mayor y abordará los requerimientos del mismo (este proyecto no busca una elicitación del requisito puesto que se asumirá que ya se han planteado claramente los objetivos de la aplicación o desarrollo tecnológico).

La solución planteada, a manera de demostración, incluirá la adaptación de un conjunto de interacciones en un caso de estudio para un dispositivo MoCap. Cabe señalar, que la creación tecnológica aportará favorablemente a los Ingenieros del Software y personal técnico durante la creación de herramientas que soporten al trabajo del personal del área de la Psicología.

1.4 Hipótesis y Objetivos

A continuación, se definen las hipótesis y los objetivos del trabajo de titulación.

1.4.1. Hipótesis

H0: La utilización de un DSL para la creación de conjuntos de interacciones orientadas al adulto mayor, no provee la suficiente semántica y/o no ayuda al Ingeniero del Software durante el desarrollo de aplicaciones orientadas al entrenamiento cognitivo de los usuarios.

H1: La utilización de un DSL para la creación de conjuntos de interacciones orientadas al adulto mayor, provee la suficiente semántica y/o ayuda al Ingeniero del Software durante el desarrollo de aplicaciones orientadas al entrenamiento cognitivo de los usuarios.

1.4.2. Objetivos

Para el desarrollo de este trabajo de titulación se han definido los siguientes objetivos tanto generales como específicos.

- **Objetivo General**

Crear un Lenguaje de Dominio Específico (DSL) para la especificación de interacciones humano-computador, a través de dispositivos de captura de movimiento, en soluciones tecnológicas para entrenamiento cognitivo orientadas al adulto mayor.



○ **Objetivos Específicos**

1. Realizar un estudio del estado del arte que permita determinar qué tipo de interacciones son usadas por adultos mayores para la evaluación o intervención de las capacidades físicas y cognitivas, los dispositivos que intervienen, las herramientas y soluciones existentes para definición de esas interacciones y los campos de aplicación de las mismas.
2. Seleccionar las interacciones para un tipo de dispositivo de captura de movimiento (p. ej., cámara web) que responda a las necesidades de los adultos mayores.
3. Crear un Lenguaje de Dominio Específico (*Domain Specific Language* - DSL) a partir del desarrollo e instanciación de un metamodelo para la captura de movimiento de adultos mayores.
4. Evaluar el DSL mediante un caso de estudio.

1.5 Contexto del proyecto

Este trabajo de titulación se ha desarrollado en el contexto del proyecto de investigación titulado: “Diseño de arquitecturas y modelos de interacción para ambientes de vida asistida por el entorno orientados a adultos mayores. Caso de estudio: ambientes lúdicos y sociales”, ganador de la XVIII convocatoria de proyectos de la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca, dirigido por la Dra. Priscila Cedillo. Este proyecto integra personal de distintas áreas del conocimiento:

Áreas de conocimiento según, Organization for Economic Co-operation and Development (2002):

1. Ciencias Naturales y Exactas
 - 1.2 Informática y Ciencias de la Información
2. Ingeniería y tecnología
 - 2.2 Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica, Ingeniería de la información
 - 2.2.4. Ingeniería de la comunicación y de sistemas
 - 2.2.5. Telecomunicaciones
5. Ciencias Sociales
 - 5.1. Psicología y Ciencias cognitivas
 - 5.1.1. Psicología (incluyendo humanos, las relaciones con las máquinas)



1.6 Metodología de la Investigación

A continuación, se especifica la metodología de investigación que tiene una secuencia de pasos que contribuirán al cumplimiento de los objetivos planteados. Estos pasos son propuestos por Gorschek (2006) (ver Figura 1.3).

- 1. Análisis del problema:** Se comienza evaluando las prácticas actuales, observando las configuraciones de dominio y de negocios, en este caso la interacción humano-computador (HCI) en Ambientes de Vida Asistidos (AAL), e identifican las demandas impuestas a la industria. La observación del mundo real antes de formular preguntas de investigación es crítica y se analiza las empresas que en la industria desarrollan aplicaciones y sistemas HCI en AAL.
- 2. Formular el problema:** De acuerdo con las necesidades priorizadas e identificadas en el paso anterior, formulamos una agenda de investigación, en estrecha cooperación con las personas de contacto de nuestra industria, objetivos que la investigación persigue, planteamiento de preguntas de investigación y justificación del estudio.
- 3. Revisión del estado del arte:** A través de una revisión sistemática de literatura se realiza el análisis del estado actual de la investigación, mediante la revisión de estudios primarios actuales existentes para determinar los vacíos existentes con respecto al tema. Para esto se siguen los lineamientos propuestos por Kitchenham y Charters (2007), los que tienen como objetivo visibilizar los problemas o necesidades en la investigación de la Ingeniería de Software divididos en tres fases: (i) planificación, (ii) conducción o ejecución de la revisión y (iii) difusión de resultados.
- 4. Solución candidata:** Se propone un conjunto de interacciones humano computador para dispositivos de captura de movimientos. También la creación de un metamodelo que se adapte a los requerimientos para adultos mayores, a continuación, la creación de un Lenguaje de Dominio Específico (DSL) para dispositivos hápticos y finalmente la instanciación de una aplicación que incluya el conjunto de interacciones para entrenamiento físico y cognitivo.
- 5. Entrenamiento:** Se compone de una actividad de tipo incremental, en donde el objetivo es brindar el conocimiento suficiente a los profesionales del área para así generar una vista ampliada de la solución propuesta. Esta solución posteriormente será perfeccionada a través de las distintas actividades de refinamiento.

6. **Validación Inicial:** La validación de la solución propuesta se la realizará conjuntamente con expertos en HCI y expertos del dominio en DSLs, que consiste en presentar el funcionamiento del DSL a través de un ejercicio de entrenamiento, mismo que los expertos deberán replicar usando una herramienta de edición gráfica.
7. **Validación realista:** Se aplica en un entorno real industrial mediante la adaptación de la Guía para la ejecución y reporte de investigaciones de casos de estudio en ingeniería de software de Runeson y Höst (2009).
8. **Liberación de la solución:** Se realiza una evaluación de los resultados obtenidos y se preparan las herramientas y material requerido para su presentación y uso, que se sugieren dentro de los trabajos futuros.

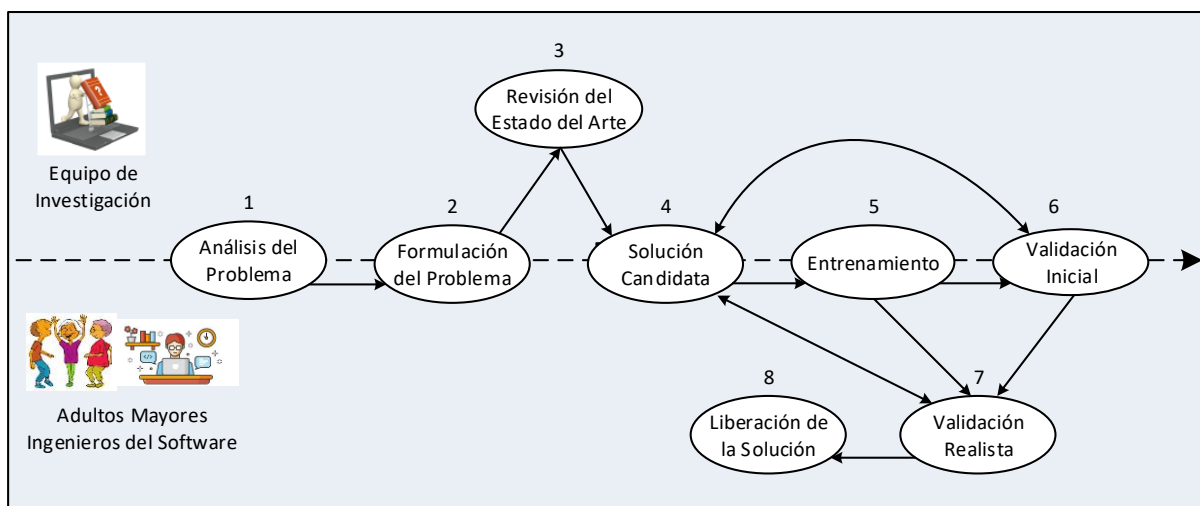


Figura 1.3 Metodología de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

En este trabajo se han solventado las primeras 6 actividades, proponiendo como trabajos futuros las tareas de validación realista y liberación de la solución.

1.7 Estructura del Trabajo

En la Figura 1.4 se observa la estructura de este trabajo, mismo que se compone de 7 capítulos que son: introducción, marco tecnológico, estado del arte, selección de interacciones y diseño del DSL, evaluación del caso de estudio: *StroopGame*, evaluación del cuasiexperimento: DSL-MoCap y, conclusiones y trabajo futuro.

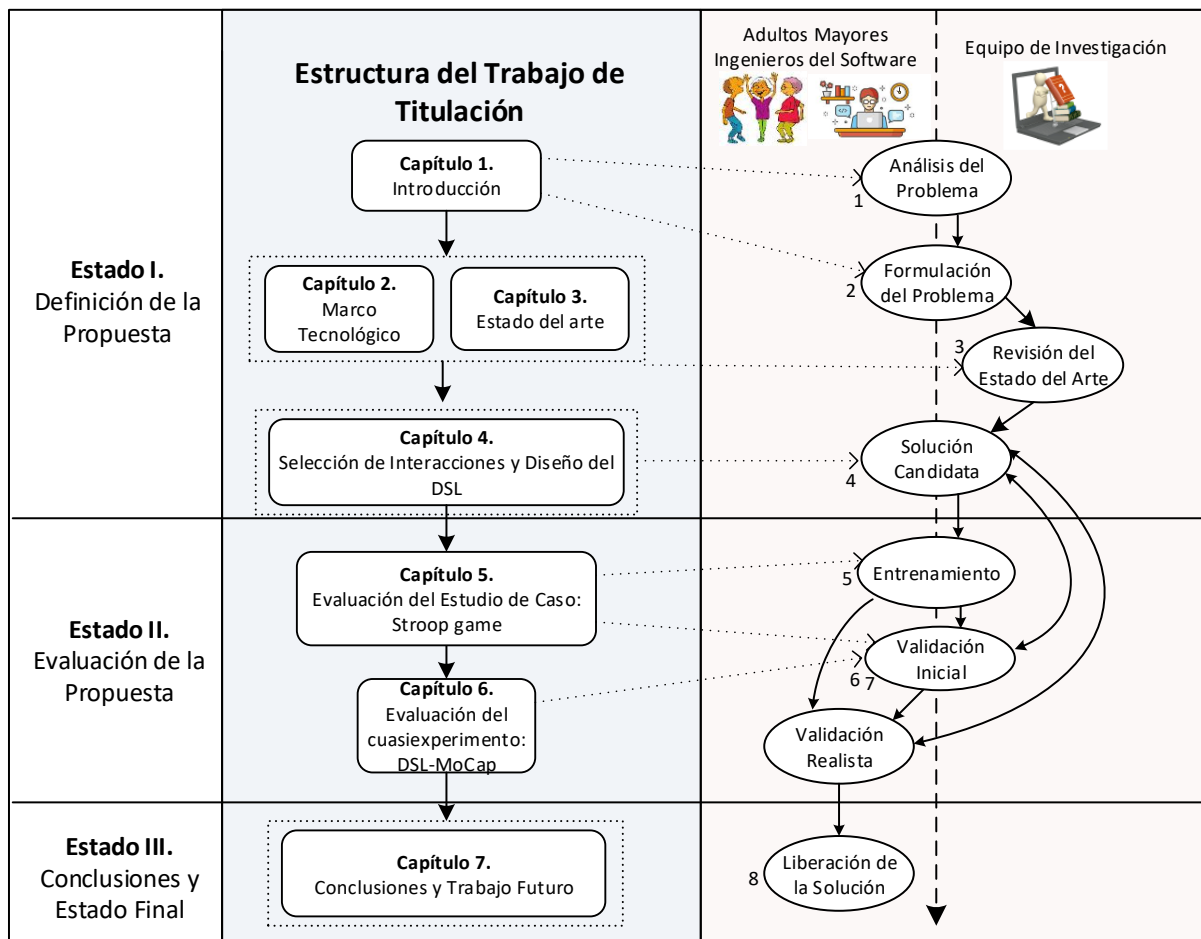


Figura 1.4 Estructura del trabajo de titulación. Fuente: Elaboración Propia

- **Capítulo 1: Introducción**

Se presenta la motivación y contexto, planteamiento del problema, solución propuesta, hipótesis, objetivo general y específicos, contexto del proyecto, metodología de investigación, estructura del trabajo y aporte científico.

- **Capítulo 2: Marco tecnológico**

Se conceptualizan términos importantes necesarios para una correcta comprensión de la presente investigación como son ambientes de vida asistidos por el entorno, la interacción humano computador, los sistemas e interfaces hápticas, juegos serios y Aspectos cognitivos y psicomotrices del adulto mayor.

- **Capítulo 3: Estado del Arte**

Se realiza un estudio que presenta a través de un mapeo sistemático de la literatura, que se compone de búsqueda, identificación y análisis de diversos estudios primarios publicados en revistas y conferencias digitales, en dispositivos de captura de



movimiento, las interacciones implementadas y sus tecnologías, y finalmente criterios psicológicos aplicados.

- **Capítulo 4: Selección de Interacciones y diseño del DSL**

En este capítulo se presenta un conjunto de interacciones para captura de movimiento de las partes del cuerpo humano, además, estas interacciones serán compatibles con dispositivos de captura de movimiento. Se incluye, también el diseño del lenguaje de dominio específico (DSL), su metamodelo, y la implementación de una aplicación web basada en el efecto *Stroop* para análisis psicológico que incorpore el conjunto de interacciones planteado.

- **Capítulo 5: Evaluación del caso de estudio: Stroop Game**

En este capítulo se presenta la creación de un juego serio a modo de instanciación del DSL creado en el capítulo anterior, se describe además su funcionalidad aplicada al área de la salud y finalmente su evaluación con pacientes adultos mayores.

- **Capítulo 6: Evaluación del cuasiexperimento: DSL-MoCap**

En este capítulo se presenta el Modelo de Evaluación Tecnológica (TAM) y la evaluación de la entendibilidad y correctitud del requisito plasmado en el DSL, en la cual se empleó un cuestionario con preguntas a los participantes, para posteriormente extraer conclusiones y probar el DSL propuesto.

- **Capítulo 7: Conclusiones y trabajo futuro**

Se presentan los resultados obtenidos en la realización de este trabajo de titulación. Y se proponen trabajos futuros relacionados al presente.

- **Apéndices y Anexos**

Los apéndices contienen todos los documentos extras realizados a lo largo del presente trabajo de titulación.



CAPÍTULO 2

MARCO TECNOLÓGICO

En este capítulo se presenta la relación entre los sistemas de interacción y las intervenciones neurocognitivas con adultos mayores en ambientes de vida asistida por el entorno; así como también la contextualización de las áreas involucradas en este trabajo de titulación, tales como la interacción humano computador y la psicología.

La distribución de este capítulo se realiza de la siguiente manera: en la sección 2.1 se define a la Inteligencia Ambiental (AmI) y los Ambientes de Vida Asistida por el entorno o AAL; la sección 2.2 conceptualiza a la Interacción Hombre-Computador o HCI, paradigmas y estilos de interacción; la sección 2.3 describe los sistemas de captura de movimiento; la sección 2.4 presenta a los juegos serios, tipos de aplicaciones, y géneros en las que se desarrollan; la sección 2.5 explica el concepto de exergames; la sección 2.6 expresa el concepto de Lenguaje de Dominio Específico (DSL); la sección 2.7 expone los aspectos cognitivos y psicomotrices del adulto mayor, tipos de intervenciones, clasificación según su objetivo y tipos de terapias; finalmente la sección 2.8 determina el significado de los niveles de prevención.

2.1 Inteligencia ambiental

La inteligencia ambiental (AmI) es un paradigma nuevo en tecnología de la información (TI), en el que las personas toman control a través de un entorno digital que no solo es consciente de su presencia, sino que es sensible, adaptativo y responde a sus necesidades, hábitos, gestos, etc. (Costa et al., 2009). La inteligencia ambiental es una tecnología para ayudar a los adultos mayores con su vida diaria haciendo uso de dispositivos inteligentes y servicios, además que el monitoreo de los adultos mayores brinda retroalimentación a quienes cuidan de ellos (Keng et al., 2018).

Hay varios usos para un entorno inteligente, como la automatización de aspectos de nuestra vida, el aumento de la productividad en el trabajo, personalizar las experiencias de compra y el cumplimiento de todas estas tareas, así como también mejorar el uso de recursos como el agua y la electricidad (Cook et al., 2009). En los sistemas AmI, la conciencia del



contexto involucra factores tales como interfaces de iniciativa mixta, adaptación a usuarios y situaciones, aprendizaje observando a los usuarios, conciencia de la situación actual e inteligencia escalable (Ramos et al., 2008).

2.1.1. Vida asistida por el entorno

Los ambientes de vida asistida por el entorno apoyan a las personas en su hogar, comunidades y lugares de trabajo (O'Grady et al., 2010), tienen como objetivo apoyar a la mejora de la situación y calidad de vida de las personas mayores en su entorno familiar, aumentan su autonomía y les ayudan a realizar actividades de la vida cotidiana haciendo uso de productos inteligentes y la prestación de servicios remotos, incluidos los servicios de atención (Sun et al., 2009), además de reducir los costos de la salud y la atención social (AAL Association, 2018). Los sistemas AAL proporcionan un ecosistema de sensores médicos, redes inalámbricas de sensores y actuadores (WSAN), hardware informático, redes informáticas, aplicaciones de software y bases de datos, que están interconectados para intercambiar datos y proporcionar servicios en un entorno con asistencia ambiental (Memon et al., 2014).

En Ecuador, según los datos del Instituto de Estadísticas y Censos (INEC), la población de adultos mayores se mantiene en continuo crecimiento y se estimó que a finales del 2020 llegaría a 1.3 millones, resultando en un 33% más que en el 2010 (INEC, 2012). Para enfrentar tal crecimiento, los gobiernos nacionales, las organizaciones e industrias sin fines de lucro están promoviendo la era de los Ambientes de Vida Asistida por el Entorno (AAL), fomentando que los institutos de investigación y las compañías propongan soluciones que puedan extender el tiempo que las personas pueden vivir independientemente en su entorno (Calvaresi et al., 2017).

En este aspecto se recalca que los sistemas de AAL basados en soluciones de visión por computadora, ingeniería del software, interacción humano computador (*Human Computer Interaction* - HCI), entre otros paradigmas, herramientas y tecnologías, pueden apoyar el monitoreo del estado de salud del paciente para el manejo de enfermedades crónicas y terapias de rehabilitación, así como también prevenir enfermedades y mejorar el bienestar individual a través de un estilo de vida saludable (Colantonio et al., 2018).



2.2 Interacción Humano-Computador

La interacción humano-computador (HCI), está relacionada con el análisis y diseño de sistemas computacionales basados en interacción, visto desde la experiencia y manejo por parte de los usuarios (Carroll & Campbell, 1989). En un proceso de desarrollo, la Interfaz es la parte del sistema que el usuario quiere ver, escuchar o tocar, la interacción se usa generalmente para describir las actividades del usuario (Issa & Isaias, 2015).

Se dispone de dos características o atributos dentro del diseño de HCI: funcionalidad y usabilidad. Estas juegan un rol importante ya que las computadoras deberán entender las instrucciones provistas por los humanos y también deberían producir una salida acorde a sus ingresos (Sinha et al., 2010). Entiéndase como usabilidad al atributo de calidad de la interacción en términos de parámetros como el tiempo de rendimiento de la tarea, cantidad de errores y el tiempo para ser un usuario competente, durante el proceso de diseño (Issa & Isaias, 2015). Mientras que la funcionalidad es el conjunto de acciones o servicios que un sistema proporciona a sus usuarios, cuyo valor de la funcionalidad es visible solo cuando el usuario puede usarlo de forma eficiente (Karray et al., 2008).

Otro campo relacionado es la visión por computador, que en los últimos años se ha centrado en la investigación de la detección y reconocimiento de rostros y gestos con las manos, teniendo aplicación en áreas como teleconferencias, telemedicina e interfaces avanzadas para HCI, los mismos que permiten interactuar con los sistemas, ya que usan una forma natural de cómo nos comunicamos normalmente, y no requieren que el usuario sostenga o manipule físicamente hardware especial (Stephan & Khudayer, 2010).

En la actualidad, un estilo de interacción es específico de cada dispositivo, por tal motivo al momento de construir aplicaciones se debe diseñar conjuntos de interacciones específicas para ser reconocidas como datos de entrada y abarcar todos los posibles gestos, primero analizando como interactuar y reconocer los gestos para legitimar la acción, y luego definir los gestos, resultando en una taxonomía (Lao et al., 2009).

2.2.1. Objetivos de la interacción humano-computador

Si bien HCI tiene como principal objetivo la mejora de la interacción entre usuarios y computadoras, existen otros objetivos específicos (Sinha et al., 2010):

1. Implementar metodologías y procesos de diseño de interfaces.



2. Establecer métodos para implementar interfaces.
3. Establecer técnicas para evaluar y comparar interfaces.
4. Desarrollar nuevas interfaces y técnicas de interacción.
5. Desarrollar modelos descriptivos y predictivos, y teorías de interacción.

2.2.2. Arquitectura de software de sistemas HCI

A medida de que el tamaño y complejidad de los sistemas de software se incrementa, el problema del diseño va tras los algoritmos y estructuras de datos, por tal motivo, la arquitectura de software contiene los módulos de interconexión de lenguajes, plantillas y frameworks, así como de modelos formales y componentes para mecanismos de integración (Garlan & Shaw, 1993).

○ **Sistemas HCI unimodales**

Las interfaces de comunicación están basadas en un conjunto de entradas y salidas que permiten la interacción entre el usuario y la computadora a través de su interface con canales de comunicación independientes o modalidades. Se denomina unimodal a un sistema que es basado en una modalidad, que basado en su naturaleza se clasifican en (Karray et al., 2008):

1. Basado en lo visual: análisis de expresiones faciales, rastreo de movimiento corporal, reconocimientos gestuales y detección visual.
2. Basado en audio: reconocimiento de voz, análisis emocional auditivo, detección de señas/ruido e interacción musical.
3. Basado en sensor: interacción basada en puntero, mouse y teclado, palanca de mando, sensores de rastreo de movimiento, sensores hápticos, sensores de presión y sensores de gusto y olor.

○ **Sistemas HCI multimodales**

Estos sistemas hacen referencia a la combinación de múltiples modalidades como respuesta a las entradas usadas entre canales de comunicación, que incluyen expresiones de habla, gestos, visual y facial. Al unir varias modalidades permiten obtener una mejor adquisición en los resultados que usando solo una (Karray et al., 2008).



2.2.3. Paradigmas de interacción

Los paradigmas de interacción permiten responder dos preguntas: 1) ¿Cómo puede un sistema interactivo ser desarrollado para asegurar su usabilidad? y 2) ¿Cómo puede la usabilidad de un sistema interactivo ser demostrada o medida?, en este aspecto los sistemas interactivos han servido como guía para desarrollar futuros sistemas (Dix & Finlay, 2004).

2.2.4. Modelos cognitivos

Los modelos y técnicas de interacción representan algún aspecto de comprensión, conocimiento, interacciones o procesamiento del usuario (Dix & Finlay, 2004):

- Los modelos jerárquicos representan la estructura de tareas y objetivos de un usuario.
- Los modelos lingüísticos representan la gramática del sistema usuario.
- Los modelos físicos y de dispositivos representan las habilidades motoras humanas.
- Las arquitecturas cognitivas subyacen a todos estos modelos cognitivos.

2.2.5. Ergonomía en HCI

Cuando se habla de interfaces efectivas, se hace referencia a la mejora de la salud y productividad de los usuarios, al mismo tiempo la mejora de la calidad y reducción del costo que implica su uso. Estas interfaces requieren de principios ergonómicos, estándares y criterios de evaluación para mejores prácticas (ILO Content Manager, 2011). Los estándares ergonómicos además de proporcionar consistencia e interoperabilidad, buscan ayudar con la mejora de la usabilidad (efectividad, reducir errores, rendimiento y comodidad), para el bienestar de los usuarios, además de proporcionar una base para el análisis, diseño, evaluación, adquisición y arbitraje en temas de comercio internacional (Erp et al., 2006).

Estos estándares están presentes en la ISO 9241: Ergonomía de interacción humano-sistema (Ergonomics of Human-System Interaction), estructurado en varias series:

- 1 Introduction
- 2 Job design
- 11 Hardware and software usability
- 20 Accessibility and human–system interaction
- 21-99 Reserved numbers
- 100 series: software ergonomics
- 200 series: human system interaction processes



- 300 series: displays and display related hardware
- 400 series: physical input devices - ergonomics principles
- 500 series: workplace ergonomics
- 600 series: environment ergonomics
- 700 series: application domains - Control rooms
- 900 series: tactile and haptic interactions

- **Diseño centrado en el ser humano para sistemas interactivos**

Esta sección de la ISO 9241:210 proporciona requisitos y recomendaciones para los principios y actividades de diseño centrados en el ser humano a lo largo del ciclo de vida de los sistemas interactivos basados en computadora. Está destinado a ser utilizado por aquellos que gestionan los procesos de diseño, y se ocupa de las formas en que los componentes de hardware y software de los sistemas interactivos pueden mejorar la interacción humano-sistema (International Organization for Standardization, 2010).

- **Principios del diseño centrado en el humano**

Proporcionan un marco para el diseño centrado en el ser humano sin asumir algún proceso de diseño en particular, o describir las diferentes actividades necesarias para garantizar un diseño de sistemas efectivos. Son complementarios a las metodologías de diseño existentes y proporciona una perspectiva centrada en el ser humano que puede integrarse en diferentes procesos de diseño y desarrollo de una manera apropiada para el contexto particular:

- **El diseño se basa en una comprensión explícita de los usuarios, las tareas y los entornos:** los productos, sistemas y servicios deben diseñarse para tener en cuenta a las personas que los utilizarán, así como a otros grupos de partes interesadas, incluidos aquellos que podrían verse afectados (directa o indirectamente) por su uso.
- **Los usuarios participan en el diseño y el desarrollo:** involucrar a los usuarios en el diseño y el desarrollo proporciona una valiosa fuente de conocimiento sobre el contexto de uso, las tareas y cómo es probable que los usuarios trabajen con el futuro producto, sistema o servicio. La participación del usuario debe ser activa, ya sea participando en el diseño, actuando como una fuente de datos relevantes o evaluando soluciones.
- **El diseño es impulsado y refinado por la evaluación centrada en el usuario:** la retroalimentación de los usuarios es una fuente crítica de información en el diseño



centrado en el ser humano. Evaluar los diseños con los usuarios y mejorarlos en función de sus comentarios proporciona un medio eficaz para minimizar el riesgo de que un sistema no satisfaga las necesidades de los usuarios o de la organización (incluidos los requisitos que están ocultos o son difíciles de especificar explícitamente).

- **El proceso es iterativo:** la iteración debe usarse para eliminar progresivamente la incertidumbre durante el desarrollo de sistemas interactivos. La iteración implica que las descripciones, especificaciones y prototipos se revisan y refinan cuando se obtiene nueva información para minimizar el riesgo de que el sistema en desarrollo no cumpla con los requisitos del usuario.
- **El diseño aborda toda la experiencia del usuario:** la experiencia del usuario es una consecuencia de la presentación, funcionalidad, rendimiento del sistema, comportamiento interactivo y capacidades de asistencia de un sistema interactivo, tanto de hardware como de software. También es una consecuencia de las experiencias, actitudes, habilidades, hábitos y personalidad previas del usuario. Puede incluir el tipo de aspectos perceptivos y emocionales típicamente asociados con la experiencia del usuario, así como cuestiones como la satisfacción laboral y la eliminación de la monotonía.
- **El equipo de diseño incluye habilidades y perspectivas multidisciplinarias:** los equipos de diseño centrados en el ser humano no tienen que ser grandes, pero el equipo debe ser lo suficientemente diverso como para colaborar en las decisiones de compensación de diseño e implementación en los momentos apropiados. Las siguientes áreas de habilidades y puntos de vista podrían ser necesarias en el equipo de diseño y desarrollo:
 - i. Factores humanos y ergonomía, usabilidad, accesibilidad, interacción humano-computadora, investigación del usuario.
 - ii. Usuarios y otros grupos de partes interesadas (o aquellos que pueden representar sus perspectivas).
 - iii. Experiencia en el dominio de la aplicación, experiencia en la materia.
 - iv. Comercialización, marca, ventas, soporte técnico y mantenimiento, salud y seguridad.
 - v. Interfaz de usuario, diseño visual y de producto.
 - vi. Redacción técnica, capacitación, soporte al usuario.
 - vii. Gestión de usuarios, gestión de servicios y gobierno corporativo.
 - viii. Análisis de negocios, análisis de sistemas.



- ix. Ingeniería de sistemas, ingeniería de hardware y software, programación, producción / fabricación y mantenimiento.
- x. Recursos humanos, sostenibilidad y otras partes interesadas.

- **Planificación del diseño centrado en el humano**

El diseño centrado en el ser humano debe planificarse e integrarse en todas las fases del ciclo de vida del producto, es decir, la concepción, el análisis, el diseño, la implementación, las pruebas y el mantenimiento.

La planificación del diseño centrado en el ser humano incluye:

- Identificar métodos y recursos apropiados para las actividades descritas en el siguiente punto.
- Definir procedimientos para integrar estas actividades y sus resultados con otras actividades de desarrollo del sistema.
- Identificar a las personas y las organizaciones responsables de las actividades de diseño centradas en el ser humano y la gama de habilidades y puntos de vista que proporcionan.
- Desarrollar procedimientos efectivos para establecer retroalimentación y comunicación sobre actividades de diseño centradas en el ser humano, ya que afectan otras actividades de diseño y "compensaciones", y métodos para documentar los resultados de estas actividades.
- Acordar hitos apropiados para actividades centradas en el ser humano que se integren en el proceso general de diseño y desarrollo.
- Acordar plazos adecuados para permitir la iteración, el uso de la retroalimentación y los posibles cambios de diseño que se incorporarán al cronograma del proyecto.

- **Actividades de diseño centradas en el humano**

Una vez que se ha identificado la necesidad de desarrollar un sistema, producto o servicio, y se ha tomado la decisión de utilizar el desarrollo centrado en el ser humano, se llevarán a cabo cuatro actividades de diseño centradas en el ser humano durante el diseño de cualquier sistema interactivo:

- **Comprender y especificar el contexto de uso**

Las características de los usuarios, las tareas y el entorno organizativo, técnico y físico definen el contexto en el que se utiliza el sistema. Es útil recopilar y analizar información sobre el contexto actual para comprender y luego especificar el contexto que se aplicará al sistema



futuro. El análisis de los sistemas existentes o similares (incluidos los sistemas manuales, si corresponde) puede, si aún es válido, proporcionar información sobre una amplia gama de cuestiones de contexto, incluidas las deficiencias y los niveles de referencia de rendimiento y satisfacción. Puede revelar necesidades, problemas y limitaciones que de otro modo podrían pasarse por alto pero que el sistema futuro debe cumplir. Además, algunos aspectos del contexto actual persistirán, incluso si el sistema es altamente novedoso. Si se va a actualizar o mejorar un sistema existente, parte de esta información ya estará disponible. Si hay resultados extensos de los comentarios de los usuarios, informes de la mesa de ayuda y otros datos, estos pueden proporcionar una base para priorizar modificaciones y cambios del sistema.

La descripción del contexto de uso debe incluir lo siguiente:

- i. Los usuarios y otros grupos de partes interesadas.
- ii. Las características de los usuarios o grupos de usuarios.
- iii. Los objetivos y tareas de los usuarios.
- iv. El (los) entorno (s) del sistema.

- **Especificar los requisitos del usuario**

En la mayoría de los proyectos de diseño, identificar las necesidades del usuario y especificar los requisitos funcionales y de otro tipo para el producto o sistema es una actividad importante. Para el diseño centrado en el ser humano, esta actividad se extenderá para crear una declaración explícita de los requisitos del usuario en relación con el contexto de uso previsto y los objetivos comerciales del sistema.

La especificación de los requisitos del usuario debe incluir:

- i. El contexto de uso previsto.
- ii. Requisitos derivados de las necesidades del usuario y el contexto de uso; por ejemplo, podría existir un requisito para que un producto se use en exteriores.
- iii. Los requisitos derivados de la ergonomía relevante y el conocimiento de la interfaz de usuario, los estándares y las pautas (por ejemplo, los requisitos de accesibilidad se encuentran en ISO 9241-20 e ISO 9241-171).
- iv. Requisitos y objetivos de usabilidad, incluidos el rendimiento de usabilidad medible y los criterios de satisfacción en contextos específicos de uso; por ejemplo, un objetivo podría ser que el 90% de los usuarios previstos puedan



desviar con éxito una llamada entrante al correo de voz, o para el diseño estético de una página web para lograr un puntaje de satisfacción del usuario dado.

- v. Requisitos derivados de los requisitos de la organización que afectan directamente al usuario; por ejemplo, un sistema de centro de llamadas puede requerir que las llamadas de los clientes sean respondidas dentro de un marco de tiempo específico.

- **Produciendo soluciones de diseño**

Las decisiones de diseño tienen un gran impacto en la experiencia del usuario. El diseño centrado en el ser humano tiene como objetivo lograr una buena experiencia de usuario al considerarla durante todo el proceso de diseño.

La producción de soluciones de diseño debe incluir las siguientes subactividades:

- i. Diseñar las tareas del usuario, la interacción del sistema del usuario y la interfaz del usuario para cumplir con los requisitos del usuario, teniendo en cuenta toda la experiencia del usuario.
- ii. Hacer que las soluciones de diseño sean más concretas (por ejemplo, haciendo uso de escenarios, simulaciones, prototipos o maquetas).
- iii. Alterar las soluciones de diseño en respuesta a evaluaciones y comentarios centrados en el usuario.
- iv. Comunicar las soluciones de diseño a los responsables de su implementación.

- **Evaluación el diseño**

La evaluación centrada en el usuario (evaluación basada en la perspectiva de los usuarios) es una actividad requerida en el diseño centrado en el ser humano. Incluso en las primeras etapas del proyecto, los conceptos de diseño deben evaluarse para obtener una mejor comprensión de las necesidades del usuario. El uso en la vida real de un producto, sistema o servicio es complejo y, aunque la orientación del diseño ergonómico puede proporcionar un apoyo útil a los diseñadores, la evaluación centrada en el usuario es un elemento esencial del diseño centrado en el ser humano.

La evaluación centrada en el usuario se puede utilizar para:

- i. Realizar evaluaciones centradas en el usuario
- ii. Métodos de evaluación centrados en el usuario.
- iii. Pruebas basadas en el usuario.



- iv. Evaluación basada en inspección
- v. Monitoreo a largo plazo

- **Guía en interacciones hápticas y táctiles**

La ISO 9241:920 proporciona requisitos ergonómicos y recomendaciones para las interacciones táctiles y hápticas (THI) para software y hardware, incluida la orientación relacionada con el diseño y la evaluación de hardware, software y combinaciones de interacciones de hardware y software. Se presenta de forma independiente de la tecnología con la intención de seguir siendo relevante junto con las diversas evoluciones en dispositivos táctiles / hápticos y aplicaciones (Erp et al., 2006).

Áreas de enfoque de la ISO 9241-920 (International Organization for Standardization, 2009):

- **Aplicabilidad para THI:** límites a la efectividad, consideraciones de eficiencia, aceptación del usuario, satisfacción de las necesidades del usuario y accesibilidad, consideraciones de salud y cuidado, seguridad y privacidad.
- **Entradas táctiles / hápticas, salidas y / o combinaciones:** uso unimodal y multimodal de THI, individualización intencional y percepciones no intencionales del usuario. Proporcionar información sobre elementos táctiles/hápticos, suministro de información de navegación utilizando estilos de interacción apropiados, proporcionando estrategias de entrada alternativas evitando o minimizando la fatiga, permitir a los usuarios cambiar las modalidades, etc.
- **Atributos de la codificación táctil/háptica de la información:** usar propiedades de objetos, atributos perceptivos y combinar atributos. Uso de patrones familiares, hacer que la codificación sea autodescriptiva, uso de la sustitución sensorial, uso de la resolución, tamaño de objeto, ubicación y movimiento espacial apropiados, codificar información por patrón temporal, codificar información usando amplitud de vibración permitiendo a los usuarios discernir diferentes texturas simuladas, prevenir la vibración de vibradores no activados, codificación de información por frecuencia de vibración, etc.
- **Codificación específica de contenido:** codificar y usar datos textuales, datos gráficos, datos subjetivos y controles. Asincronizar el uso de Braille, visualización de gráficos hápticos/táctiles, mantener la separación entre paredes de objetos, utilización de información cinestésica para mejorar la ubicación espacial y puntos de referencia en mapas táctiles, suministro de escalas para mapas táctiles, uso



del tamaño y el espaciado de los controles para evitar la activación accidental, evitar acciones de control difíciles y uso de controles táctiles / hápticos.

- **Diseño de objetos táctiles/hápticos:** resolución, separación y consistencia.
- **Interacción:** tareas de interacción (como navegación, selección y manipulación) y técnicas de interacción (como mover objetos, poseer objetos y hacer gestos).

Dentro de las series 900 para interacción táctil y háptica, se dispone de otras ergonomías que se encuentran publicadas y otras en desarrollo, que estarán disponibles en el futuro (Erp et al., 2010):

- **ISO 9241-900 Introducción a las interacciones hápticas y táctiles:** será un informe técnico que proporcionará una visión general de la serie 900. Se actualizará periódicamente para incluir referencias a las diversas partes de la serie 900 y a otras normas que contengan orientación relevante para las interacciones hápticas y táctiles. El trabajo en este artículo aún no ha comenzado.
- **ISO 9241-910 para interacciones táctiles/hápticas:** incluirá una lista detallada de términos y definiciones. Este es un trabajo en progreso.
- **ISO 9241-930 Las interacciones táctiles/táctiles en entornos multimodales:** proporcionarán una guía específica para entornos inmersivos y otros entornos multimodales. Este trabajo no ha comenzado.
- **ISO 9241-940 La evaluación de las interacciones hápticas/táctiles:** proporcionará orientación sobre los métodos de evaluación adecuados para evaluar las interacciones táctiles y hápticas. Este trabajo está en progreso.
- **ISO 9241-971 Las interfaces hápticas/táctiles para dispositivos disponibles públicamente:** proporcionarán orientación relacionada con las preocupaciones específicas de accesibilidad del uso de la interacción táctil / háptica en entornos y sistemas públicos.

2.3 Sistemas de Captura de Movimiento

Los sistemas de captura de movimiento (Motion Capture - MoCap) permiten capturar datos tridimensionales que representan digitalmente la estructura espacio-temporal del movimiento y sirven para preparar animaciones realistas de personajes artificiales en películas y juegos, posibilitando además la rehabilitación de personas con problemas de movilidad total o parcial, producto de una edad avanzada. Uno de los dispositivos de

detección de movimiento más usados es Microsoft Kinect desarrollado por Prime Sense y Microsoft para la consola de videojuegos de Xbox 360 y adoptado posteriormente para computadoras con Windows, desarrollado a partir de controles y marcos de código abierto usado para detección de movimiento que, se captura y procesa para obtener un mapa tridimensional (3D) del objeto utilizado para la localización de los usuarios y la determinación de las partes de su cuerpo (Kopniak, 2015).

MoCap permite capturar parámetros de movimiento tales como coordenadas lineales y angulares, velocidades y aceleraciones para extremidades y articulaciones que, dependen de la tecnología de captura de movimiento (con marcador o sin marcador) y puede usar sensores con diferentes principios físicos (Gabbasov et al., 2015). Las tecnologías prevalecientes para el análisis del movimiento humano son los sistemas ópticos (Vicon, Qualysis, Codamotion, Motek, Biometrics, ETB Gaitsmart y Microsoft Kinect), inerciales (giroscopios, magnetómetros y acelerómetros) y magnéticos (Echeverry et al., 2018), la Figura 2.1 describe algunas aplicaciones de los sistemas de captura de movimiento.

Tecnología	Aplicaciones
Sistemas Ópticos, Sistemas Inerciales, Sistemas Magnéticos	Biomecánica y rehabilitación
Sistemas Ópticos, Sistemas Inerciales, Sistemas Magnéticos	Estudios clínicos
Sistemas Ópticos, Sistemas Inerciales, Sistemas Magnéticos	Calzado
Sistemas Ópticos	Animación 3D
Sistemas Ópticos, Sistemas Inerciales, Sistemas Magnéticos	Análisis deportivo
Sistemas Ópticos, Sistemas Inerciales, Sistemas Magnéticos	Tele-rehabilitación

Figura 2.1 Aplicaciones de los sistemas de captura de movimiento. Fuente: Elaboración propia

En los sistemas MoCap también se hacen uso de dispositivos wearables, y su beneficio es proveer retroalimentación a los cuidadores y al paciente sobre su estado de salud. Estos dispositivos usan sensores, tales como: acelerómetro, giroscopio, magnetómetro, barómetro, GPS y captura cinemática, aplicados en estudios para tratar enfermedades con intervención en adultos mayores relacionadas a funciones físicas: artroplastia articular, osteoartritis, artroplastia articular, fracturas y caídas (Grimm & Bolink, 2016). Además, el uso de dispositivos para rastreo ocular es otra de las aplicaciones conocidas en el HCI, los movimientos oculares se obtienen y utilizan en tiempo real como una entrada al diálogo usuario-computadora. Pueden ser la única entrada, generalmente para

usuarios discapacitados o aplicaciones libres de uso de manos, o pueden usarse como una de varias entradas, combinándose con mouse, teclado, sensores u otros dispositivos (Jacob & Karn, 2003).

2.3.1. Gestos

Los gestos constituyen una forma de comunicación no verbal, por medio de ello y gracias al soporte de dispositivos señaladores como ratones, joysticks, trackballs, entre otros, los usuarios tienen la posibilidad de interactuar de manera óptima con entornos virtuales, como opciones de entrada en aplicaciones móviles y en conexión con interfaces hápticas especializadas, que combinan una cámara 3D con retroalimentación háptica (Hayward et al., 2004). En la Figura 2.2, se presenta una clasificación de gestos basados en interacciones humano computador.

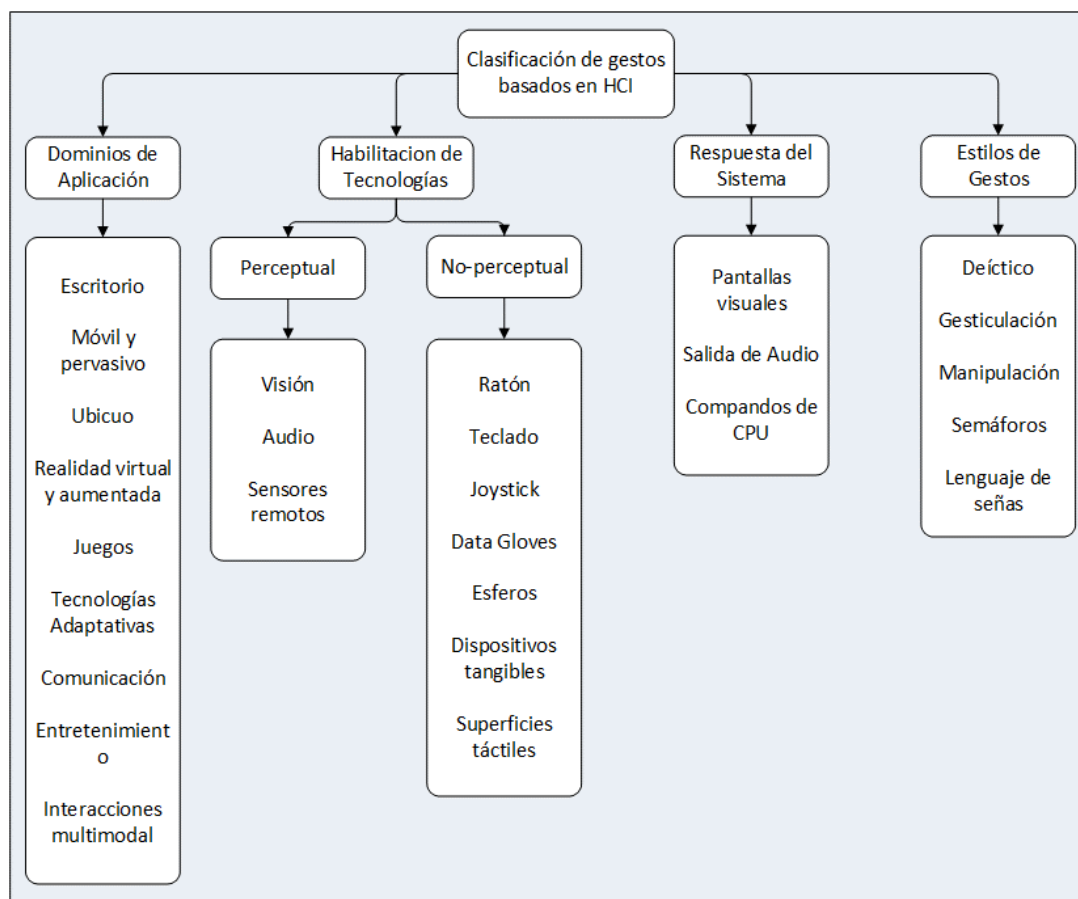


Figura 2.2 Clasificación de Gestos basados en HCI (Karam & Schraefel, 2005)

En informática se define a “Sistema” al conjunto formado por el hardware y software que componen un computador (Universidad de Granada, 2004), e “interfaz” a la que permite que la interacción entre la persona y el ordenador ocurra (Universitat Oberta de Catalunya,



2014). A partir de esta explicación, los sistemas hápticos (SH) son los definidos como aquellos que interactúan con un usuario humano usando los medios de percepción e interacción háptica, haciendo referencia a una interacción mecánica pura (Hatzfeld & Kern, 2014); y a las interfaces hápticas (IH) como el medio por el cual un usuario transmite acciones motoras deseadas al manipular físicamente la interfaz (Goyal et al., 2013), permitiendo al usuario tocar, sentir o manipular objetos simulados en entornos virtuales y sistemas teleoperados, provocando la sensación de inmersión dentro del espacio virtual para establecer una transferencia bidireccional y en tiempo real de información (Doñate, 2015).

2.3.2. Sistemas e Interfaces para interacción háptica y táctil

Cuando se manipula objetos en el entorno, se activan varios receptores en la piel, articulaciones y músculos que surgen de la interacción con un entorno real o virtual, estos transmiten señales al sistema nervioso central que se conoce como percepción háptica (Iwata, 2008), estos sentidos según Aristóteles se clasifican en: vista, escucha, olor, gusto y táctil (Hatzfeld & Kern, 2014). Los sentidos hápticos se clasifican en:

1. **Interacción háptica:** capacita a los humanos para interactuar con entornos reales o virtuales a través de habilidades mecánicas, sensoriales, motoras y cognitivas. Una interacción consiste en una o más operaciones, que generalmente se pueden clasificar en control de movimiento y percepción (Hatzfeld & Kern, 2014).
2. **Percepción háptica:** trata sobre a los procesos de aprendizaje que ocurren en áreas del cerebro dedicadas al procesamiento de información háptica, y está reservado para referirse a la exploración activa y la manipulación de superficies y objetos con nuestras manos, que permite extraer información sensorial para su posterior procesamiento (Iwata, 2008). Se dividen en percepción táctil y kinestésica:
 - **Percepción Táctil:** especifica la percepción del estado operativo del sistema locomotor humano, en particular las posiciones articulares, la alineación de las extremidades, la orientación del cuerpo y la tensión muscular (Hatzfeld & Kern, 2014).
 - **Percepción Kinestésica o Cinestésica:** describe la percepción basada en receptores sensoriales ubicados en la piel humana (Hatzfeld & Kern, 2014).

La ciencia háptica y la creación de dispositivos hápticos dependen del conocimiento del cuerpo humano, especialmente de su capacidad para sentir tanto el contacto con la piel como la actividad cinestésica en las extremidades y las articulaciones del cuerpo. Los usuarios pueden realizar tareas de aplicación empleando una o más primitivas de tarea

habilitadas por el dispositivo háptico y su software asociado. Las funciones del sistema proporcionan primitivas de tareas a los usuarios como herramientas para llevar a cabo las tareas para las cuales está diseñado el dispositivo. En cualquier tarea, el usuario debe poder buscar, obtener una visión general, navegar, apuntar, seleccionar y manipular (Erp et al., 2010). En la Figura 2.3, se puede observar los componentes hápticos y su clasificación.

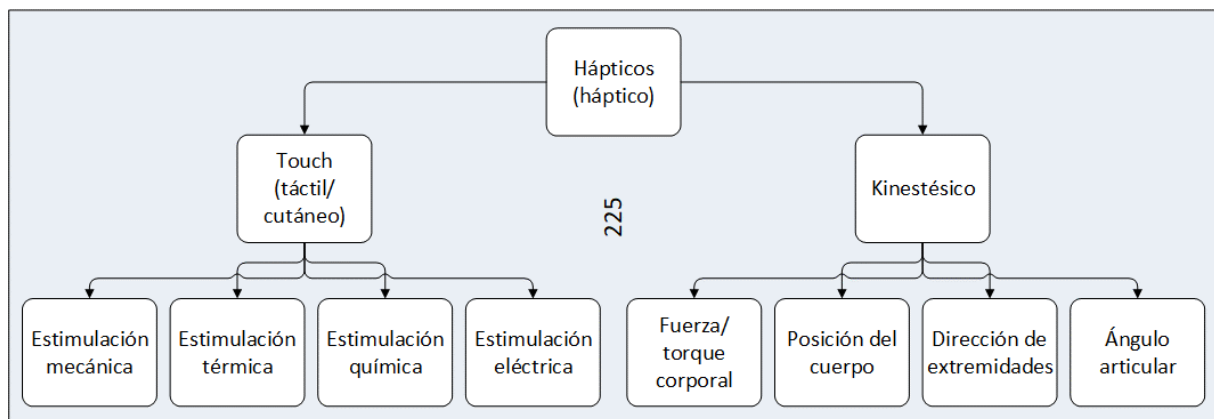


Figura 2.3 Componentes hápticos. Fuente: Elaboración Propia

Como resultado, el tacto es inevitable para comprender el mundo real y su uso en la retroalimentación de fuerza para mejorar la interacción humano-computador, que, a pesar de la creación de robots industriales ahora equipados con sensores táctiles, todavía es difícil simular todos los sentidos humanos ya que no se encuentran en un órgano en particular, sino que se extiende por todo el cuerpo (Hatzfeld & Kern, 2014).

2.3.3. Clasificación de los sistemas hápticos según su interacción

La mayoría de las interfaces hápticas desarrolladas están separadas como dispositivos de retroalimentación de fuerza y dispositivos táctiles. Sin embargo, algunos sistemas hápticos combinados tienen la capacidad de estimular tanto los receptores kinestésicos como los cutáneos (Bilginçan et al., 2010), y los vestibulares (García, 2012), que podrían considerarse como una clasificación.

○ **Sistemas Kinestésicos**

La tecnología que utilizan las interfaces kinestésicas busca ejercer una realimentación de fuerza controlada sobre la parte del cuerpo (dedos, palma de la mano o brazo), muestran un comportamiento semejante al de mecanismos robots para intercambio de energía mecánica. Estos sistemas consideran los grados de libertad (*Degrees of Freedom* - DOF) con



que el usuario puede moverse, lo que implica mayor naturalidad en la interacción realizada y pueden ser del tipo portátiles o fijas (Ariza & Chaves, 2017).

- **Sistemas Táctiles**

Son dispositivos que se encargan de estimular los receptores nerviosos del tacto para la interacción con la piel humana, evalúa parámetros como temperatura, rugosidad, forma y textura, para aumentar el grado de inmersión al usuario en ambientes virtuales o remotos, produciendo sensaciones en la piel (leve hormigueo, golpes dolorosos), mismos que dependen de la frecuencia y la amplitud de los pulsos aplicados. También se han implementado interfaces de tipo electrostático (fricción) por medio de la generación de fuerzas entre la piel del dedo y la pantalla (Ariza & Chaves, 2017).

- **Sistemas Vestibulares**

Es el que se encarga del mantenimiento del equilibrio espacial en las personas (Caraballo et al., 2018), que son estimulados por la fuerza gravitacional (Esper et al., 2016).

2.4 Juegos Serios

Michael y Chen (2005) definen "un juego serio es un juego en el que la educación (en sus diversas formas) es el objetivo principal, en lugar de entretenimiento", por lo tanto, los juegos serios no se centran principalmente en el entretenimiento, sino en otros objetivos como la educación o el entrenamiento (Abt et al., 1987). Su efectividad se basa en el principio de Premack: la aparición de una actividad poco probable aumentará si se combina con una actividad probable (Premack et al., 1959). Por tal, las actividades poco probables e inconvenientes, como el entrenamiento físico o cognitivo regular, pueden vincularse con actividades probables y agradables, como jugar juegos, que es parte de la naturaleza humana y muchas personas juegan regularmente, por lo tanto, son adecuados para vincularse con el ejercicio o el entrenamiento, que a menudo son actividades no deseadas (Wittland et al., 2015). En la Figura 2.4 se resume las diferencias entre juegos de entrenamiento y juegos serios.

	Juegos serios	Juegos de entretenimiento
Tarea vs experiencia rica	Solución de problemas en foco	Se prefieren las experiencias ricas
Atención	Elementos importantes del aprendizaje,	Divertirse
Simulaciones	Supuestos necesarios para simulaciones viables	Procesos de simulación simplificados
Comunicación	Debe reflejar una comunicación natural (es decir, no perfecta)	La comunicación suele ser perfecta

Figura 2.4 Diferencias entre juegos de entrenamiento y juegos serios (Susi et al., 2007)

Los juegos serios están probados como un método de aprendizaje para transmitir habilidades en tareas complejas al incorporar principios sólidos de aprendizaje y pedagógicos en su diseño y estructura. Por lo tanto, los juegos serios tienen el potencial de ser utilizados para cumplir con los objetivos de capacitación corporativos o gubernamentales a diferencia de métodos como las reuniones (Azadegan et al., 2012).

Uno de los propósitos de un juego serio es la estimulación de las funciones cognitivas y físicas de los adultos mayores en las que la velocidad de procesamiento, la memoria a corto plazo, la memoria de trabajo y la coordinación ojo-mano disminuyen significativamente con la edad. Algunos de estos juegos consisten en un controlador de detección de movimiento, un juego de ritmo y un enfoque de evaluación de habilidades cognitivas, solicitando a los jugadores que realicen acciones físicas como golpear los puntos de acupresión para activar el controlador de detección de movimiento, luego deben superar los desafíos con lo que se concluyen la aceptación del juego a nivel de usabilidad. Además con diferentes opciones de juegos se puede activar una habilidad cognitiva específica como velocidad de respuesta, memoria a corto plazo o memoria de trabajo (Lin et al., 2018). Otros ejemplos sugieren que la aceptación de juegos serios es independiente del género, la experiencia técnica, los hábitos de juego y solo está débilmente influenciada por la edad. Los determinantes para la aceptación se perciben como diversión y la sensación de que los usuarios pueden hacer que jugar sea un hábito (Wittland et al., 2015).

2.5 Exergames

Los *exergames* son juegos en donde el usuario (principalmente adultos mayores) tienen que realizar ejercicios físicos para controlar un juego, o realizar movimientos a través



de la persuasión o influencia social según teorías psicológicas (Brox et al., 2011), que utiliza los movimientos corporales de los usuarios como entrada, utilizados actualmente con éxito en rehabilitación de pacientes o para promover una buena forma física (Wittland et al., 2015).

2.6 Lenguaje de Dominio Específico (DSL)

Un lenguaje de dominio específico (DSL) es un lenguaje de programación que proporciona una sintaxis y una semántica común para representar conceptos y comportamientos en un dominio de aplicación particular y está diseñado para ser útil para una tarea específica en un problema de dominio fijo (espacio donde se comparte un conjunto de prácticas, herramientas, métodos y convenciones) (Viana & Santos, 2017).

2.7 Aspectos cognitivos y psicomotrices del adulto mayor

La senectud o el envejecimiento son los calificativos usados para considerar que una persona inicia el último periodo de su ciclo de vida, mismo que conlleva una serie de vertiginosos cambios no lineales ni uniformes, que dan como resultado alteraciones en el funcionamiento físico, cognitivo y social de los seres humanos (Papalia et al., 2010). Los cambios fisiológicos en el adulto mayor se inician, en general, de forma estable y conllevan la limitación adaptativa del organismo, lo que tiene como consecuencia una mayor probabilidad de que el individuo fallezca.

2.7.1. Características cognitivas del adulto mayor

En adultos mayores saludables, los cambios en el cerebro durante la vejez suelen ser sutiles, hacen poca diferencia en el funcionamiento y varían de manera considerable de una persona a otra, de una región del cerebro a otra y de un tipo de tarea a otro (Papalia et al., 2010). Además, gracias a la plasticidad del cerebro, los circuitos neuronales se reorganizan para responder al desafío del envejecimiento neurobiológico (Hofer y Alwin, 2008). A pesar de ello, estudios de resonancia magnética han demostrado que cuando los adultos mayores realizan tareas cognoscitivas, sus cerebros muestran activación más difusa que los cerebros de los adultos jóvenes (Grandi y Tirapu, 2017).

Los cambios en el cerebro, dados por el envejecimiento patológico, tienen repercusiones a nivel cognoscitivo (Correia, 2012). En estos adultos mayores se observa una serie de características particulares como, por ejemplo, disminución de la velocidad del



procesamiento de la información, dificultad para solucionar problemas abstractos, disminución de la memoria, alteraciones en la atención, entre otros (Grandiy& Tirapu, 2017).

2.7.2. Condiciones psicomotoras del adulto mayor

El ser humano a los 70 años pierde entre el 10 y el 20% de su fuerza, ésta pérdida se acelera a partir de esta edad (Papalia et al., 2010) como fruto de una serie de factores, entre los que destacan: el envejecimiento natural, la disminución de la actividad y la enfermedad (Barry & Carson, 2004); a estos factores se suman otros como la reducción del repertorio motriz, la lentitud de los reflejos y el descenso del tono muscular en reposo; todo ello, provoca descoordinación y torpeza motriz, siendo esto un factor común en el proceso de envejecimiento (Payne & Isaacs, 2016).

La psicomotricidad integra un conjunto de interacciones cognitivas, emocionales, simbólicas y sensorio-motrices en la capacidad de ser y, en la expresión del ser humano en un contexto psicosocial determinado; es decir, este conjunto de actividades, le permitirá al sujeto adaptarse armónicamente a su entorno (Berruezo, 2008).

La psicomotricidad se divide en gruesa y fina, la primera es entendida como el control que un individuo tiene sobre su propio cuerpo, especialmente a los movimientos globales y amplios dirigidos a todo el cuerpo; es decir, son las acciones que, con el uso de la totalidad del cuerpo, coordinan los desplazamientos y movimientos de las diferentes extremidades y el equilibrio; para que estas acciones se desarrollen de manera fluida, es necesario una serie de elementos que conjuguen entre sí: dominio segmentario del cuerpo, ausencia de inhibición, madurez neurológica, estimulación, atención, representación mental e integración del esquema corporal. La psicomotricidad fina, en cambio, abarca las actividades que requieren de precisión y un mayor grado de coordinación movimientos realizados por una o varias partes del cuerpo. Con el paso del tiempo estas se van deteriorando creando dificultad en hacer actividades cotidianas. Esto implica coordinación viso-manual, fonética, motricidad gestual y motricidad facial (Salazar y Calero, 2018).

2.8 Niveles de prevención

La Organización Mundial Salud (OMS, 1984) señala que la prevención es el término destinado para el conjunto de medidas destinadas no únicamente para la prevención de la aparición de una enfermedad, como la reducción de factores de riesgo; sino también para



detener su avance y atenuar sus consecuencias una vez establecida la enfermedad. La prevención incluye una amplia gama de actividades, conocidas como *intervenciones*, destinadas a reducir los riesgos o amenazas para la salud.

En este sentido, Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2002) establece que las intervenciones pueden hacerse a nivel primario, secundario o terciario. La intervención primaria, es el conjunto de acciones cuyo objetivo se centra en la disminución de la incidencia de la enfermedad; son medidas orientadas a reducir la aparición de un problema de salud, mediante la verificación de factores causales y factores predisponentes o condicionantes.

La prevención secundaria, en cambio, está destinada al diagnóstico precoz de la enfermedad, considerando que las manifestaciones clínicas no han sido evidenciadas; es decir, es decir, comprende acciones en consecuencia de un diagnóstico precoz y tratamiento oportuno. Finalmente, la prevención terciaria, son las acciones relativas a la recuperación *ad integrum* de la enfermedad clínicamente manifiesta, mediante un correcto diagnóstico y tratamiento; además, la rehabilitación física, psicológica y social en caso de invalidez o secuelas buscando reducir de este modo las mismas. Se trata de minimizar los sufrimientos causados al perder la salud; facilitar la adaptación de los pacientes a problemas incurables y contribuir a prevenir o a reducir al máximo, las recidivas de la enfermedad.



CAPÍTULO 3

ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se describe una revisión sistemática de la literatura, cuyo objetivo es el análisis de varios estudios primarios publicados en revistas científicas y conferencias digitales relacionadas al tema de investigación del presente trabajo de titulación.

El capítulo se organiza de la siguiente forma: la sección 3.1 explica la metodología para la producción del mapeo sistemático; la sección 3.2 presenta la etapa de planificación en donde se implantan las actividades para el desarrollo del mapeo sistemático; la sección 3.3 muestra la etapa de ejecución de las actividades planteadas; la sección 3.4 revela los resultados obtenidos del mapeo sistemático a través de la etapa de y, finalmente la sección 3.5 describe las conclusiones.

3.1 Metodología

Para la elaboración de esta revisión sistemática, se han seguido los lineamientos propuestos por Kitchenham y Charters (2007); los mismos que tienen como objetivo reflejar los problemas o necesidades específicas relacionadas con la Ingeniería de Software, presentados mediante tres fases: (i) planificación, (ii) conducción o ejecución de la revisión y (iii) reporte o difusión de resultados.

Como respuesta a esta revisión sistemática, se ha obtenido un estado del arte, en donde se garantiza que la evidencia proveniente de estudios primarios, esté basada en fuentes confiables, manteniendo la rigurosidad científica necesaria.

3.2 Etapa de planificación

En la etapa de planificación se establecen las estrategias a seguirse para cumplir con una revisión sistemática apegada a lineamientos científicos eficaces dentro de la Ingeniería del Software. De ahí, se han definido las preguntas y sub preguntas de investigación, estrategia de búsqueda de estudios primarios, cadena de búsqueda, periodo de búsqueda y, estrategia de extracción de datos.



3.2.1 Preguntas y sub-preguntas de investigación

La pregunta de investigación es: “¿Qué dispositivos y aplicaciones de interacción humano computador (HCI) dan soporte a la condición neuropsicológica y motriz del adulto mayor?”.

Con la finalidad de responder a la pregunta principal de investigación, se han propuesto las siguientes sub-preguntas de investigación:

- **RQ1.** ¿Qué dispositivos se usan para las aplicaciones orientadas a la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física motriz del adulto mayor?
- **RQ2.** ¿Qué tipo de interacciones humano computador (HCI) se utilizan para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física motriz del adulto mayor?
- **RQ3.** ¿Qué tipo de aplicaciones se han creado para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física motriz del adulto mayor?
- **RQ4.** ¿Cómo está direccionada la investigación relacionada con la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física motriz del adulto mayor mediante el uso de aplicaciones y dispositivos de interacción humano computador?

3.2.2 Estrategia de búsqueda

Para la selección de estudios primarios, se han seleccionado tres bibliotecas digitales en las que se realizó la búsqueda automática. Esto en observancia de que son las más representativas al tema de investigación abordado en este trabajo; estas son:

- *ACM – Digital Library*
- *IEEE Xplore – Digital Library*
- *Springer Link*

Además, se han realizado búsquedas manuales para la extracción de estudios primarios con mayor relevancia, correspondientes a renombradas conferencias en el tema abordado que responde la pregunta de investigación, así como también revistas y libros.

- Búsquedas manuales en conferencias y Workshops:

Core Conferences		
Título	Acrónimo	Puntaje
International Conference on Human-Computer Interaction	INTERACT	A



International Conference Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics.	EPCE	C
International Conference on Computer Systems and Technologies	CompSysTec	C
Conference on Future Play		A
Conference on Advances in Computer Entertainment Technology	ACE	B
International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare	PervasiveHealth	A
Australian Conference on Computer-Human Interaction	OzCHI	C
International Conference on Computers and Accessibility	SIGACCESS	A
International Academic Conference on the Future of Game Design and Technology.	FUTUREPLAY	C
International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments	PETRA	B
Conference on Human Factors in Computing Systems	CHI	A
International Conference on Serious Games and Applications for Health	SeGAH	A
Symposium on Video Games	SIGGRAPH	A

Tabla 3.1 Conferencias en Búsquedas Manuales. Fuente: Elaboración propia

- Búsquedas en libros y revistas:
 - Revistas Internacional de interacción Humano-Computador (***International Journal of Human-Computer Interaction***)
 - Envejecimiento, neuropsicología y cognición (***Aging, Neuropsychology, and Cognition selection***)

3.2.3 Cadena de búsqueda

Para establecer la cadena de búsqueda se ha delimitado de acuerdo a un conjunto de palabras clave relacionadas mediante conectores lógicos, mismas que permitieron obtener los resultados más relevantes para este tema de investigación. La Tabla 3.2 muestra la estructura de la cadena de búsqueda.

Cadena	Sub-cadena	Conector
hci	"HCI"	OR



human interaction	"human interaction"	AND
elder	"elder**"	OR
older	"older"	OR
senior	"senior"	AND
application	"application"	OR
software	"software"	OR
hardware	"hardware"	AND
technology	"technology"	OR
devices	"device"	AND
neuropsychological	"neuropsycholo**"	OR
cognitive training	"cognitive training"	OR
physic training	"physical training"	OR
cognitive rehabilitation	"cognitive rehabilitation"	OR
physic rehabilitation	"physical rehabilitation"	
Cadena de búsqueda formada	("HCI" OR "human interaction") AND ("elder**" OR "older" OR "senior") AND ("application" OR "software" OR "hardware") AND ("technology" OR "device") AND ("neuropsycholo**" OR "cognitive training" OR "physical training" OR "cognitive rehabilitation" OR "physical rehabilitation")	

Tabla 3.2 Cadena de búsqueda para búsquedas automáticas. Fuente: Elaboración propia

La búsqueda se ejecuta aplicando la cadena de búsqueda a los metadatos comunes en las bibliotecas digitales, es decir, título, resumen y palabras clave, en cada artículo para todas las fuentes (la sintaxis de la cadena de búsqueda se adaptará para que se aplique en cada biblioteca digital). Estos términos de búsqueda también se tuvieron en cuenta en las otras fuentes que se inspeccionarán manualmente para realizar una búsqueda coherente.

3.2.4 Periodo de búsqueda

La búsqueda de los estudios primarios se ha realizado desde el año 2006; fecha en la cual, se presentaron los primeros dispositivos que incluyen sistemas de detección basados en modelos de realidad aumentada para ambientes externos en tiempo real, en donde se incluyen dispositivos sensores para detectar ubicación, gravedad, rotación y movimiento como cámaras de celulares (Arth et al., 2015). De igual manera, la distribución pública de consolas de videojuegos que incluían sistemas de reconocimiento de movimientos como es el caso de Nintendo Wii, en el mismo año (Nintendo, 2015), y la importancia que se dio a las

herramientas de rastreo de ojos con los que se pudieron realizar varios estudios (Sharafi et al., 2015).

3.2.5 Estrategia de extracción de datos

La estrategia de extracción de datos empleada proporciona el conjunto de posibles respuestas a cada sub pregunta de investigación definida. Esta estrategia garantiza la aplicación de los mismos criterios de extracción de datos a todos los trabajos seleccionados y facilita su clasificación. La Tabla 3.3 contiene los criterios identificados para cada sub-pregunta de investigación y sus posibles respuestas.

Cod.	Criterio	Posibles Respuestas
RQ1: ¿Qué dispositivos se usan con aplicaciones orientadas a la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor?		
EC1	Dispositivos de captura de movimiento (Deng et al., 2014)	Motion tracker
		Eyetracker
		Pantallas táctiles
		Wearable
		Ninguno
		Otros
RQ2: ¿Qué tipo de interacciones humano computador (HCI) se utilizan para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor?		
EC2	Subsistemas cognitivos de interacción (Barnard & May, 1995)	Visual
		Articulatorio (Touch)
		Acústico
		Corporal (Body-state)
		Otros
RQ3: ¿Qué tipo de aplicaciones se han creado para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor?		
EC3	Calidad de Software en modelo de uso (ISO/IEC 25010:2011 - <i>System and software quality models</i> , 2011)	Efectividad
		Eficiencia
		Satisfacción
		Seguridad
		Fiabilidad
		Ninguno
EC4	Tipo de aplicaciones de software (Garnica Bautista & Maita Tepán, 2018)	Sitio web
		Aplicación de Escritorio
		Aplicación Móvil
		Otros
EC5	Género de Video Juego (Arsenault, 2009)	Acción
		Aventura
		Educativo



		Conducción
		Basado en rol (RPG)
		Simulación
		Deporte
		Estrategia
		Ninguno
		Otros
EC6	Intervención	Física - Motriz
		Cognitiva
EC7	Nivel de prevención (Organización Panamericana de la Salud, 2002)	Primaria
		Secundaria
		Terciaria
EC8	Enfermedades cognitivas	Deterioro cognitivo leve
		Alzheimer
		Ninguna
		Otros
EC9	Enfermedades físicas	Ninguna
		Traumatismo / Lesiones
		Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas
RQ4. ¿Cómo está direccionada la investigación relacionada con la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor mediante el uso de aplicaciones y dispositivos de interacción humano computador?		
EC10	Fase en la cual se basan los estudios	Análisis
		Diseño
		Implementación
		Pruebas
EC11	Tipo de validación	Prueba de conceptos
		Cuestionario
		Quasi experimento
		Experimento
		Prototipo
		Caso de estudio
		Otros
EC12	Alcance del enfoque	Industria
		Academia
EC13	Metodología	Nuevo
		Extensión
EC14		País
EC15		Año

Tabla 3.3 Estrategia de extracción de datos. Fuente: Elaboración propia



3.3 Etapa de ejecución

En esta etapa se realiza la selección y revisión de estudios primarios publicados en las revistas digitales y conferencias vistos en la etapa anterior. De esta manera se continúa con la obtención de información que responda a las preguntas de investigación planteadas. Se continúa con la selección de los estudios primarios y su aseguramiento de la calidad.

3.3.1 Selección de estudios primarios

Cada estudio primario obtenido de la búsqueda automatizada o manual será evaluado por investigadores con base en el título, resumen y palabras claves con el fin de determinar su inclusión en la revisión sistemática. En el caso de discrepancias en la selección del estudio, se resolverá por consenso, una vez revisado el artículo completo.

Se procede a incluir los estudios que cumplen al menos uno de los siguientes ***criterios de inclusión***:

- Estudios que presentan información sobre interacciones en dispositivos de captura de movimiento.
- Estudios que presentan juegos serios y sus géneros.
- Estudios que se han realizado en adultos mayores con o sin deterioro cognitivo.
- Estudios que se han realizado en adultos mayores con o sin alteraciones físicas.

Se excluirán los estudios que cumplieron al menos uno de los siguientes ***criterios de exclusión***:

- Artículos introductorios de ediciones especiales: revistas, libros, workshops.
- Estudios duplicados en diferentes fuentes.
- Artículos que poseen menos de 5 páginas.
- Artículos que no han sido publicados en inglés.

La selección de estudios primarios se realizó en 3 etapas. La primera etapa consistió en obtener los estudios primarios de las revistas y conferencias definidas, de esta etapa se obtuvieron 1219 estudios. En la segunda etapa, se llevó a cabo una revisión de los títulos y resúmenes de los estudios primarios obtenidos en la primera etapa, en total se obtuvieron 118 estudios.



En la tercera etapa, se llevó a cabo la revisión del texto completo de cada estudio primario y se incluyeron los más relevantes al tema, en total se obtuvieron 71 estudios. La Tabla 3.4 presenta la cantidad de estudios primarios obtenidos aplicado cada etapa del refinamiento. Los estudios finalmente seleccionados se encuentran disponibles en el Apéndice A.

Biblioteca digital	Primera etapa	Segunda etapa	Tercera etapa	Porcentaje
ACM	386	4	3	4.23%
IEEE	39	8	5	7.04%
SpringerLink	794	63	38	53.52%
Manuales		43	25	35.21%
TOTAL	1219	118	71	100%

Tabla 3.4 Número de estudios primarios obtenidos en el proceso de selección. Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Aseguramiento de calidad

Con el fin de asegurar la calidad del estudio, se utilizó la medida *Fleiss Kappa* para el análisis de los resultados, evaluando la clasificación de elementos entre 2 o más evaluadores que permiten medir el grado de acuerdo en la clasificación (0 y 1, acuerdo bajo y alto respectivamente), usando en el proceso de inclusión/exclusión de estudios primarios. Como resultado de cada evaluador se obtuvo un valor de 0.83 en las investigaciones, que según la tabla de (Landis & Koch, 1977) para interpretaciones de valores indica que, un valor entre 0.81 y 1.00 se considera con una concordancia casi perfecta.

Se ha verificado la relevancia de los estudios primarios para proporcionar su evaluación de calidad. Cada estudio se clasifica de acuerdo a dos criterios: (1) relevancia de la conferencia o revista donde se publicó el documento y (2) número de citas del documento. Con respecto a la relevancia de la conferencia o revista donde se publicó el artículo, se ha clasificado los artículos en tres categorías: "muy relevante", "relevante" y "no tan relevante". Esta pregunta se calificó considerando la clasificación de la conferencia CORE (conferencias A, B y C) y las listas de informes de citas de revistas (JCR). A continuación, se muestra cómo se clasificaron los documentos:

- **Muy relevante (puntuados con 10 puntos):** trabajos publicados en conferencias calificadas como A en la clasificación CORE o publicadas en revistas incluidas en las listas de JCR (Journal Citation Reports). Además, incluimos en esta categoría los documentos de conferencias dedicadas a sistemas de computadoras, entretenimiento y juegos serios, HCI, ciencia neurocognitiva y tecnologías pervasivas, ya que estas



conferencias no aparecen en la clasificación CORE, pero son muy relevantes para el área.

- **Relevante (puntuados con 5 puntos):** trabajos publicados en conferencias calificadas como B o C en la clasificación CORE o publicadas en revistas no incluidas en las listas de JCR. Además, incluimos en esta categoría tesis e informes técnicos. Se puntuaron con 5 puntos.
- **No tan relevante (puntuados con 0 puntos):** trabajos publicados en conferencias no indexados en la clasificación CORE.

Además, se decidió incluir documentos que usaron o crearon dispositivos de captura de movimiento que, consideramos relevantes y manualmente han sido clasificados con ranking A, B y C.

Con respecto al número de citas del artículo, clasificamos nuevamente los artículos en tres categorías: "alto", "medio" y "bajo". Esta pregunta se calificó considerando el recuento de citas de Google Académico; se clasificó de manera diferente los artículos publicados antes de 2017 y el resto de los artículos, cuyo motivo es no penalizar las primeras publicaciones.

A continuación, se muestra la clasificación de los documentos:

- Si el documento se publicó antes de 2017:
 - **Alto (puntuados con 10 puntos):** documentos con más de 5 citas.
 - **Medio (puntuados con 5 puntos):** documentos citados por 1–5 autores.
 - **Bajo (puntuados con 0 puntos):** no se han citado documentos.
- Si el artículo se publicó en o después de 2017:
 - **Potencialmente alto (puntuados con 10 puntos):** documentos citados.
 - **Potencialmente medio (n/d) (puntuados con 5 puntos):** no se han citado documentos.

El motivo de aplicar estos criterios no fue para excluir documentos en la revisión sistemática debido a que nuestro objetivo es reunir todos los atributos de calidad considerados relevantes para esta investigación. Sin embargo, estos resultados abordan la calidad de los estudios primarios de nuestro estudio.

El promedio de la primera evaluación (relevancia de la conferencia o revista donde se publica el artículo) es de 7.75 puntos, mientras que el promedio de la segunda evaluación (número de citas del artículo) es de 8.24 puntos. Los resultados muestran que, en general,



los trabajos seleccionados se publican en conferencias y/o revistas relevantes, y han sido referenciados por otras publicaciones.

3.4 Etapa de reporte

En esta etapa se presentan los resultados obtenidos posterior a la etapa de ejecución. Se ha generado tablas donde se resumen los valores generados por criterio de extracción, de tal forma que en base a estos resultados se puedan realizar comparaciones entre criterios, con el objetivo de encontrar el estado actual del contexto en estudio, dando respuesta a la pregunta de investigación planteada.

3.4.1 Porcentajes individuales

Concluida la etapa de recolección y tabulación de datos, continuamos con el reporte de los resultados alcanzados por criterio de extracción. A continuación, se presenta el resumen de los valores obtenidos para los criterios de extracción, se extiende en el

Apéndice B.

Los dispositivos que se usan con aplicaciones para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor se presentan en la Tabla 3.5.

Cod.	Criterio	Respuestas	Estudios	%
RQ1. ¿Qué dispositivos se usan con aplicaciones orientadas a la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor?				
EC1	Dispositivos de captura de movimiento	Motion tracker	23	32
		Eyetracker	5	7
		Pantallas táctiles	31	44
		Wearable	7	10
		Ninguno	9	13
		Otros	23	32

Tabla 3.5 Porcentajes individuales para criterios de extracción de RQ1. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3.5 se muestran los porcentajes del Criterio 1: dispositivos rastreadores de movimiento. Los resultados muestran que los dispositivos con pantallas táctiles se utilizan en el 44% de los artículos; este tipo de dispositivo es el más utilizado para esta clase de investigación; debido a la facilidad de acceso a estos dispositivos, como teléfonos inteligentes y tabletas.

También en la Figura 3.1 se puede observar que numerosos artículos utilizan dispositivos de captura de movimiento (32%). Del mismo modo, el 32% de los artículos utilizan otro tipo de dispositivos distintos a nuestra clasificación. La revisión muestra artículos que usan *wearables* (10%) y *eye trackers* (7%) en menor cantidad.

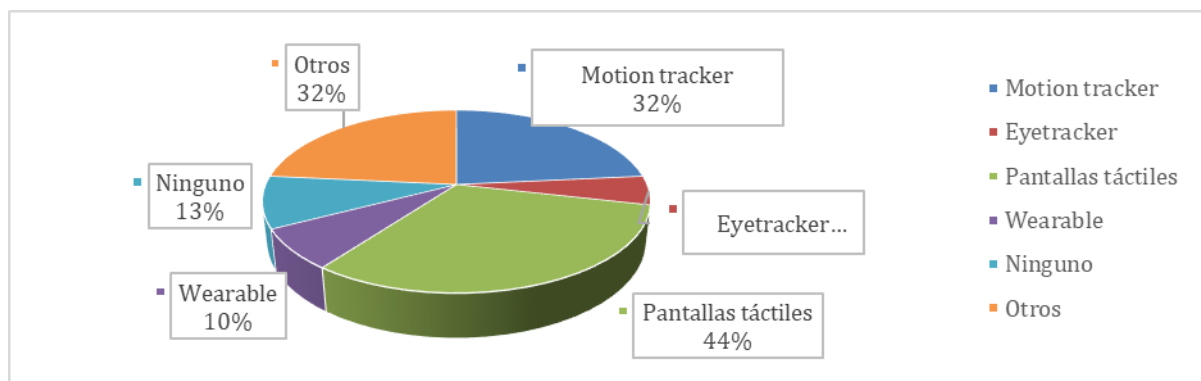


Figura 3.1 Porcentaje de clasificación de dispositivos hápticos RQ1. Fuente: Elaboración propia

Los tipos de interacciones humano computador que se utilizan para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor se presentan en la Tabla 3.6.

Cod.	Criterio	Respuestas	Estudios	%
RQ2: ¿Qué tipo de interacciones humano computador (HCI) se utilizan para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor?				
EC2	Subsistemas cognitivos de interacción	Visual	56	79
		Articulatorio (Touch)	40	56
		Acústico	25	35
		Corporal (Body-state)	30	42
		Otros	1	1

Tabla 3.6 Porcentajes individuales para criterios de extracción de RQ2. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.2 se muestran los porcentajes del Criterio 2: subsistemas cognitivos de interacción. Los resultados muestran que el 79% de las investigaciones utilizan la interacción visual con los usuarios y el 59% utiliza la interacción articulatoria (tacto). Este resultado está relacionado con el criterio anterior donde se muestra que los dispositivos de pantalla táctil son los más utilizados; por tanto, la interacción visual como el tacto con estas pantallas son las que presentan mayor porcentaje como formas de interacción.

Otros subsistemas de interacción cognitiva presentados son el acústico, utilizado en el 35%, y el estado corporal en el 42%. Además, hay un 1% de las investigaciones en las que se ha utilizado otra forma de interacción.

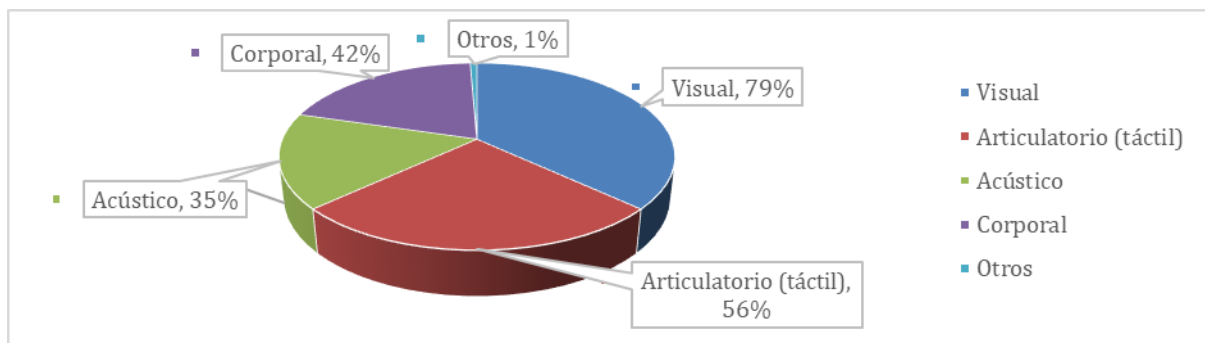


Figura 3.2 Porcentaje de clasificación de Sistemas cognitivos de interacción RQ2. Fuente: Elaboración propia

Los tipos de aplicaciones que se han creado para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor se muestran en la Tabla 3.7.

Cod.	Criterio	Respuestas	Estudios	%
------	----------	------------	----------	---



RQ3: ¿Qué tipo de aplicaciones se han creado para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor?

EC3	Calidad de Software en modelo de uso	Efectividad	46	65
		Eficiencia	39	55
		Satisfacción	42	59
		Seguridad	11	15
		Fiabilidad	53	75
		Ninguno	12	17
EC4	Tipo de aplicaciones de software	Sitio web	10	14
		Aplicación de Escritorio	36	51
		Aplicación Móvil	32	45
		Otros	10	14
EC5	Género de Video Juego	Acción	0	0
		Aventura	13	18
		Educativo	8	11
		Conducción	1	1
		Basado en rol (RPG)	8	11
		Simulación	18	25
		Deporte	12	17
		Salud	13	18
		Estrategia	12	17
		Ninguno	14	20
		Otros	22	31
EC6	Intervención	Física - Motriz	33	46
		Cognitiva	52	73
EC7	Nivel de prevención	Primaria	51	72
		Secundaria	36	51
		Terciaria	2	3
EC8	Enfermedades cognitivas	Deterioro cognitivo leve	15	21
		Alzheimer	16	23
		Ninguna	38	54
		Otros	12	17
EC9	Enfermedades físicas	Ninguna	48	68
		Traumatismo / Lesiones	19	27
		Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	10	14

Tabla 3.7 Porcentajes individuales para criterios de extracción de RQ3. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.3 se muestran los porcentajes del Criterio 4: tipo de aplicaciones de software. Los resultados de la revisión muestran que las aplicaciones de escritorio (51%) y las aplicaciones móviles (45%) son los tipos de software más utilizados para mejorar y mantener la condición neuropsicológica y motora de las personas mayores. En menor

cantidad, los artículos se encontraron utilizando sitios web (14%) y otros tipos de software (14%).

Al igual que en los criterios analizados anteriormente, el uso de muchos dispositivos como tabletas, teléfonos inteligentes y televisores inteligentes hace que el software desarrollado se centre en estos dispositivos.

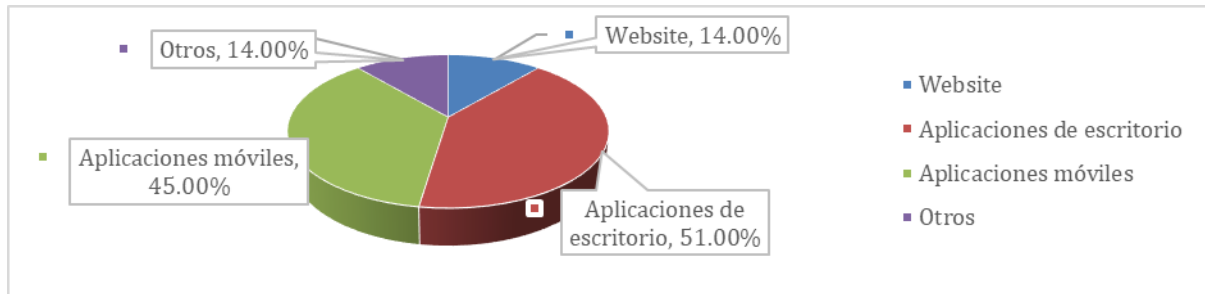


Figura 3.3 Porcentaje de clasificación de Tipos de aplicaciones de software RQ3. Fuente: Elaboración propia

La manera en como la investigación está relacionada con la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor mediante el uso de aplicaciones y dispositivos de interacción humano computador se muestra en la Tabla 3.8.

Cod.	Criterio	Respuestas	Estudios	%
RQ4. ¿Cómo está direccionada la investigación relacionada con la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor mediante el uso de aplicaciones y dispositivos de interacción humano computador?				
EC10	Fase en la cual se basan los estudios	Análisis	38	54
		Diseño	41	58
		Implementación	30	42
		Pruebas	57	80
EC11	Tipo de validación	Prueba de conceptos	9	13
		Cuestionario	19	27
		Quasi experimento	2	3
		Experimento	39	55
		Prototipo	9	13
		Caso de estudio	228	39
		Otros	5	7
EC12	Alcance del enfoque	Industria	25	35
		Academia	56	79
EC13	Metodología	Nuevo	54	76
		Extensión	17	24

Tabla 3.8 Porcentajes individuales para criterios de extracción de RQ4. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.4 se muestran los porcentajes del Criterio 11: tipo de validación. Los resultados de la revisión muestran que la mayoría de las investigaciones utilizan prototipos (55%) como métodos de validación.

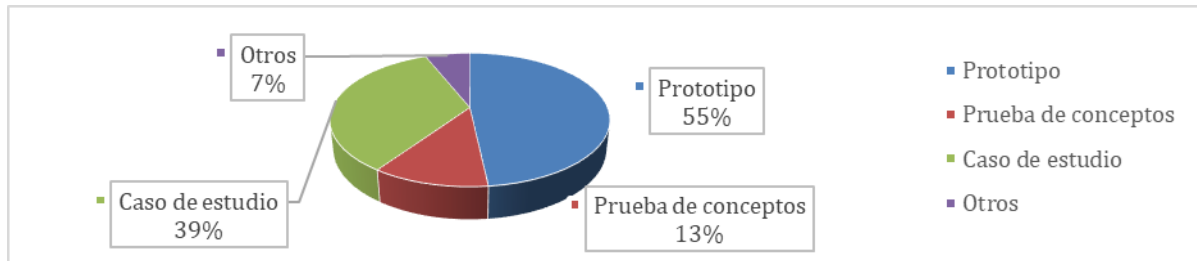


Figura 3.4 Porcentaje de clasificación de Tipos de validación RQ4. Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, tenemos el 39% de artículos que realizan estudios de caso. Por otro lado, se realizan cuasiexperimentos en el 25% de los artículos, y en el 13% se aplican encuestas, en el mismo porcentaje se realizan pruebas de concepto. Finalmente, se encontró que solo el 3% aplica experimentos y el 7% utiliza otros métodos de validación distintos.

3.4.2. Comparación de criterios

En esta subsección, presentamos gráficos de burbujas para relacionar los criterios de extracción para obtener resultados y dar conclusiones de estas investigaciones; cada tamaño de burbuja representa el número de estudios que incluyen este criterio, todos ellos están representados en un plano por coordenadas (x, y).

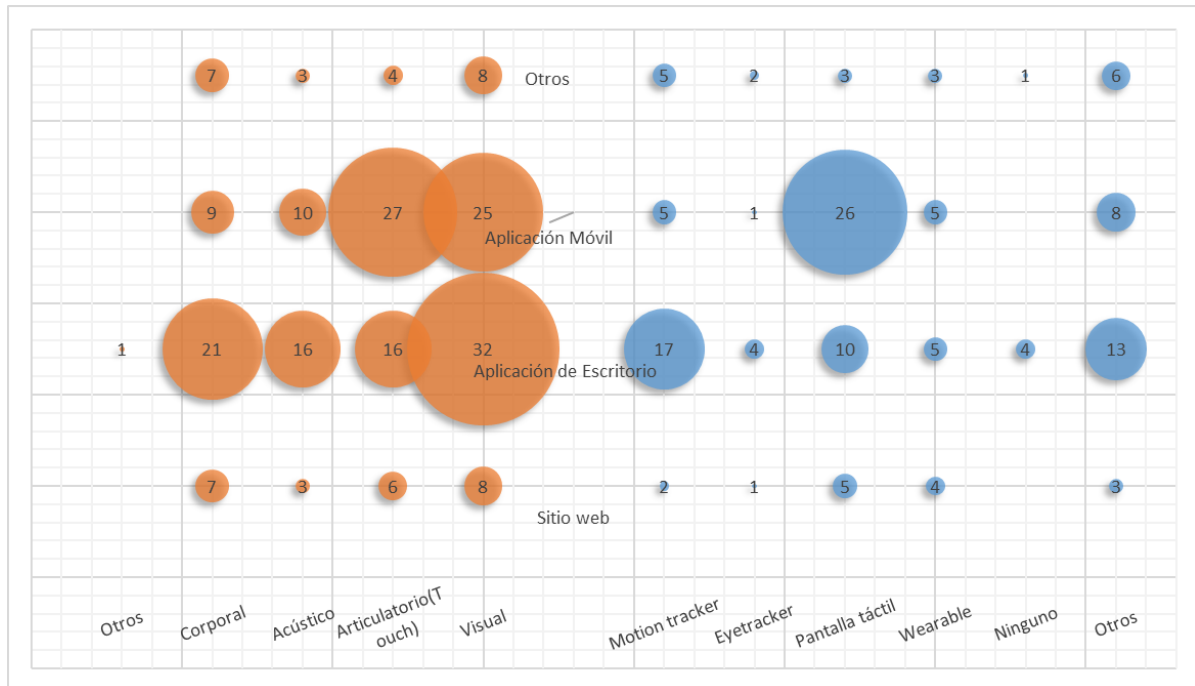


Figura 3.5 Comparación entre EC4: tipo de aplicaciones de software con EC1: dispositivos rastreadores de movimiento y EC2: subsistemas cognitivos interactivos. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.5, el eje y está representado por el criterio EC4: tipo de aplicación de software, y el eje x representado por EC1: dispositivos hápticos y EC2: subsistemas cognitivos interactivos, que presenta un alto número de estudios de aplicaciones móviles para dispositivos de pantalla táctil debido a aplicaciones para los teléfonos inteligentes se prueban continuamente en el mercado masivo a través de actualizaciones y existen oportunidades para mejorar la usabilidad en el ámbito de los gestos táctiles que podrían ayudar a encontrar soluciones de diseño más intuitivas (Westphal et al., 2017).

En la creación de software para subsistemas cognitivos interactivos tienen menor presencia con software de sitios web enfocados en un subsistema acústico; un ejemplo es una tele rehabilitación a través de una aplicación web utilizada para entrenar el cerebro y prevenir contenido de rehabilitación específico, pero en este ejemplo, solo dos personas participaron en las pruebas y temas como este requieren más investigación (Bargagna et al., 2014).

Finalmente, en la Figura 3.6 el eje y representa el criterio EC1: dispositivos hápticos, y el eje x presenta los criterios EC7: nivel de prevención, EC8: enfermedades cognitivas, EC9: enfermedades físicas y EC11: validación.

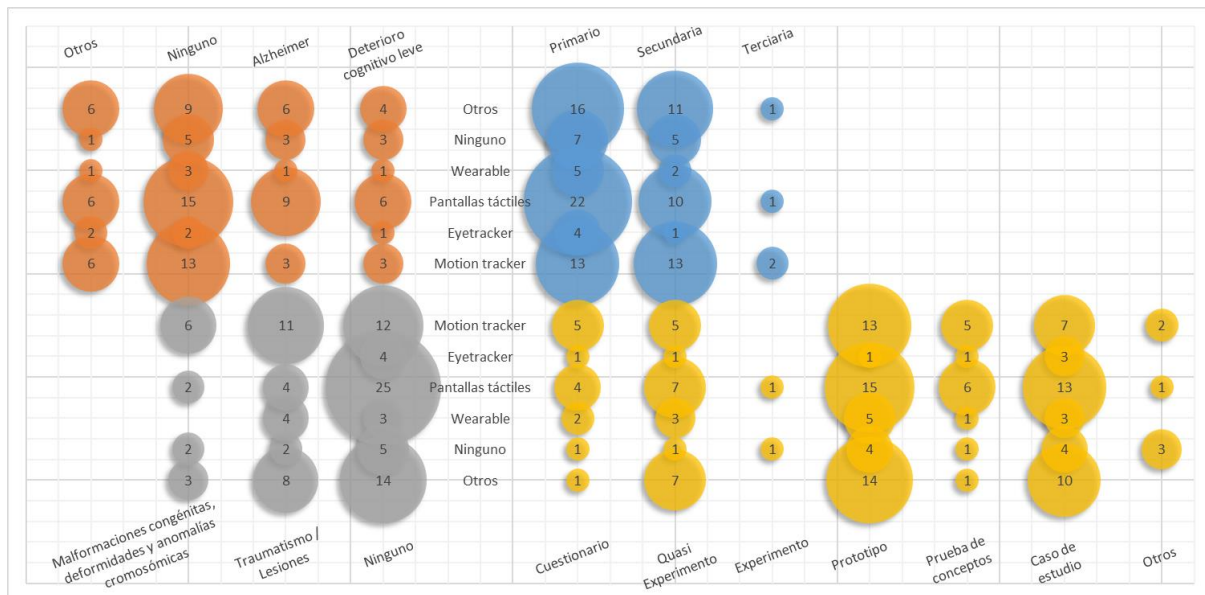


Figura 3.6 Comparación entre EC1: dispositivos de seguimiento de movimiento con EC7: nivel de prevención, EC8: enfermedades cognitivas, EC9: enfermedades físicas y EC11: validación. Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar la siguiente hipótesis:

- La relación de dispositivos con pantallas táctiles representa un gran porcentaje para el nivel de prevención primaria, tal es la aplicación en cirugías táctiles como mecanismo de entrenamiento cognitivo, y la investigación en este campo se relaciona con simular situaciones de la vida real (Kowalewski et al., 2017).
- El bajo uso de dispositivos portátiles en enfermedades cognitivas como el Alzheimer, representa un desafío para aprender nuevas formas de interacción ya que reflejan una solución prometedora en el entrenamiento cognitivo para adultos mayores (Guimarães et al., 2018).
- La captura de movimiento tiene más investigación que otros dispositivos relacionados para mejorar las aplicaciones de malformaciones congénitas o lesiones físicas, una de las razones es que esta tecnología incluye retroalimentación asociada para desarrollar tareas de entrenamiento perceptivo corporal en aplicaciones de realidad virtual utilizando dispositivos de captura de movimiento (Yeh et al., 2013). El desarrollo futuro puede incluir el uso de acelerómetros de tres ejes del mando de Wii que, permitirá una gama mucho más amplia de movimientos de brazo rastreables para el juego de rehabilitación de accidentes cerebrovasculares (Harley et al., 2011).
- La importancia de diseñar prototipos para probar soluciones reales cuando utilizamos los dispositivos de pantalla táctil, por ejemplo, el uso de la visión por computadora para monitorear a un usuario y ayudar a mejorar sus habilidades en tareas artísticas.

Casos como este podrían aumentar con el diseño de prototipos finales y ser probados con usuarios finales reales (Blunsden et al., 2009).

3.4.3. Discusión

En esta sección se presenta un resumen de los resultados obtenidos luego de la revisión de estudios primarios. La Figura 3.7 indica la cantidad de estudios realizados en cada año dentro del rango de búsqueda comprendido entre los años 2006 y 2019. Se aprecia que, en los años 2011, 2014, 2016 y 2019 se han realizado la publicación de estudios relacionados al tema de estudio, demostrando el interés de la comunidad en la investigación de dispositivos para captura de movimiento para el cuidado y soporte de la salud de adultos mayores.

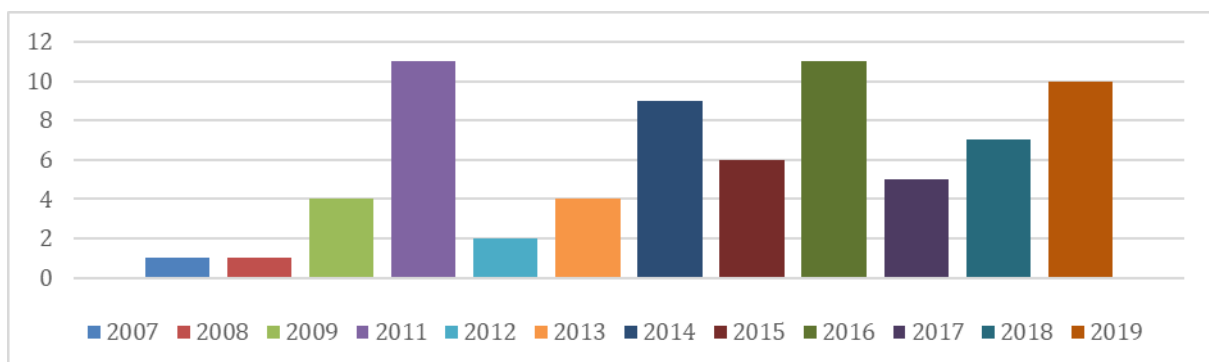


Figura 3.7 Cantidad de estudios por año de publicación. Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados obtenidos anteriormente, se responde a las sub-preguntas de investigación planteadas en este capítulo:

RQ1. *¿Qué dispositivos se usan para las aplicaciones orientadas a la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física motriz del adulto mayor?*

Respecto a los dispositivos que se usan para las aplicaciones orientadas a la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física en adultos mayores, se ha encontrado que los dispositivos de captura de movimiento táctiles tienen mayor presencia al momento de crear soluciones para pacientes con niveles de prevención primaria, ya que sugiere un mecanismo para entrenamiento que permite una interacción natural (no perfecta) de constante aprendizaje como se establece en los juegos serios. De la misma forma los dispositivos de captura de movimiento presentan un alto nivel de investigación ya que, permiten el diseño de soluciones más intuitivas enfocadas en pacientes con dificultades físicas, se dispone además de dispositivos como el Kinect y *eye-tracker* que se encaminan



en capturar el movimiento de más partes del cuerpo permitiendo el entrenamiento de las mismas.

RQ2. *¿Qué tipo de interacciones humano computador (HCI) se utilizan para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física motriz del adulto mayor?*

Los resultados para interacciones humano computador usadas para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física indican que, las interacciones de tipo visual y táctil, tienen una mayor presencia debido a la facilidad de creación de soluciones que apoyen a pacientes con dificultades cognitivas por ejemplo, a través de aplicaciones de memoria, y aplicaciones que requieren interacción táctil en una pantalla para cumplir ciertos objetivos, generando movimiento en las extremidades.

RQ3. *¿Qué tipo de aplicaciones se han creado para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física motriz del adulto mayor?*

Las aplicaciones para mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física en adultos mayores, tiene mayor representación al momento de desarrollar aplicaciones de escritorio, debido a que estas aplicaciones permiten la conexión con hardware específico para cumplir ciertas tareas, (p. ej., cámaras especiales, sensores, dispositivos hápticos, hardware personalizado) que no podrían utilizarse en un entorno web o móvil, los cuales, en su mayoría favorecen a un entrenamiento físico. Las aplicaciones móviles son otro tipo de software usado con mayor frecuencia, ya que a consecuencia del gran uso de dispositivos táctiles existe un mayor desarrollo de estas aplicaciones, ayudando en la mejora de la condición psicológica.

RQ4. *¿Cómo está direccionada la investigación relacionada con la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física motriz del adulto mayor mediante el uso de aplicaciones y dispositivos de interacción humano computador?*

La investigación mediante el uso de aplicaciones y dispositivos HCI indica que, los prototipos son usados en mayor cantidad al momento de aplicar métodos de evaluación, ya que brindan una visión de cómo será la solución final a desarrollarse, permitiendo aplicarse a situaciones reales en casos particulares y concretos. Seguido por los casos de estudio utilizado como una técnica de investigación cualitativa en las ciencias de la salud y sociales, en dónde se precisa la investigación de las enfermedades y alteraciones mentales y físicas mediante el estudio de las personas que las padecen. Además de existir mayor interés en la creación de nuevas metodologías por parte de la academia.



En base a los resultados obtenidos en las sub-preguntas de investigación, se puede responder a la pregunta de investigación general.

RQG: *¿Qué dispositivos y aplicaciones de interacción humano computador (HCI) dan soporte a la condición neuropsicológica y motriz del adulto mayor?*

Se ha encontrado que los dispositivos táctiles brindan mayor soporte a sistemas que apoyan en la mejora de la calidad de vida de los adultos mayores y su salud. El principal enfoque es en niveles de prevención primarias, es decir, pacientes que están iniciando o recientemente han sido diagnosticados con alguna deficiencia cognitiva o física, para lo cual realizan entrenamiento de sus funciones físicas y cognitivas a través de interacciones visuales.

Por esta razón la mayoría de soluciones desarrollan aplicaciones de escritorio que presentan como método de evaluación la implementación de prototipos en situaciones apegadas a la realidad de los pacientes, dando la oportunidad de recolectar información con los dispositivos mediante el monitoreo de signos vitales y movimientos corporales que ayudarán a una correcta evaluación de su estado de salud por parte de profesionales del área médica.

3.5 Discusión de resultados

El uso de dispositivos de captura de movimiento está aumentando, principalmente en aplicaciones para entrenamiento de personas mayores con deficiencias físicas y cognitivas. Principalmente se pueden encontrar aplicaciones recreativas o de rehabilitación, físicas y cognitivas, como juegos serios y exergames. Gran parte de la literatura académica habla sobre el desarrollo de hardware para apoyar diferentes discapacidades en las personas mayores. Sin embargo, existe un gran problema con el elevado coste de los dispositivos existentes en el mercado, que podría ser un impedimento para avanzar y desarrollar nuevas soluciones en este ámbito.

Un resultado significativo es que muchos artículos (55%) utilizan prototipos para validar sus diseños, lo que generalmente va acompañado del desarrollo de software. Del mismo modo, la interacción principal es visual; la mayoría de las publicaciones implementan aplicaciones de escritorio (51%) o móviles (45%).

Los resultados muestran que es necesario proponer más métodos o estándares para el desarrollo de aplicaciones enfocadas a adultos mayores. Así mismo, se puede concluir que



el uso de dispositivos de captura de movimiento es una herramienta tecnológica fundamental para el desarrollo de nuevas soluciones en el área de rehabilitación y entrenamiento físico y cognitivo para personas mayores. También se observa que aún existen brechas que pueden ser mejoradas, como la creación de DSLs u otro tipo de herramientas que ayuden a mejorar el desarrollo en el área.

En conclusión, es indispensable utilizar dispositivos de captura de movimiento para brindar una buena interacción entre las personas mayores y la tecnología, incluidos diferentes tipos de software e interfaz. Es necesario seguir los estándares médicos para capacitar a las personas mayores en sistemas físicos y cognitivos correctamente. Es importante mencionar que no existen muchas soluciones que los adultos mayores puedan utilizar para disminuir las deficiencias cognitivas y físicas o mejorar sus capacidades. El desarrollo en el área todavía tiene mucho espacio para investigar.

Para trabajos futuros, es esencial considerar el desarrollo de un lenguaje específico de dominio para ayudar al proceso de diseño de aplicaciones que mejoren la calidad de vida de los adultos mayores, siguiendo estándares y trabajando en conjunto con expertos en el área de la salud para garantizar la perfecta funcionalidad y aplicabilidad de las soluciones finales planteadas.



CAPÍTULO 4

SELECCIÓN DE INTERACCIONES Y DISEÑO DEL DSL

En este capítulo, se presenta la selección y descripción de un conjunto de interacciones al igual que los dispositivos de captura de movimiento, mismos que responden a las necesidades de los adultos mayores. Posteriormente se crea un DSL mediante la instanciación de un metamodelo para luego representarlo en un modelo MoCap.

El capítulo se organiza de la siguiente manera: la sección 4.1 presenta una breve introducción del capítulo; la sección 4.2 indica el conjunto de interacciones; la sección 4.3 define a los dispositivos de captura de movimiento; la sección 4.4 conceptualiza la descripción del problema a dar solución; la sección 4.5 presenta al metamodelo MoCap del cual derivan los capítulos posteriores; la sección 4.6 expone al lenguaje de dominio específico DSL-MoCap.

4.1 Introducción

La comunicación es una de las habilidades más importantes que los humanos tienen, ya que a través de ésta se intercambia información y se logra una comunicación efectiva. Existen diferentes formas de comunicación tales como: el habla, escritura y señas, siendo esta última un desafío. En el caso del adulto mayor, la comunicación mediante señas se vuelve compleja, debido a las limitaciones propias de la edad. Por tal motivo, varios mecanismos para interpretar esta forma de comunicación se han creado, mediante el uso de diferentes dispositivos de captura de movimiento (*Motion Capture* - MoCap); lo que abre un campo de investigación en el área de HCI; esto relaciona, además a la tecnología con el área de la salud. Ya que, debido al creciente número de usuarios adultos mayores se ha incrementado la necesidad de medios que permitan mejorar su calidad de vida, minimizando el impacto en la reducción de sus habilidades físicas y cognitivas que se presentan a causa de su avanzada edad.



Los sistemas basados en gestos, han llegado a ser, una alternativa en el desarrollo de dispositivos y aplicaciones intuitivas para los usuarios ya que, permiten una interacción natural, posiblemente basada en una actividad que simula la realidad cotidiana de un paciente. Sin embargo, estos dispositivos dependen en la mayoría de los casos de software exclusivo, implementado por sus fabricantes, limitando el desarrollo de nuevas soluciones o alargando el tiempo de desarrollo. Por esta razón, es imprescindible la creación de un lenguaje de dominio específico que reduzca el tiempo de diseño de aplicaciones que usan dispositivos de captura de movimiento a través de una sintaxis que represente la solución a un problema de dominio como lo es la captura de movimiento de adultos mayores y que, posteriormente permita mejorar su condición física y cognitiva.

En este aspecto, el DSL creado será aplicado mediante un caso de estudio en un ambiente de vida asistido, lo que permitirá determinar la facilidad de uso por parte de expertos del dominio, brindando previamente una explicación detallada de los diferentes componentes del DSL y su funcionamiento, además de evaluar el tiempo de aprendizaje en el uso de una aplicación por parte de pacientes, como única forma de evaluación a corto tiempo.

4.2 Conjunto de interacciones

La construcción del conjunto de interacciones está conformada por los movimientos que realiza un usuario con las diferentes partes de su cuerpo frente a un dispositivo de captura de movimiento específico; sin embargo, para el diseño de las formas de interacción, se ha considerado interacciones estándar que pueden realizarse con cualquier tipo de dispositivo que capture movimiento.

En la Tabla 4.1, se presenta el conjunto de interacciones establecido por Guerra (2018); y Reed & Smith (1961), clasificado por la interacción que realiza y el tipo a la que pertenece, además se incluye las partes del cuerpo con las que las puede realizar; estas interacciones están limitadas al rango de movimiento que el paciente puede realizar. A continuación, se definen a cada uno de los tipos.

- Lateralidad: consiste en los movimientos que realiza una determinada parte del cuerpo hacia sus laterales, izquierda o derecha.
- Direccionalidad: incorpora los movimientos que pueden realizarse en 4 direcciones como son arriba, abajo, adelante y atrás.



- Circular: especifica el movimiento que pueden realizar ciertas partes del cuerpo mediante la rotación

Tipo de Orientación	Interacción	Partes del cuerpo
Lateralidad	Derecha	Cabeza, ojo, tronco, brazo, mano, pierna, pie
	Izquierda	Cabeza, ojo, tronco, brazo, mano, pierna, pie
Direccionalidad	Arriba	Cabeza, ojo, brazo, mano, pie
	Abajo	Cabeza, ojo, brazo, mano, pie
	Adelante	Brazo, mano
	Atrás	Brazo, mano
Circular	Simple	Cabeza, ojo, brazo, mano

Tabla 4.1 Conjunto de interacciones. Fuente: Elaboración propia

4.3 Dispositivos de captura de movimiento

Desde hace varios años el uso de la tecnología para capturar imágenes ha avanzado hasta el punto de permitir capturar movimiento que realiza una persona, animal u objeto mediante video a través de fotogramas con alta precisión. Esto ha posibilitado la creación de nuevas formas de interacción en entornos virtuales en el área de la salud y de la educación, simulando ambientes de la vida real que facilitan ciertas actividades cotidianas a las personas; sobre todo adultos mayores y/o personas con habilidades especiales, a quienes se garantice su experiencia en estos ambientes inteligentes (Kray et al., 2005).

Dentro de los dispositivos se incluyen también sensores táctiles colocados en pantallas, trackballs en celulares y touchpad en laptops, que permiten el rastreo del movimiento que realiza una persona con sus dedos, así como *eye-trackers* que rastrean el movimiento del ojo haciendo uso de un sensor infrarrojo (Sharafi et al., 2015).

En el presente trabajo de titulación, se hará uso de la cámara web como dispositivo de captura de movimiento; sin embargo, el DSL propuesto es adaptable a cualquier tipo de hardware; variando únicamente la aplicación en la que se desee instanciar posterior a su modelado. En este caso la propuesta será un juego serio y la cámara web se adapta a esta aplicación que se explicará más adelante.

4.4 Planteamiento del problema

Se plantea la realización de un lenguaje de dominio específico (DSL) para facilitar la representación de aplicaciones de captura de movimiento para el uso por expertos del dominio, que se adapten a las necesidades de adultos mayores en ambientes de vida asistidos (AAL).

Además, es necesario incluir el dispositivo para capturar el movimiento realizado por el paciente, luego relacionar el dispositivo y las interacciones con las partes del cuerpo correspondientes (encargadas de hacer determinados movimientos), para concluir con una acción que puede ser representada como una actividad a cumplirse; y considerarse como un comando para la activación de un dispositivo en un ambiente de internet de las cosas (*Internet of Things* - IoT).

4.5 Metamodelo MoCap

Para la construcción del metamodelo MoCap, algunas de las meta-clases han seguido las ergonomías expuestas en el Capítulo 2, así como también guías correspondientes al área psicológica (Maura Mitrushina, 2005); esto ha permitido diseñar de una manera clara y ordenada, garantizando una buena calidad en su elaboración y mejor aceptación por parte de los usuarios. La Figura 4.1, presenta al metamodelo MoCap y las clases que lo conforman.

El metamodelo MoCap incluye las siguientes clases:

- *Modelo*, constituye la clase inicial del metamodelo de captura de movimiento, de donde parten las clases principales: *ParteCuerpo*, *Interacción*, *Dispositivo*, *Evento* y *Acción*.
- *Evento*, representa el modo de interacción que un usuario va a recibir por parte de la aplicación, para ejecutar una tarea o movimiento hacia el dispositivo, pudiendo ser *visual* mediante una orden textual, *acústica* a través de audio y *audiovisual* usando un video o animación. Esta clase está relacionada con *ParteCuerpo*, *Dispositivo*, *Interacción* y *Acción*.
- *ParteCuerpo*, representa cada una de las partes del cuerpo que intervienen en la interacción, como lo son: la *cabeza*, *tronco*, *ojo*, *brazo*, *mano*, *pierna* y *pie*. Cada una de las partes del cuerpo se limitan al rango de movimiento que al usuario le es posible realizar.

- *Dispositivo*, incluye a los dispositivos, los cuales captarán las interacciones que el usuario realice (p.ej., mover la mano hacia la derecha), teniendo como dispositivos a cámaras de cualquier tipo (p.ej., cámaras 3D con profundidad, cámaras web, entre otras).
- *Interacción*, representa al contenedor de una interacción, o varias a modo de secuencia, que dependen del *dispositivo* y de *ParteCuerpo* para producir una *acción*. Dispone de 3 tipos de orientación: lateralidad, direccionalidad y rotación (explicadas en el punto 4.2).
- *Acción*, indica el producto que se tendrá como respuesta al hacer una interacción p. ej., encender una lámpara.

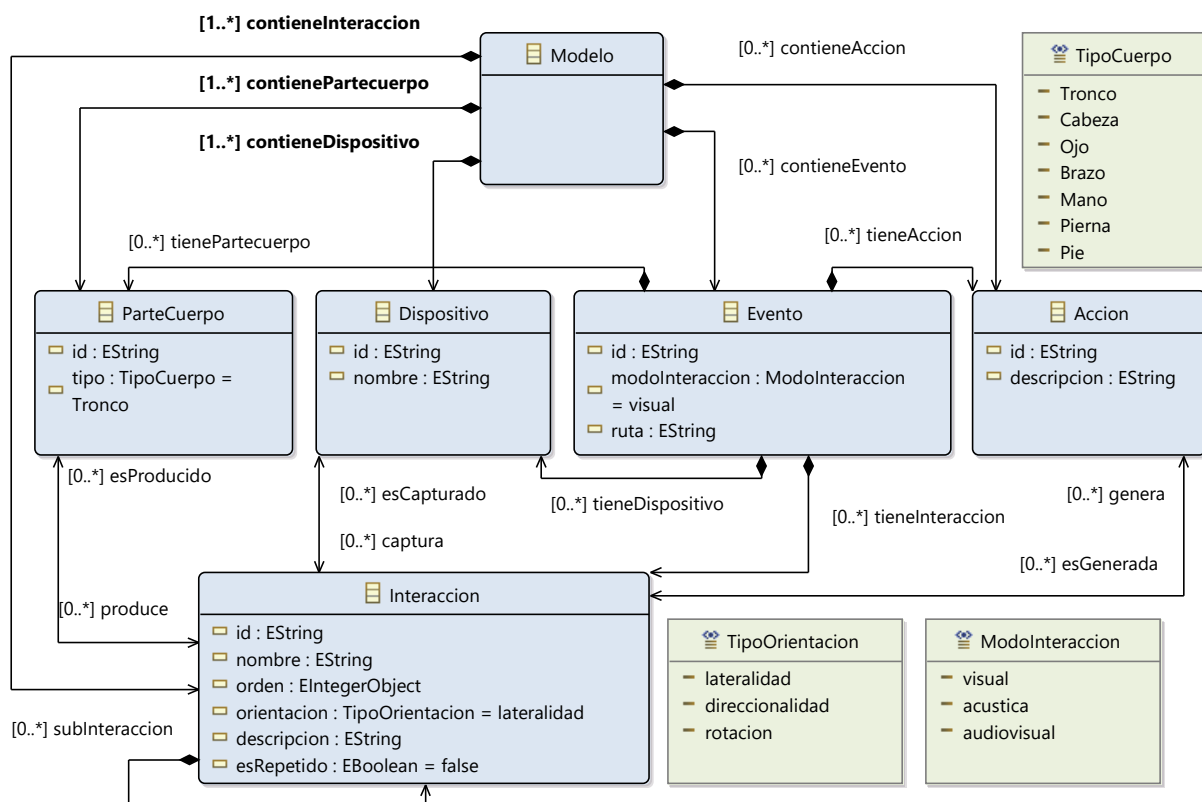


Figura 4.1 Metamodelo MoCap. Fuente: Elaboración propia

4.6 DSL MoCap

Un lenguaje de dominio específico (*Domain Specific Language - DSL*) es un lenguaje de programación usado para representar conceptos de aplicación particular para un problema de dominio específico (Viana & Santos, 2017). Las ventajas de usar un DSL son reducir la brecha entre los requisitos de un sistema de software y la implementación de estos, además

mejora la capacidad de mantenimiento del software debido a una sintaxis menos detallada, aumentando la productividad y compatibilidad con herramientas específicas de dominio (Fehrenbach et al., 2013). La implementación del modelo MoCap se realizó a través del DSL creado en la herramienta *Obeo Designer* (Cédric Brun, 2021), misma que brinda herramientas para modelado de código abierto, como es el caso de metamodelos y lenguajes de dominio específico, construidos a partir de varios diagramas que definen la estructura del modelo final presentado en este trabajo; brindando al usuario del área de la salud una herramienta que permite su fácil manejo para visualizar el metamodelo, y al experto del dominio facilita la generación de código (El Kouhen et al., 2012).

La Figura 4.2, describe la paleta de componentes que se crearon a partir del metamodelo presentado anteriormente y su posterior creación mediante un entorno gráfico amigable al usuario. Estos componentes se encuentran agrupados como: *Contenedores*, *Partes del Cuerpo*, *Interacciones*, *Enlace*, *Dispositivos* y *Acciones*.

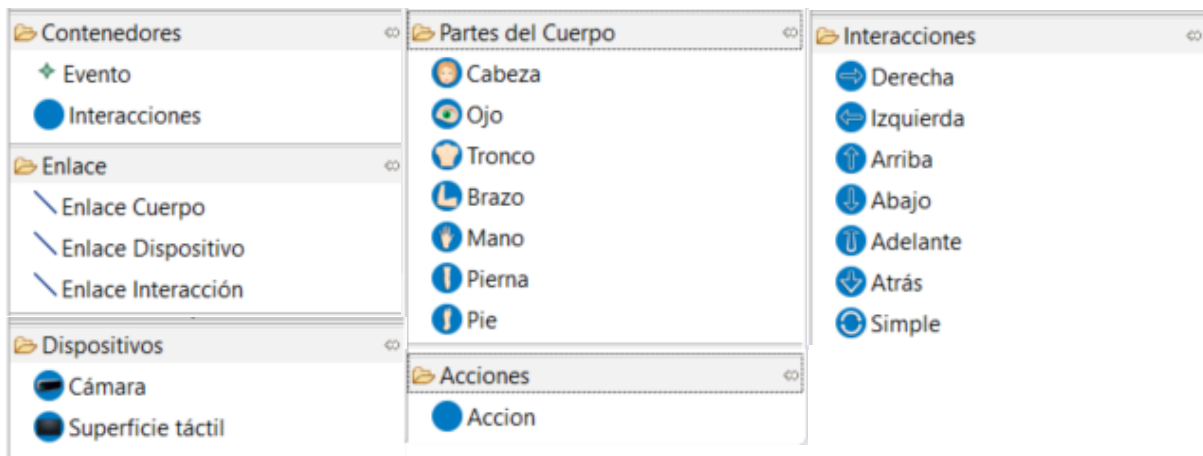



Figura 4.2 Paleta de componentes del DSL. Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4.2 presenta la paleta de componentes del DSL MoCap, misma que podrá ser utilizada en la creación de un modelo de ambiente de vida asistida por el entorno a través de la instanciación de múltiples aplicaciones en un dominio específico.

Gráfico	Componente	Descripción
Contenedores		
	Evento	Representa al tipo de interacción a la que hace referencia el entorno gráfico (visual, acústico y audiovisual), y todos los componentes que forman parte de él.
























	Interacciones	Contiene a una o varias interacciones (que pueden repetirse), p. ej., izquierda – derecha.
Enlace		
	Enlace Cuerpo	Línea que conecta a las partes del cuerpo con el contenedor de interacciones.
	Enlace Dispositivo	Línea que conecta al dispositivo con las interacciones.
	Enlace Interacción	Línea que conecta a las interacciones con la acción.
Dispositivos		
	Cámara	Representa a cualquier tipo de cámara para capturar el movimiento en el modelo.
	Superficie táctil	Dispositivo que captura el movimiento que hace un usuario con sus dedos en una superficie.
Partes del Cuerpo		
	Cabeza	Parte del cuerpo con la que se realizará el movimiento para ser capturado por el dispositivo (sujetas a su rango de movilidad).
	Ojo	
	Tronco	
	Brazo	
	Mano	
	Pierna	
	Pie	
Interacciones		
	Derecha	Dirección a la cual deberá moverse la parte del cuerpo involucrada.
	Izquierda	
	Arriba	
	Abajo	
	Adelante	
	Atrás	
	Simple	
Acciones		
	Acción	Resultado que deberá obtenerse al realizar la interacción con una parte del cuerpo indicada y un dispositivo involucrado.

Tabla 4.2 Descripción de los componentes del DSL-MoCap. Fuente: Elaboración propia

En la siguiente sección, se utilizan los componentes del DSL MoCap, para instanciar un juego serio en AAL, a modo de ejemplo de la solución, en un dominio específico, cabe recalcar que el DSL es aplicable a cualquier aplicación. Como resultado de la construcción del modelo se muestra la Figura 4.3 aplicando el DSL-MoCap para el primer nivel del juego serio que se presentará en el siguiente capítulo. Además, se usa como dispositivo a la cámara web y como parte del cuerpo a la cabeza; se utilizan los componentes presentados en el punto anterior.

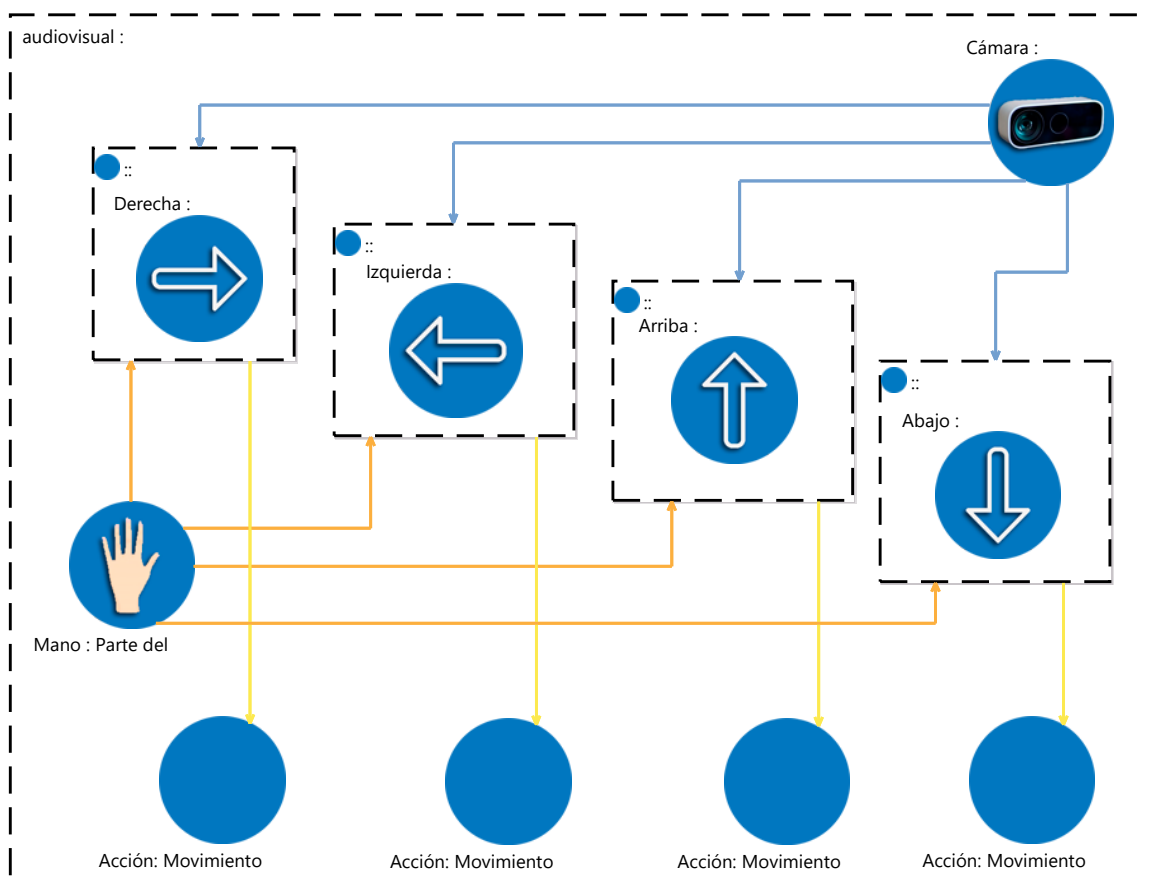


Figura 4.3 Representación del Modelo DSL-MoCap en AAL. Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO 5

EVALUACIÓN DEL ESTUDIO DE CASO: STROOP GAME

Cuando se habla de juegos, se interpreta a su objetivo como la diversión y el entretenimiento, sin embargo, en los juegos serios este concepto cambia completamente, ya que su objetivo principal radica en la educación o entrenamiento de la persona que lo realiza (Abt, 1987). Por tal, en el presente capítulo se presenta un juego serio a modo de instanciación del DSL-MoCap basado en el efecto *Stroop* denominado “*Tareas Stroop*”, el mismo que será evaluado con usuarios adultos mayores.

El capítulo se organiza de la siguiente manera: la sección 5.1 conceptualiza a la tarea *Stroop* y su relación en el área tecnológica; la sección 5.2 muestra los modelos creados a partir de la tarea *Stroop* con el DSL-MoCap para la generación del juego serio; la sección 5.3 se desarrolla el juego serio y se evalúa la aplicación final con pacientes; la sección 5.4 se realiza la evaluación el caso de estudio; la sección presenta las conclusiones del presente capítulo.

5.1 Stroop Game

La tarea *Stroop* dentro del área de la Psicología es adecuada para estudios de análisis de atención; y entendida como la interferencia semántica que se produce cuando se trata por ejemplo de identificar el color en que está escrita una palabra, cuyo significado denomina a otro color. Esta tarea funciona en la parte prefrontal del cerebro (enfocada en el control ejecutivo) y permite coordinar procesos para llevar a cabo una determinada tarea (Cuerva, 2000).

En el presente capítulo, se propone un juego serio basado en la Tarea *Stroop* enfocado en acciones y direcciones que, consiste en realizar la actividad opuesta a la orden dada. Es importante crear este tipo de aplicaciones con la finalidad de dar soporte al profesional de la salud y brindar atención a las personas con dificultades físicas y/o cognitivas mediante el entrenamiento físico y/o cognitivo.



Para la aplicación de la tarea *Stroop* se realiza un juego serio que, se compone de un conjunto de flechas que apuntan a 4 direcciones (arriba, abajo, izquierda y derecha) y sus diagonales, a los cuales el paciente deberá seguir con alguna parte de su cuerpo frente a un dispositivo de captura de movimiento (cámara web) mediante interacciones o movimientos realizados con una parte de su cuerpo (Cabeza o mano).

5.2 DSL aplicado al juego serio

En la Figura 4.3, se presentó un modelo de ejemplo aplicando el DSL-MoCap, este modelo representa al primer nivel del juego serio que incluye los movimientos hacia cuatro direcciones como son arriba, abajo, derecha e izquierda. Para la segunda representación, en el DSL-MoCap mostrado en la Figura 5.1, se presentan los movimientos con interacciones seguidas o combinadas. Estas representaciones combinadas unidas a las del primer nivel, será parte del segundo nivel, en donde se dispondrá de un total de ocho interacciones.

Las interacciones combinadas están clasificadas como se muestra a continuación:

- **Derecha superior:** derecha – arriba.
- **Derecha inferior:** derecha – abajo.
- **Izquierda superior:** izquierda – arriba.
- **Izquierda inferior:** izquierda – inferior.

Además de las interacciones vistas anteriormente, el juego serio posee 3 modos de interacción realizado por el usuario, que consiste en la forma como va a recibir las ordenes, siendo estas de forma escrita (para lectura), acústica (para escuchar) y visual (para interpretar), de forma que el usuario podrá entrenar el sentido de la vista y oído; a la vez que, realizará movimientos con su cabeza o mano en donde se ejercitará físicamente, y la tarea *Stroop* al ser una orden que implicará procesamiento lógico efectuará un entrenamiento cognitivo, la Figura 5.2 muestra los 3 tipos de interacción dentro de la aplicación.

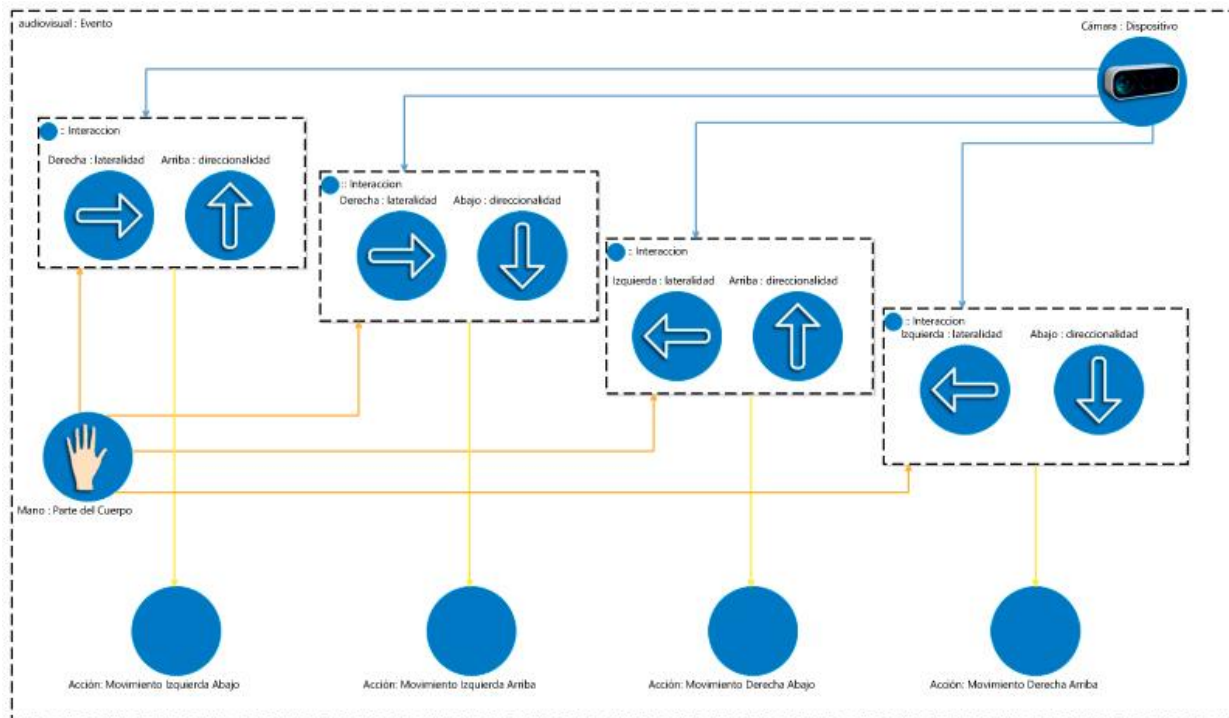


Figura 5.1 Representación del DSL en AAL para segundo nivel de Aplicación "Tarea Stroop". Fuente: Elaboración propia



Figura 5.2 Tipos de interacción: Escrita, Acústica, Visual. Fuente: Elaboración propia

5.3 Desarrollo del juego serio

Este juego se ha denominado "Stroop Game" disponible en la página web <https://stroop-games.web.app/>, mismo que se ha desarrollado en Angular, usando una base de datos no relacional alojada en Firestore y desplegada en la web en Firebase, ambas en la nube de Google, cuyo código se encuentra disponible en un repositorio de GitHub en la cuenta del autor (<https://github.com/briantylerec>).

La aplicación cuenta con una pantalla de registro para los participantes que, servirá para medir su avance, este avance podrá ser evaluado únicamente por el tiempo que le toma en culminar cada nivel. La Figura 5.3, muestra la pantalla de inicio de la aplicación, en donde

el paciente deberá ingresar su cédula y en el caso de no estar registrado se procederá con su registro en la Figura 5.4.

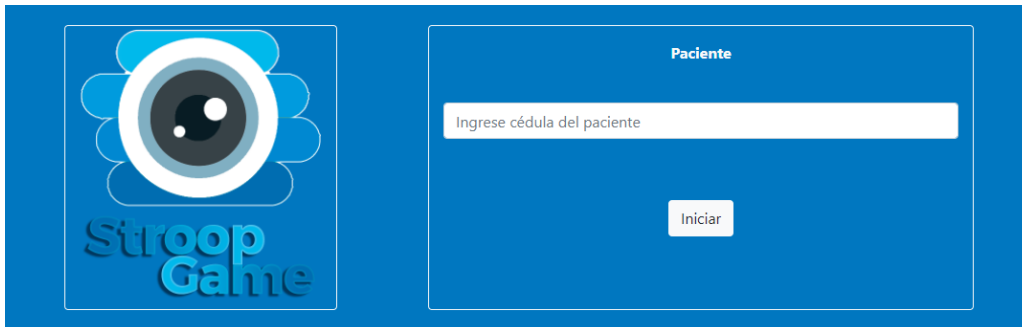


Figura 5.3 Pantalla de inicio. Fuente: Elaboración propia



Figura 5.4 Pantalla de registro. Fuente: Elaboración propia

La Figura 5.5, muestra las indicaciones para ejecutar y usar la aplicación, ya que la misma depende de un software adicional para su uso con la cámara web que funciona como un dispositivo de rastreo de movimiento, en este caso el software es *CameraMouse* (<http://www.cameramouse.org/>) que debe estar instalado previamente y configurado su sensibilidad en un nivel bajo - LOW (dependiendo de la calidad de la cámara web del participante). Este software, permite usar la cámara web como mouse (cursor) dentro de la computadora, lo que resulta de gran utilidad al momento de realizar las interacciones. Además, la pantalla permite seleccionar la mano o cabeza como parte del cuerpo y, el tipo de interacción sirve para interactuar en los dos niveles de la aplicación.

Tarea Stroop


La tarea Stroop consiste en realizar la acción con una interferencia a la orden recibida. En el centro de la pantalla se mostrará la orden, y alrededor varias flechas en otras direcciones. El usuario deberá mover el cursor de la computadora hacia la flecha con la dirección opuesta y volver al centro de la pantalla. El juego consta de 2 niveles de dificultad.

Este juego se puede realizar usando diferentes dispositivos que capturen el movimiento corporal, en esta ocasión se usará la cámara web y un software para rastrear el movimiento.

Software a usar


Asegúrese de tener instalado e iniciado el software CameraMouse antes de continuar [Clic aquí para descargar](#)

Se deberá configurar la sensibilidad de la aplicación a LOW en caso de que el movimiento del cursos sea muy rápido, como se muestra en la siguiente imagen.




Cabeza

Clic en la nariz para tener como punto de referencia.



Mano

Clic en cualquier parte de la mano para tener como punto de referencia.



Una vez seleccionada la parte de referencia, esperar unos segundos e iniciar el juego.

Datos del Juego

Parte del cuerpo: (*Parte del cuerpo a usar)

Modo de interacción: (*El juego dara la indicación dependiendo de su elección)

Figura 5.5 Pantalla de indicaciones. Fuente: Elaboración propia

La Figura 5.6, muestra la interfaz del primer nivel, en donde, el usuario deber realizar el movimiento de la parte del cuerpo elegida hacia la dirección opuesta a la que se solicita, debiendo repetirse ocho veces con indicaciones aleatorias que permitirán medir su avance. En el centro de la pantalla se mostrará la indicación en el modo seleccionado.

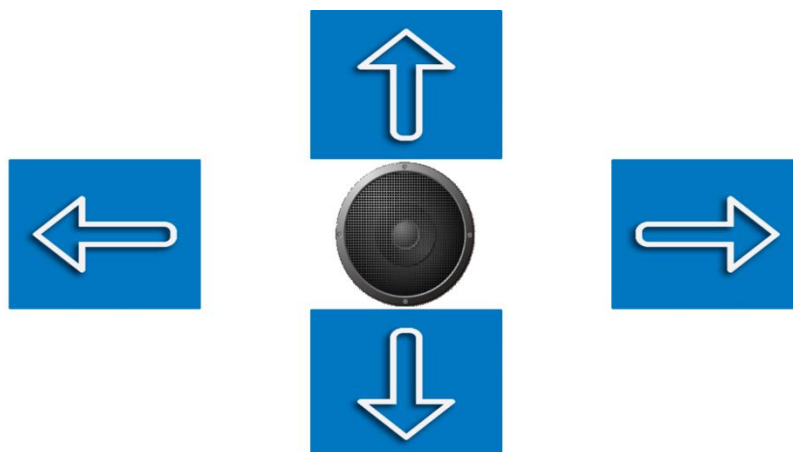


Figura 5.6 Pantalla del primer nivel. Fuente: Elaboración propia

Una vez concluido el primer nivel, se avanza automáticamente al segundo, cuya interfaz de usuario se puede observar en la Figura 5.7, en donde a diferencia del primer nivel se incluyen interacciones combinadas hacia los extremos, y el paciente igualmente deberá realizarlas de manera opuesta a lo que se pide como indicación; este nivel también se debe realizar 8 veces antes de concluir con el juego.

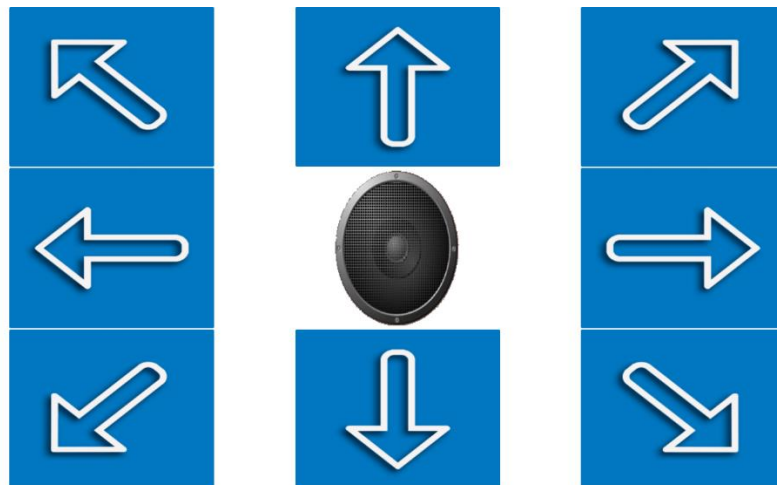


Figura 5.7 Pantalla del segundo nivel. Fuente: Elaboración propia

5.4 Caso de estudio

El juego construido a partir del DSL-MoCap, ha sido evaluado a través de un estudio de caso. Se ha seguido la metodología propuesta por Runeson et al. (2009). Las actividades a seguir durante la ejecución del estudio de caso son 1) diseño, 2) consideraciones éticas, 3) preparación para la recolección de datos: se definen procedimientos y protocolos para la recolección de datos, 4) recolección de evidencia: ejecución con recolección de datos sobre el caso, 5) análisis de los datos recopilados y presentación de informes, y 6) análisis de amenazas de validez.

5.4.1. Diseño

El objetivo principal de este estudio de caso es conocer las percepciones de los adultos mayores sobre el juego serio desarrollado para entrenamiento cognitivo, específicamente el control inhibitorio. En este contexto, la pregunta de investigación es:

- ¿Cómo percibe el usuario final la utilidad de la solución tecnológica?

En los estudios de caso; el caso y la unidad de análisis deben seleccionarse intencionalmente; en este sentido, la Figura 5.8 presenta al entrenamiento cognitivo como el caso y a los adultos mayores como unidad de análisis. Este estudio de caso sigue un método único y holístico, debido a que, a través de él, las percepciones de una unidad de análisis se presentan en un solo contexto.

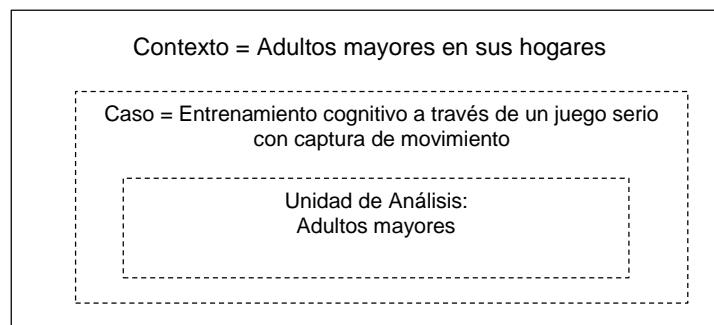


Figura 5.8 Método único, holístico. Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Consideraciones éticas

En un primer paso, un investigador explica el proceso de funcionalidad del juego desarrollado; a continuación, se resuelven las dudas en el caso de existir alguna. El consentimiento informado, la revisión de la aprobación de la junta y la confidencialidad fueron medidas que se han considerado para garantizar el bienestar de los participantes; aunque, un estudio de investigación se basa en la confianza entre el investigador y el caso (Andrews & Pradhan, 2001).

5.4.3. Preparación para la recolección de datos

Para recoger la información, previamente se ha diseñado una encuesta basada en el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) (Davis, 1985), presentado en la Tabla 5.1 y utiliza una escala Likert. Este modelo es de los más utilizados y empleados con éxito en el área de la investigación, encargado de predecir la aceptación de los sistemas de información por los usuarios, que parte de la teoría de la acción de la razón (*Theory of Reasoned Action - TRA*) (Fishbein & Ajzen, 1975), basada en la utilidad percibida y facilidad de uso percibida y las actitudes, intenciones y comportamiento de los usuarios al instante de adoptar una tecnología de computación. Por esta razón, TAM se apoya en la facilidad de uso y la utilidad percibida de un sistema como principales determinantes de las actitudes hacia una nueva tecnología (Davis, 1985). En este modelo de aceptación tecnológica, el uso es resultado de la intención de conducta como se puede visualizar en la Figura 5.9, cuyas definiciones son las siguientes:

- *Facilidad de Uso Percibida (PEOU)*: nivel en el que los usuarios perciben que un sistema sea libre de esfuerzo.
- *Utilidad Percibida (PU)*: nivel en que el usuario que usa una aplicación específica podría incrementar su rendimiento laboral en un contexto organizacional.
- *Actitud (A)*: las ganas de un usuario para usar el sistema. Tanto PU como PEOU predicen la actitud hacia usar el sistema.

- *Intención de Comportamiento (IC)*: la medida de la resistencia a ejecutar un comportamiento específico.
- *Uso*: el uso actual del sistema. Este es predicho por intenciones del comportamiento.

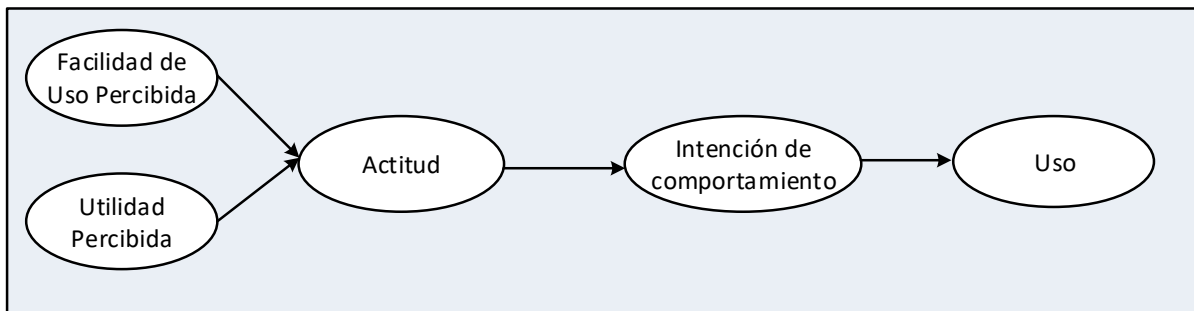


Figura 5.9 Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM). Fuente: (Davis, 1985)

Pregunta	Declaración Positiva (5 puntos)
PEOU1	El juego serio es sencillo y fácil de seguir.
PEOU2	La representación gráfica no es fácil de entender.
PEOU3	Los pasos para instalación e inicio del juego serio son claro y fácil de entender.
PEOU4	El juego serio no es fácil de aprender.
PEOU5	Considero que sería fácil adquirir destrezas en el uso del juego serio.
PU1	Con el paso del tiempo el uso el juego serio podría ayudar a mejorar la movilidad de ciertas partes del cuerpo.
PU2	En general, considero que el uso del juego serio no es útil.
PU3	Considero que el juego serio es útil para mejorar el razonamiento lógico.
PU4	Pienso que el juego serio no es lo suficientemente expresivo para entrenamiento físico.
PU5	El uso del juego serio podría mejorar mi rendimiento en actividades físicas.
PU6	En general, pienso que el juego serio no podría permitirme mejorar mi razonamiento lógico.
ITU1	Si necesitaría entrenar su movilidad en el futuro, consideraría el juego serio.
ITU2	Si necesitaría entrenar su condición cognitiva en el futuro, consideraría el juego serio.
ITU3	Recomendaría el uso este juego serio para entrenamiento físico y/o cognitivo.

Tabla 5.1 Cuestionario Preguntas TAM. Fuente: Elaboración propia

5.4.4. Recolección de evidencia

Diez adultos mayores utilizaron el juego y la selección de los participantes fue por conveniencia; en la Figura 5.10 se muestra a uno de los participantes. Posteriormente, los participantes respondieron las preguntas de la encuesta.

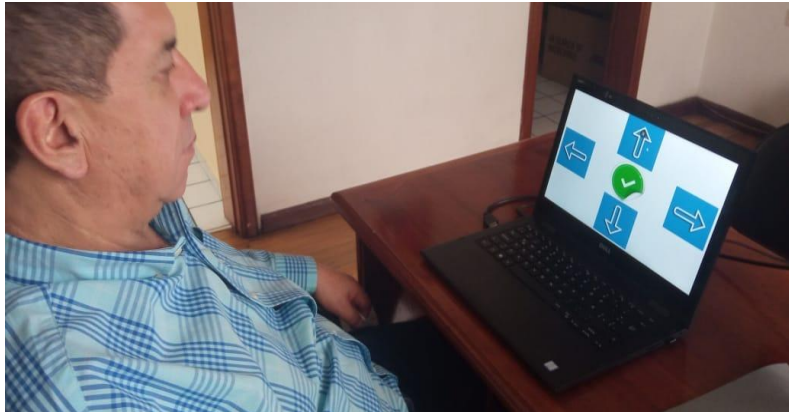


Figura 5.10 Participación de adulto mayor en el caso de estudio. Fuente: Elaboración propia.

5.4.5. Análisis de los datos recopilados y presentación de informes

Se calculó el promedio de respuestas obtenidas de cada componente TAM (Figura 5.11). Todos los participantes tienen la intención de utilizar este juego serio en el futuro para entrenar su entrenamiento físico o cognitivo. En cuanto a la facilidad de uso percibida, aunque existen variaciones, se observa que, en general, los adultos mayores perciben el juego como fácil. La media de estos resultados es 4,8 (DE = 0,2). Finalmente, los resultados son similares al anterior (media = 4,7, DE = 0,3) en cuanto a la utilidad percibida.

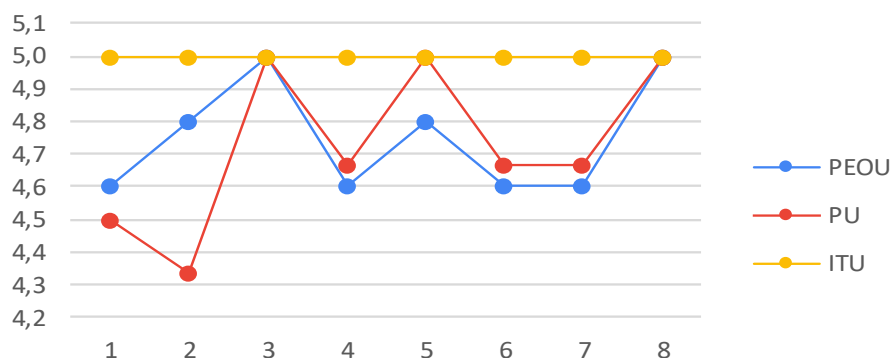


Figura 5.11 Resultados del caso de estudio: percepción del usuario. Fuente: Elaboración propia



5.4.6. Análisis de amenazas a la validez

Según Cook y Campbell (1979), los investigadores deben mitigar cuatro amenazas a la validez presentes en los estudios de caso. Se describen a continuación:

- Validez de constructo

Para la validez de constructo, debe existir una relación positiva entre la teoría detrás del caso y la observación empírica. Es decir; es necesario analizar que las medidas operativas representan lo planeado por los investigadores; inicialmente, se propusieron investigar y lo que investigaron.

Para ello se utilizaron cuestionarios validados, que en estudios previos que alcanzaron un alfa de Cronbach superior al umbral mínimo aceptable de $\alpha = 0,70$; donde PEOU $\alpha = 0,834$, PU $\alpha = 0,776$ y ITU $\alpha = 0,820$.

- Validez interna

En este estudio, la edad fue la única variable que se ha considerado. Cualquier experiencia tecnológica previa que los participantes tengan con la tecnología podría influir en la facilidad de uso al utilizar la solución propuesta, sin embargo, previo al experimento se realizó un entrenamiento y explicación del uso del aplicativo.

- Validez externa

La selección de la muestra de individuos que participaron en el experimento se realizó por conveniencia. Por esta razón, los resultados no se pueden generalizar a la población, sin embargo, se ha contado por personas de diferente edad y diferente nivel de estudios, para acercarse en lo posible a la población.

- Fiabilidad

Desde las entrevistas hasta el análisis, la cadena de pruebas se realizó respetando la literalidad de los datos. Además, las respuestas cualitativas se cuantificaron mediante una escala Likert para evitar introducir sesgos de interpretación.



5.5 Discusión de resultados

El juego serio realizado basado en el DSL-MoCap presentado en el presente trabajo de titulación es una contribución de gran valor que sirve de base para el desarrollo de futuros trabajos, investigaciones o implementaciones, no solo del área de ingeniería de sistemas sino para el área de la salud. Todos los participantes que formaron parte de este caso de estudio han manifestado tener la intención de utilizar este juego serio en el futuro para su entrenamiento físico o cognitivo, de igual manera la aplicación ha sido percibida como útil y fácil de usar por parte de los adultos mayores.

Además, gracias a la implementación de esta solución para el personal sanitario, ya sea neuropsicólogo clínico, fisioterapeuta, rehabilitador físico, entre otros; cuenta con un sistema que permite desarrollar modelos de intervención personalizados para cubrir las demandas de los pacientes adultos mayores; al mismo tiempo que, el desarrollador expresa los requerimientos con un nivel de abstracción mayor, fácil de entender al personal de salud.



CAPÍTULO 6

EVALUACIÓN DEL CUASIEXPERIMENTO: DSL-MoCap

En este capítulo se presenta la etapa de planificación y desarrollo de un cuasiexperimento cuyo objetivo es instanciar el DSL propuesto, para la creación de soluciones orientadas al adulto mayor que hagan uso de interacciones en dispositivos de captura de movimiento. Se describe, además, un caso de la vida real con el fin de poner en conocimiento los resultados en cada etapa, posterior a una evaluación de la entendibilidad y correctitud del requisito plasmado en el DSL a cargo del experto del dominio al momento de aplicar el cuasiexperimento.

La estructura de este capítulo se compone de la siguiente manera: la sección 6.1 introduce a los modelos teóricos de evaluación; la sección 6.2 describe el cuasiexperimento dirigido a ingenieros de software; en la sección 6.3 se discuten los resultados; en la sección 6.4 se presenta las amenazas a la validez. Finalmente, la sección 6.5 presenta conclusiones de la evaluación.

6.1 Modelos teóricos de evaluación

En el ámbito de la Ingeniería de Software, es importante contar con la aplicación de un modelo que permita evaluar las reacciones de los usuarios al momento de admitir una solución tecnológica, por lo tanto se puede aplicar un modelo que evalúe la entendibilidad y correctitud del requisito plasmado en el DSL, útil para la medición de eficiencia percibida al instante de aplicar una solución (Cedillo et al., 2017).

Además, la aplicación de la factibilidad de uso percibida, utilidad percibida e intención de uso aplicado a los expertos del dominio haciendo uso del modelo de aceptación tecnológica (*Technology Acceptance Model - TAM*) (Davis, 1985), presentado en el Capítulo 5.

6.1.1. Modelo de evaluación de entendibilidad y correctitud

Este modelo ha sido elegido debido a que integra variables de rendimiento de los usuarios y su percepción como una forma para predecir la intención de uso y posible adopción en la práctica. Este modelo extiende el TAM (Davis, 1985), mismo que ha sido validado empíricamente en varios estudios que demuestran su utilidad para analizar la facilidad de uso percibida, utilidad percibida e intención de uso de los participantes de un experimento aplicando un método para predecir su posible aceptación (Moody, 2001). La Figura 6.1 muestra los constructores del modelo, de igual manera las relaciones causales a lo largo de sus constructores, y sus definiciones se presentan a continuación:

- **Eficacia Actual:** tiene dos variables basadas en el rendimiento del usuario:
 - *Eficiencia Actual:* esfuerzo requerido para aplicar un método.
 - *Efectividad Actual:* grado en el cual un método consigue sus objetivos. Está relacionado a la calidad de los artefactos obtenidos al momento de aplicar el método. Según Rescher (1973), todos los métodos intentan conseguir ciertos objetivos y define un método como “una colección de reglas y procedimientos designados para asistir a las personas al momento de ejecutar una acción particular”. Diferentes tipos de métodos son definidos para diferentes objetivos. Esto significa que variables específicas dependientes se pueden necesitar para definir cada clase de métodos para medir el rendimiento con respecto a sus objetivos específicos.

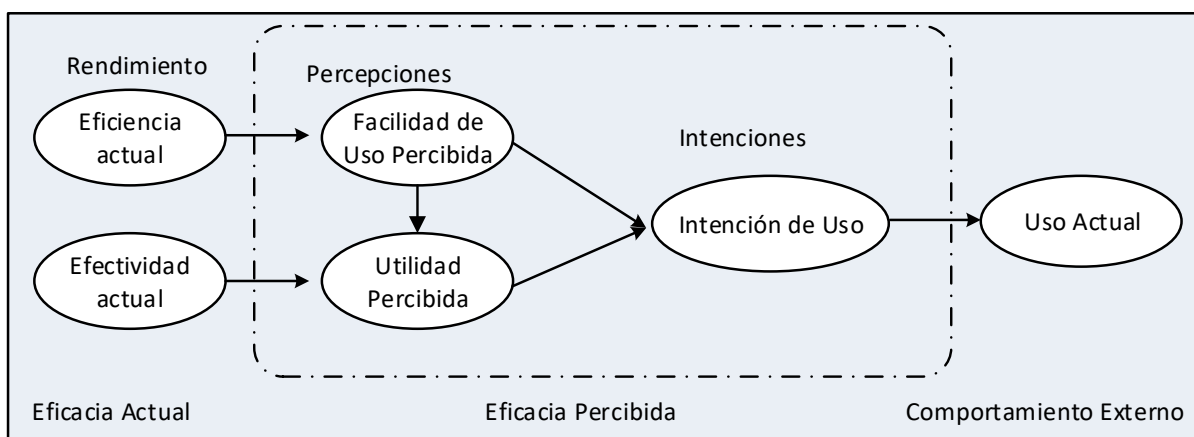


Figura 6.1 Método de Evaluación de Entendibilidad y Correctitud. Fuente: (Moody, 2001).

- **Eficacia Percibida:** la cual tiene dos variables basadas en la percepción:



- *Facilidad de Uso Percibida*: es el grado en el cual una persona cree que usando un método en particular puede estar libre de esfuerzo. La facilidad de uso percibida representa un juicio perceptivo del esfuerzo requerido para aprender y usar el método en cuestión.
- *Utilidad Percibida*: es el grado en el cual una persona cree que usando un método particular podría mejorar su rendimiento en el trabajo. Esta variable representa un juicio perceptual de la efectividad del método. Existe una relación causal en el modelo el cual indica que la utilidad percibida puede estar determinada por la facilidad de uso percibida.
- *Intención de Uso*: es el modo en el que una persona intenta usar un método particular. Esta variable representa un juicio perceptual de la eficacia y efectividad de coste del método. Esta variable es usada para medir la probabilidad del método para ser adoptado en la práctica. Las relaciones causales sugeridas que perciben la facilidad de uso y la utilidad percibida directamente afectan la intención de usar el método.
- **Uso Actual**: el cual representa una variable basada en el comportamiento, definida como la intención de utilizar un método en la práctica. De acuerdo a la relación causal hipotética, el uso actual debe estar determinado por la intención del uso.

6.2 Cuasiexperimento dirigido a ingenieros de software

Según Wohlin et al. (2012), el cuasiexperimento se define como “una investigación empírica, parecida a un experimento, en el que, la asignación de tratamiento a sujetos no se basa en la aleatoriedad, pero surge desde las características de los usuarios y objetos en sí mismos”. En este sentido, la adaptación correspondiente es presentada a continuación.

6.2.1. Adaptación del modelo de evaluación

Como tarea inicial se debe definir los objetivos específicos en el dominio del DSL, además de constructores que pueden ser instanciados en variables dependientes concretas basadas en estos objetivos.



- Para la evaluación de la eficacia se involucra la medición del esfuerzo requerido para crear el modelo del DSL-MoCap en un escenario específico y la calidad de los resultados en la creación del DSL usado en el modelo.
- El esfuerzo requerido para poder aplicar o comprender el DSL-MoCap (eficiencia actual) en la creación de un modelo pueden ser medido mediante el tiempo o el esfuerzo cognitivo.
- La calidad del resultado del DSL (efectividad actual) puede ser medida mediante la evaluación de los resultados de la creación de un DSL haciendo uso de los componentes del editor gráfico.
- Dichas variables de rendimiento se emplean para medir la eficiencia y la efectividad de los usuarios utilizando el DSL-MoCap para crear un modelo en un escenario definido.

La eficiencia y la efectividad se encuentran definidas de la siguiente manera:

- Eficiencia: tiempo total empleado por un sujeto en terminar la evaluación.

$$\text{Eficiencia} = \sum_{i=1}^n (\text{Tiempo en que le toma al usuario completar una tarea})$$

- Efectividad: proporción entre la cantidad de las tareas ejecutadas correctamente y el número total de tareas.

$$\text{Efectividad} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{número de tareas realizadas}_i)}{n}$$

Para realizar la evaluación, se proponen preguntas que sirven para medir los tres constructores de percepción e intención (Facilidad de Uso Percibida, Utilidad Percibida e Intención de Uso). La Figura 6.2 muestra la distribución de las preguntas del cuestionario que se aplica en el cuasiexperimento y la Tabla 6.1 sus preguntas correspondientes.

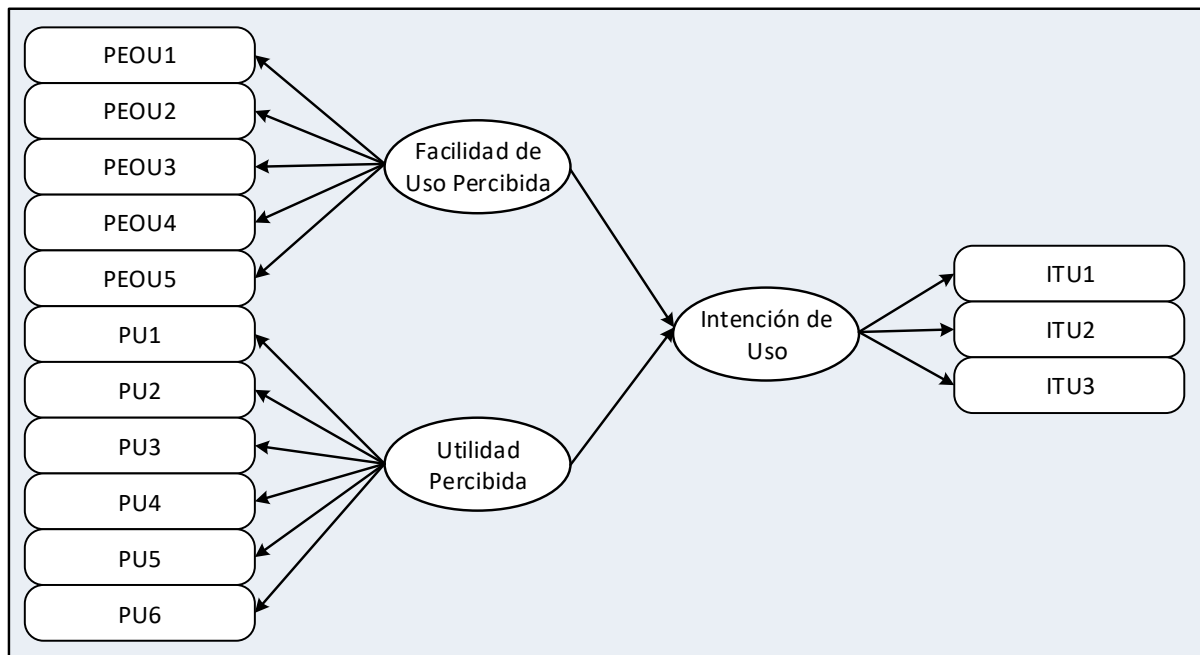


Figura 6.2 Distribución de preguntas del cuestionario aplicado al cuasiexperimento. Fuente: Elaboración propia.

Pregunta	Declaración Positiva (5 puntos)
PEOU1	El editor gráfico DSL-MoCap es sencillo y fácil de seguir.
PEOU2	En general, el editor gráfico DSL-MoCap no es fácil de entender.
PEOU3	Los pasos usados para configurar el editor gráfico DSL-MoCap son claros y fáciles de entender.
PEOU4	El uso del editor gráfico DSL-MoCap no es fácil de aprender.
PEOU5	Considero que sería fácil adquirir destrezas en el uso de este editor gráfico DSL-MoCap.
PU1	El uso el editor gráfico DSL-MoCap podría reducir el tiempo y esfuerzo requerido para desarrollar sistemas de captura de movimiento.
PU2	En general, considero que el uso del editor gráfico DSL-MoCap no es útil.
PU3	Considero que el DSL-MoCap es útil para desarrollar sistemas de captura de movimiento.
PU4	Pienso que el DSL-MoCap no es lo suficientemente expresivo para desarrollar sistemas de captura de movimiento.
PU5	El uso del DSL-MoCap podría mejorar mi rendimiento cuando desarrollo sistemas de captura de movimiento.
PU6	En general, pienso que el DSL-MoCap no podría permitirme desarrollar sistemas de captura de movimiento de una manera adecuada.



ITU1	Si necesitaría diseñar sistemas de captura de movimiento en el futuro, consideraría el DSL-MoCap.
ITU2	De ser necesario, utilizaría el DSL-MoCap en el futuro.
ITU3	Recomendaría el uso del DSL-MoCap para diseñar sistemas de captura de movimiento.

Tabla 6.1 Cuestionario para medir las variables de percepción. Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se planteó una pregunta abierta sobre sugerencias, que sirve para mejorar el proceso de evaluación del DSL-MoCap en el futuro, esta pregunta se muestra en la Tabla 6.2.

Pregunta	Pregunta Abierta (PA)
PA1	¿Tiene alguna sugerencia con respecto a la herramienta DSL-MoCap?

Tabla 6.2 Pregunta Abierta. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el cuasiexperimento aplicado en el presente trabajo de titulación ha sido diseñado siguiendo las actividades del proceso experimental en ingeniería de software planteado por Wohlin et al. (2012), que está compuesto por las siguientes actividades:

1. Definición del alcance
2. Planificación del experimento
3. Operación
4. Análisis e interpretación
5. Presentación y empaquetado

6.2.2. Definición del alcance

Se define el alcance, meta y objetivos del cuasiexperimento en términos del problema. La meta del experimento fue planteada utilizando el marco de trabajo *Goal-Question Metric (GQM)*, propuesto por (Basili et al., 1994), estos parámetros se encuentran descritos en la Tabla 6.3.

Analizar	La fase representación de un conjunto de interacciones a través del DSL-MoCap para dispositivos de captura de movimiento.
Con el propósito de:	Evaluar el DSL-MoCap propuesto con respecto a su eficacia percibida.



Con respecto al:	Ingeniero de Software.
Desde el punto de vista de:	En el contexto de profesionales en ingeniería de sistemas y un grupo de estudiantes de la Universidad de Cuenca de último año, debido a que se les considera como (B. A. Kitchenham et al., 2002).

Tabla 6.3 Meta del cuasiexperimento. Fuente: Elaboración propia.

Además, se definen las siguientes preguntas de investigación, con base en las preguntas planteadas:

RQ1: ¿El DSL-MoCap es percibido como fácil de usar y útil? De ser así, ¿las percepciones de los participantes son el resultado de su rendimiento cuando utilizan el DSL?

RQ2: ¿Existe una intención de uso del DSL-MoCap en el futuro? De ser así, ¿tales intenciones de uso son el resultado de las percepciones de los participantes?

Estas preguntas pueden ser evaluadas en base a la prueba de varias hipótesis. La primera pregunta de investigación puede ser evaluada a través de las siguientes hipótesis:

- H_{1_0} : El DSL-MoCap es percibido como difícil de usar, $H_{1_0} = \neg H_{1_1}$.
- H_{2_0} : El DSL-MoCap no es percibido como útil, $H_{2_0} = \neg H_{2_1}$.
- H_{4_0} : La facilidad de uso percibida no puede verse determinada por la eficiencia actual, $H_{4_0} = \neg H_{4_1}$.
- H_{5_0} : La percepción de la utilidad no está determinada por la efectividad actual. $H_{5_0} = \neg H_{5_1}$.

La segunda pregunta de investigación puede ser estudiada a través de la formulación de las siguientes hipótesis:

- H_{3_0} : No existe intención de utilizar DSL-MoCap en el futuro $H_{3_0} = \neg H_{3_1}$.
- H_{6_0} : La utilidad percibida no es determinada por la facilidad de uso percibida $H_{6_0} = \neg H_{6_1}$.
- H_{7_0} : La intención de uso no es determinada por la facilidad de uso percibida $H_{7_0} = \neg H_{7_1}$.
- H_{8_0} : La intención de uso no está determinada por la utilidad percibida. $H_{8_0} = \neg H_{8_1}$.



6.2.3. Planificación del cuasiexperimento

Con base en el DSL creado en el Capítulo 4, se ha planificado llevar a cabo la evaluación del DSL-MoCap mostrado en la Figura 4.3 y Figura 5.1. Esta planificación considera y define el diseño del cuasiexperimento, contexto, perfil de los sujetos y entorno donde se llevará a cabo el cuasiexperimento. Además de proveer material para la experimentación a los participantes que incluyen conceptos, descripción de la herramienta, componentes y representación del DSL-MoCap.

El objetivo del DSL-MoCap es proporcionar una forma de instanciar modelos para HCI mediante la opción de seleccionar, agregar y configurar componentes usando un editor gráfico. El resultado es un DSL que representa un modelo de interacción entre dispositivos de captura de movimiento y las interacciones generadas por las partes del cuerpo realizadas para producir una salida.

Para el cuasiexperimento se ha preparado el material experimental compuesto por un conjunto de documentos para realizar las tareas y un cuestionario para medir la percepción del usuario una vez concluido el experimento.

La documentación completa se encuentra en el Apéndice C de este, al igual que los recursos están disponibles en la página web, y se detalla a continuación:

- Presentación: describe conceptos, herramienta, componentes del DSL, descripción e ilustración de un caso de entrenamiento presentado mediante un gráfico de un juego serio basado en tareas *Stroop* que deberán modelar en el DSL-MoCap.
- DSL-MoCap: brinda la herramienta *Obeo Designer*, los archivos del proyecto y configuración para ejecutar el proyecto, además un video explicativo del proceso para configurar el entorno.
- Práctica: se otorga un documento con la descripción e ilustración de un modelo aplicado a un ambiente de vida asistida. Se solicitó a los participantes escribir hora exacta de inicio y fin para desarrollar el DSL, de igual manera adjuntar el DSL realizado por cada uno, mismo que debió ser subido en la misma página.
- Formulario: está formado por preguntas cerradas para analizar las variables subjetivas y una pregunta abierta para permitir a los participantes expresar su opinión.
- Todos los recursos, la evaluación y recopilación de información se realiza de forma virtual a través de la plataforma Zoom, Google forms y la web creada. En general

todos los documentos y la información se crean en idioma español, por ser idioma principal de los participantes.

En la Tabla 6.4 se definen las variables dependientes de interés basadas en la percepción.

Variable	Descripción
Facilidad de Uso Percibida (PEOU)	El grado en el cual los participantes creen que al aprender y usar el DSL propuesto estarán libres de esfuerzo.
Utilidad Percibida (PU)	El grado en el cual los participantes creen que usando el DSL propuesto se incrementará su rendimiento.
Intención de Uso (ITU)	El grado en el cual los participantes piensan usar el DSL en el futuro.

Tabla 6.4 Variables dependientes basadas en la percepción. Fuente: Elaboración propia.

Estas variables son medidas utilizando el cuestionario presentado en la Tabla 6.1, con una escala de Likert, para un conjunto de 14 preguntas cerradas: 5 para Facilidad de Uso Percibida (PEOU), 6 para Utilidad Percibida (PU), y 3 para Intención de Uso Futura (ITU).

La Tabla 6.5 se muestran las variables basadas en el rendimiento del usuario, y la función de medición utilizada para encontrar sus valores.

Variable	Descripción
Eficiencia	$\sum_{i=1}^n$ (Tiempo en que le toma al usuario completar una tarea)
Efectividad	$\frac{\sum_{i=1}^n (\text{calificacionTarea}_i)}{n}$

Tabla 6.5 Variables dependientes basadas en el rendimiento. Fuente: Elaboración propia.

6.2.4. Ejecución y análisis del cuasiexperimento

La ejecución del cuasiexperimento se llevó a cabo con la participación de 17 personas formada por estudiantes de último semestre de Ingeniería en Sistemas de la Universidad de Cuenca, mismo que según Abrahão (2011) pueden ser considerados como profesionales dentro de un experimento y, profesionales del grupo de investigación relacionados con este trabajo de titulación, quienes actúan como los participantes del experimento ya que conocen

sobre el tema y harán uso de la herramienta DSL-MoCap presentado en el capítulo 4. Los resultados de la encuesta con las preguntas de la Tabla 6.1 presentadas a los participantes, pueden ser visualizados en el Apéndice C.5.

Análisis de las percepciones del usuario

En consideración con la Tabla 6.4, las percepciones del usuario están asociadas a las variables PEOU, PU, e ITU. En este sentido, se presenta el diagrama de cajas en la Figura 6.3 que es un método estandarizado para representar gráficamente una serie de datos numéricos a través de sus cuartiles; para cada una de estas variables, con relación a la escala de Likert (1-5), donde 1 (valor bajo) se considera como una respuesta negativa, 3 como valor neutro o intermedio, y 5 (valor alto), como positivo.

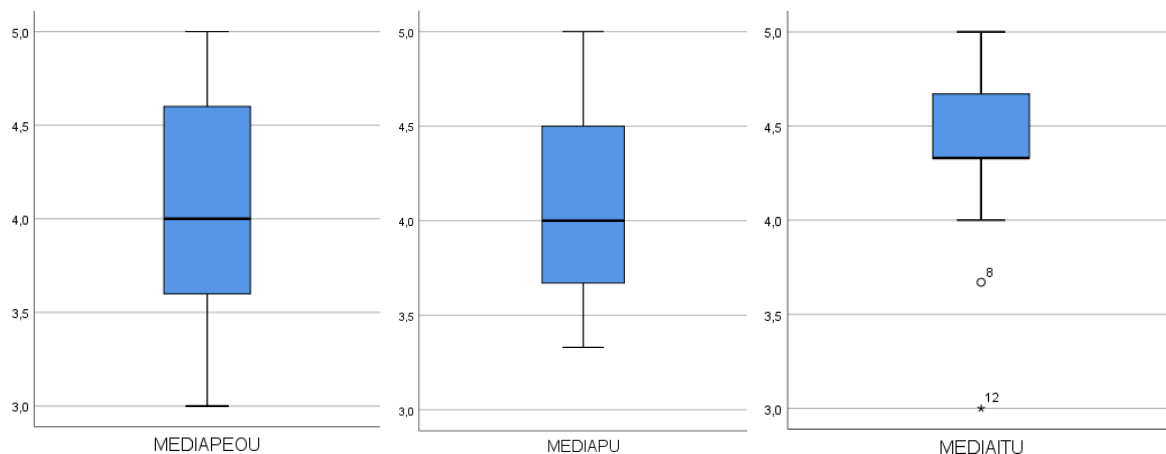


Figura 6.3 Diagrama de cajas y bigotes para las variables PEOU, PU, e ITU. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar los diagramas de cajas, que presentan valores para el Q1 de 3.6, 3.7 y 4.4; Q2 de 4, 4, 4.5 y Q3 de 4.6, 4.5 y 4.6 correspondientes a PEOU, PU e ITU, además se aprecia que existen 2 valores anómalos con los participantes 8 y 12 en el ITU, esto debido a que al momento de realizar el experimento no pudieron realizarlo de forma correcta por usar diferente sistema operativo y problemas al momento de la instalación de la herramienta *Obeo Designer* que ejecuta el DSL. La Tabla 6.6 presenta los valores correspondientes para cada una de las variables sobre las percepciones del usuario. Además, se presentan los valores correspondientes al test de Shapiro Wilk que permite conocer si los datos correspondientes al cuasiexperimento siguen una distribución normal; este test es aplicado cuando se dispone de un conjunto de datos menos a 50.

Var	Min	Max	Media	Std. Dev.	Std. Err.	Shapiro-Wilk p-value
-----	-----	-----	-------	-----------	-----------	----------------------



PEOU	3.00	5.00	4.0923	0.66139	0.18344	0.460
PU	3.33	5.00	4.0762	0.55580	0.15475	0.537
ITU	3.00	5.00	4.3077	0.51787	0.14363	0.036

Tabla 6.6 Estadística descriptiva para las variables basadas en la percepción del usuario.

Luego se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar si la muestra obtenida tiene una distribución normal. Se determinó que las variables PEOU y PU tienen una distribución normal con $p > 0.05$ para conocer si se acepta o no las hipótesis planteadas se aplicó la prueba de t-test y para la variable ITU que no tiene una distribución normal porque tiene un valor $p < 0.05$, se aplicó la prueba de Wilcoxon. En los dos casos se ha permitido rechazar las hipótesis H1, H2 y H3 y aceptar sus alternativas.

A continuación, se presentan los siguientes resultados:

- **Facilidad de Uso Percibida (PEOU):** La variable PEOU tiene una distribución normal por lo que fue necesario aplicar la prueba t-test donde su nivel de significancia es 0.000 lo que permite rechazar la hipótesis H1 y aceptar su alternativa. Además, la variable PEOU posee un valor mínimo de 3.00, un valor máximo de 5.00, y un valor medio de 4.09. Con esto se puede concluir que el DSL propuesto fue percibido como fácil de usar por parte de los usuarios.
- **Utilidad Percibida (PU):** La variable PU posee un valor mínimo de 3.33, un valor máximo de 5.00, y un valor medio de 4.07. Esto conduce a que los usuarios perciben el DSL presentado como útil.
- **Intención de Uso (ITU):** La variable ITU posee un valor mínimo de 3.00, un valor máximo de 5.00, y un valor medio de 4.30. Con estos resultados se puede concluir que los usuarios tienen la intención de usar el DSL planteado en el futuro.

Estos resultados indican que existe una alta probabilidad DSL-MoCap sea aceptado en la práctica, ya que los usuarios lo perciben como fácil de usar, útil, y, además, tienen la intención de utilizarlo en el futuro.

Análisis de rendimiento del usuario

El rendimiento del usuario está relacionado con las variables de efectividad y eficiencia. Por tal, los valores obtenidos se detallan en la Tabla 6.7.

Var	Min	Max	Media	Std. Dev.
-----	-----	-----	-------	-----------



Efectividad	0.5	1	0.84615	0.31521
Eficiencia	11	45	20.6923	10.80420

Tabla 6.7 Estadística descriptiva, variables basadas en el Rendimiento del Usuario. Fuente: Elaboración Propia

Los participantes tuvieron un promedio del 84 % de efectividad al replicar el ejercicio experimental planteado, lo que indica que la mayoría de los participantes fueron capaces de instanciar el DSL correctamente. La eficiencia medida en minutos fue de 11 a 45 con un valor medio de 20.69 minutos que indica que la mayoría de participantes logro cumplir la tarea eficientemente. Es necesario considerar que la eficiencia puede variar dependiendo de varios factores, como la experiencia de los usuarios en el uso de la herramienta. Por tal, el propósito de este experimento fue probar si las percepciones de los usuarios fueron resultado de su rendimiento, además de, brindar información para entender cómo los participantes han usado el entorno gráfico del DSL. En base a este análisis se puede afirmar lo siguiente:

Análisis de las relaciones causales

A continuación, se presenta la validación de la entendibilidad y correctitud del requisito plasmado en el DSL en términos de relaciones causales entre sus constructores. Para este propósito, se incluyen análisis de regresión, con relación a las hipótesis H4, H5, H6, H7, y H8.

Para estas relaciones causales, se tendrán en cuenta los valores de la significancia, de acuerdo con los criterios propuestos por (Moody, 2001) los cuales, son presentados en Tabla 6.8.

Valor de significancia	Rango
No significativo	$p > 0.1$
Baja significancia	$p < 0.1$
Media significancia	$p < 0.05$
Alta significancia	$p < 0.01$
Muy alta significancia	$p < 0.001$

Tabla 6.8 Niveles de significancia. Fuente: (Moody, 2001).

- **Eficiencia vs Facilidad de Uso Percibida (PEOU)**

La hipótesis H4 ha sido probada para verificar si las percepciones de la Facilidad de Uso Percibida (PEOU) son determinadas por la eficiencia. Para este análisis se procedió a usar un modelo de regresión simple en el que la eficiencia se usa como la variable



independiente (predicador) y PEOU como la variable dependiente (predicho). La ecuación es la siguiente:

$$PEOU = 4.261 + (-0.008) * eficiencia$$

Var	Coef(b)	Std. E	Std. Coef	t	Sig (p)	R	R ²
Constante	4.261	0.423	-	10.062	0.000	-	-
Eficiencia	-0.008	0.018	-0.133	-0.446	0.664	0.133	0.018

Tabla 6.9 Regresión Simple entre la Eficiencia Actual y la Facilidad de Uso Percibida. Fuente: Elaboración propia

El resultado del modelo de regresión es no significativo con $p > 0.1$, presentado en la Tabla 6.9. El R² muestra que la variable eficiencia permite explicar solamente el 1.8% de la varianza en PEOU, indicando que la eficiencia actual de los participantes no influencia en sus percepciones de facilidad de uso. Estos resultados no nos permiten rechazar la hipótesis nula H40 y aceptar su hipótesis alternativa, esto significa que hemos corroborado que la facilidad de uso percibida (PEOU) no puede verse determinada por la eficiencia actual.

- **Efectividad vs Utilidad Percibida**

La hipótesis H5 se ha establecido con el objetivo de comprobar si las percepciones de la Utilidad Percibida (PU) están determinadas por la efectividad de los participantes. También se ha aplicado un modelo de regresión simple en donde la Efectividad es la variable independiente y PU la variable dependiente. La ecuación de regresión resultante del análisis es la siguiente:

$$PU = 4.025 + (0.008) * efectividad$$

Var	Coef(b)	Std. E	Std. Coef	t	Sig (p)	R	R ²
Constante	4.025	0.478	-	8.429	0.000	-	-
Efectividad	0.008	0.066	0.034	0.114	0.911	0.34	0.001

Tabla 6.10 Regresión Simple entre Eficiencia Actual y Facilidad de Uso Percibida. Fuente: Elaboración propia

El resultado del modelo de regresión es no significativo con $p > 0.1$, presentado en la Tabla 6.10. El R² muestra que la variable efectividad permite explicar solamente el 0.1% de la varianza en PU, indicando que la eficiencia actual de los participantes influencia muy poco en sus percepciones de facilidad de uso. Estos resultados no nos permiten rechazar la hipótesis nula H50 y aceptar su hipótesis alternativa, esto significa que se ha corroborado que la utilidad percibida (PU) no puede verse determinada por la efectividad de los participantes.

- **Facilidad de Uso Percibida vs Utilidad Percibida**

La hipótesis H6 ha sido probada para verificar si las percepciones de utilidad percibida (PU) son determinadas por la Facilidad de Uso Percibida (PEOU). Para este análisis se procedió a usar un modelo de regresión simple en el que PEOU se usa como la variable independiente (predictor) y PU como la variable dependiente (predicho). La ecuación es la siguiente:

$$PU = 1.812 + (0.553) * PEOU$$

Var	Coef(b)	Std. E	Std. Coef	t	Sig (p)	R	R ²
Constante	1.812	0.790	-	2.294	0.042	-	-
PEOU	0.553	0.191	0.658	2.902	0.009	0.658	0.434

Tabla 6.11 Regresión Simple entre Facilidad de Uso Percibida y la Utilidad Percibida. Fuente: Elaboración propia

El resultado del modelo de regresión es altamente significativo con $p < 0.01$, presentado en la Tabla 6.11. El R² muestra que la variable PEOU permite explicar solamente el 43.4% de la varianza en PU, lo cual indica que hay un alto grado de que PU esté determinado por PEOU. Estos resultados nos permiten rechazar la hipótesis nula H60 y aceptar su hipótesis alternativa, esto significa que se ha corroborado que la utilidad percibida (PU) si está determinada por la facilidad de uso percibida (PEOU) de los participantes.

- **Intención de Uso vs Facilidad de Uso Percibida**

La hipótesis H7 ha sido probada para verificar si las percepciones de intención de uso (ITU) son determinadas por la Facilidad de Uso Percibida (PEOU). Para este análisis se procedió a usar un modelo de regresión simple en el que PEOU se usa como la variable independiente (predictor) e ITU como la variable dependiente (predicho). La ecuación es la siguiente:

$$ITU = 1.458 + (0.699) * PEOU$$

Var	Coef(b)	Std. E	Std. Coef	t	Sig (p)	R	R ²
Constante	1.458	0.764	-	1.910	0.083	-	-
PU	0.699	0.186	0.750	3.764	0.003	0.750	0.563

Tabla 6.12 Regresión Simple entre Facilidad de Uso Percibida y la Intención de Uso. Fuente: Elaboración propia

El resultado del modelo de regresión es altamente significativo con $p < 0.01$, presentado en la Tabla 6.12. El R² muestra que la variable PEOU permite explicar solamente el 56.3% de la varianza del ITU, lo cual indica que hay un alto grado de que ITU esté

determinado por PEOU. Estos resultados nos permiten rechazar la hipótesis nula H70 y aceptar su hipótesis alternativa, esto significa que se ha corroborado que ITU si está determinada por la facilidad de uso percibida (PEOU) de los participantes.

- **Intención de Uso vs Utilidad Percibida**

La hipótesis H8 ha sido probada para verificar si las percepciones de intención de uso (ITU) son determinadas por la Utilidad Percibida (PU). Para este análisis se procedió a usar un modelo de regresión simple en el que PU se usa como la variable independiente (predictor) e ITU como la variable dependiente (predicho). La ecuación es la siguiente:

$$ITU = 3.032 + (0.312) * PU$$

Var	Coef(b)	Std. E	Std. Coef	t	Sig (p)	R	R ²
Constante	3.032	0.897	-	3.380	0.006	-	-
PEOU	0.312	0.217	0.398	1.440	0.178	0.398	0.159

Tabla 6.13 Regresión Simple entre la Intención de Uso y la Utilidad Percibida. Fuente: Elaboración propia

El resultado del modelo de regresión no tiene significancia con $p > 0.1$, presentado en la Tabla 6.13. El R² muestra que la variable PU permite explicar solamente el 15.9% de la varianza del ITU, lo cual indica que hay un alto grado de que ITU esté determinado por PU. Estos resultados nos permiten rechazar la hipótesis nula H80 y aceptar su hipótesis alternativa, esto significa que se ha corroborado que ITU si está determinada por la utilidad percibida (PU) de los participantes.

6.2.5. Resultados de la Evaluación

Aquí se presenta a modo de resumen, los resultados obtenidos luego de realizado el cuasiexperimento, con el fin de encontrar similitudes y diferencias. La Tabla 6.14 muestra cada una de las variables con sus respectivos valores.

Variable	Estudiantes	
	Media	Std. Dev
Efectividad	0.84	0.31
Eficiencia	20.69	10.80
Facilidad de uso percibida (PEOU)	4.09	0.66

Utilidad percibida (PU)	4.07	0.55
Intención de uso (ITU)	4.30	0.51

Tabla 6.14 Tabla de resumen de estadísticos descriptivos. Fuente: Elaboración Propia

El resumen de resultados permite concluir que el DSL-MoCap ha mejorado el rendimiento de los participantes en casi la totalidad de los estadísticos analizados.

1. El editor gráfico DSL-MoCap es sencillo y fácil de seguir.

La Figura 6.4 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la primera pregunta, en la que, se muestra que el 39% de los participantes están de acuerdo con que el editor gráfico es sencillo y fácil de usar, seguido de 38% que está totalmente de acuerdo, y un 23% que no está ni de acuerdo ni en desacuerdo.

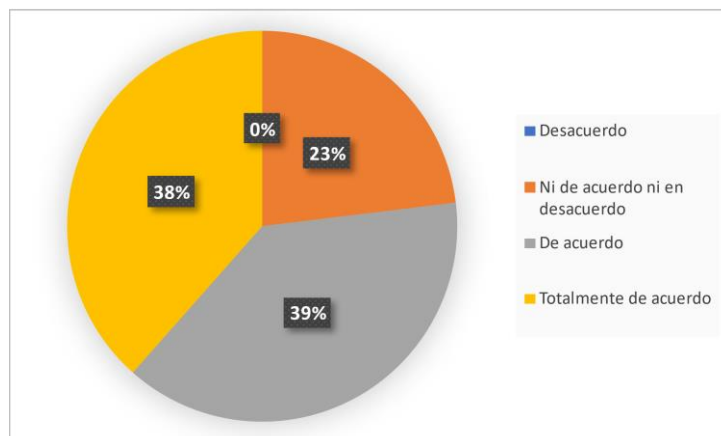


Figura 6.4 Pregunta 1 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

2. En general, el editor gráfico DSL-MoCap no es fácil de entender.

La Figura 6.5 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la segunda pregunta, en la que, se muestra que el 46% de los participantes está totalmente en desacuerdo con que el editor gráfico no es fácil de entender, seguido de 31% en desacuerdo, un 15% está de acuerdo y el 8% no está ni de acuerdo ni en desacuerdo.

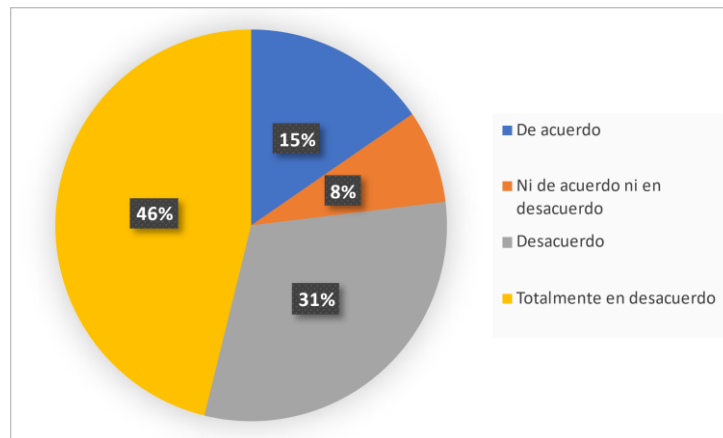


Figura 6.5 Pregunta 2 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

3. Los pasos usados para configurar el editor gráfico DSL-MoCap son claros y fáciles de entender.

La Figura 6.6 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la tercera pregunta, en la que, se visualiza que el 46% de los participantes está de acuerdo con que los pasos para configurar el editor gráfico son claros y fáciles de entender, seguido de 39% que está totalmente de acuerdo, y un 15% no está ni de acuerdo ni en desacuerdo.

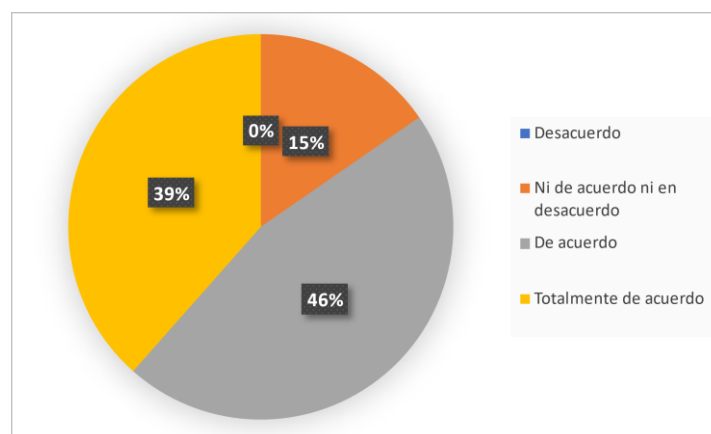


Figura 6.6 Pregunta 3 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

4. El uso del editor gráfico DSL-MoCap no es fácil de aprender.

La Figura 6.7 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la cuarta pregunta, en la que, se muestra que el 39% de los participantes está en desacuerdo con que el editor gráfico no es fácil de aprender, seguido de 23% que está en totalmente en desacuerdo, un 23% no está ni de acuerdo ni en desacuerdo y el 15% está de acuerdo.

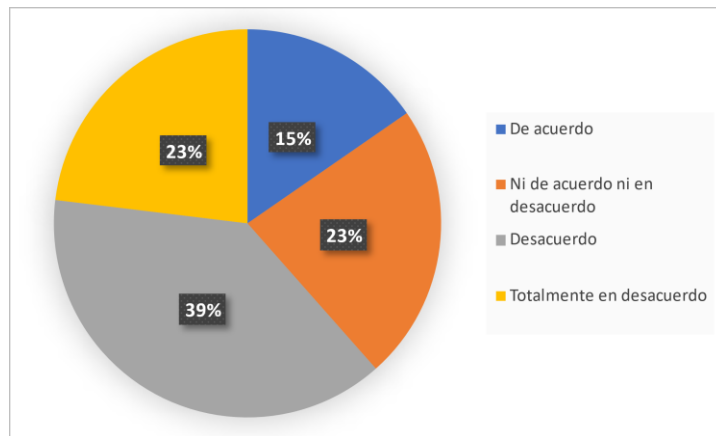


Figura 6.7 Pregunta 4 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

5. Considero que sería fácil adquirir destrezas en el uso de este editor gráfico DSL-MoCap.

La Figura 6.8 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la quinta pregunta, en la que, se muestra que el 54% de los participantes está totalmente de acuerdo con que sería fácil adquirir destrezas en el uso de este editor gráfico, seguido de 23% que está de acuerdo, y un 23% no está ni de acuerdo ni en desacuerdo.

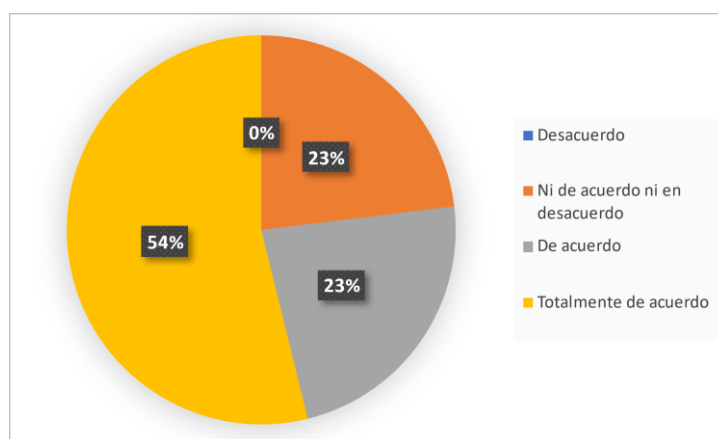


Figura 6.8 Pregunta 5 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

6. El uso del editor gráfico DSL-MoCap podría reducir el tiempo y esfuerzo requerido para desarrollar sistemas de captura de movimiento.

La Figura 6.9 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la sexta pregunta, en la que, se muestra que el 54% de los participantes está de acuerdo con que el uso del editor gráfico podría reducir el tiempo y esfuerzo requerido para desarrollar sistemas

de captura de movimiento, seguido de 31% que está totalmente de acuerdo, y un 15% no está ni de acuerdo ni en desacuerdo.

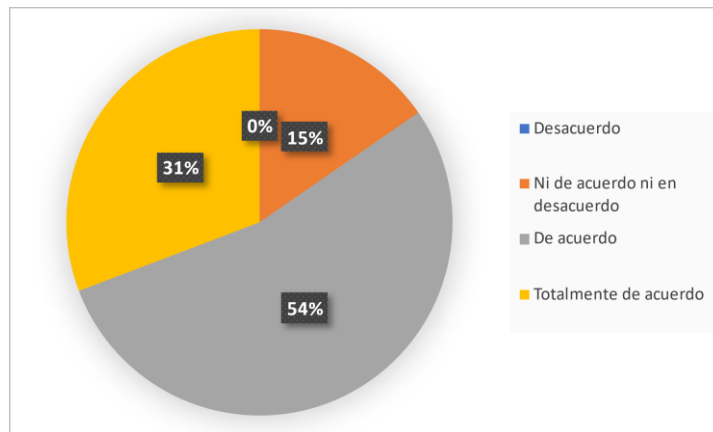


Figura 6.9 Pregunta 6 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

7. En general, considero que el uso del editor gráfico DSL-MoCap no es útil.

La Figura 6.10 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la séptima pregunta, en la que, se muestra que el 46% de los participantes está en desacuerdo con considerar que el uso del editor gráfico DSL-MoCap no es útil, seguido de 23% que está totalmente en desacuerdo, un 16% está de acuerdo y el 15% no está ni de acuerdo ni en desacuerdo.

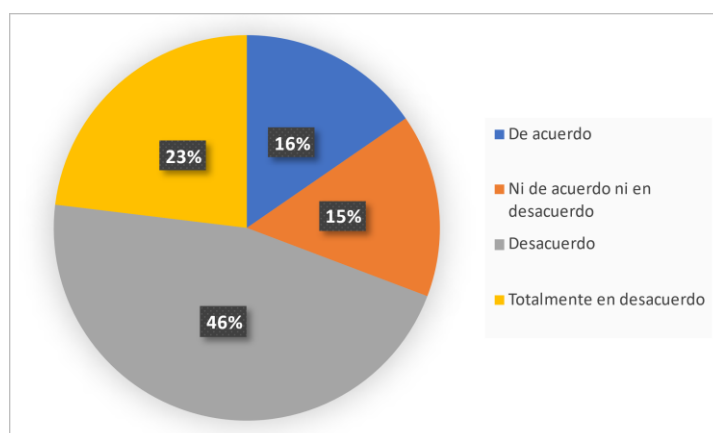


Figura 6.10 Pregunta 7 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

8. Considero que el DSL-MoCap es útil para desarrollar sistemas de captura de movimiento.

La Figura 6.11 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la octava pregunta, en la que, se muestra que el 61% de los participantes está de acuerdo que el DSL es útil para desarrollar sistemas de captura de movimiento, seguido de 23% que está totalmente de acuerdo, un 8% no está ni de acuerdo ni en desacuerdo y el 8% está de acuerdo.

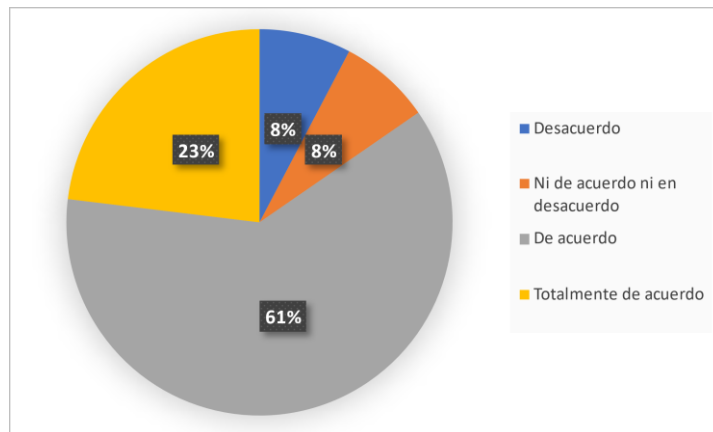


Figura 6.11 Pregunta 8 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

9. Pienso que el DSL-MoCap no es lo suficientemente expresivo para desarrollar sistemas de captura de movimiento.

La Figura 6.12 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la novena pregunta, en la que, se muestra que el 54% de los participantes está en desacuerdo con que el DSL no es lo suficientemente expresivo para desarrollar sistemas de captura de movimiento, seguido de 31% que está totalmente en desacuerdo, un 8% no está ni de acuerdo ni en desacuerdo y el 7% está de acuerdo.

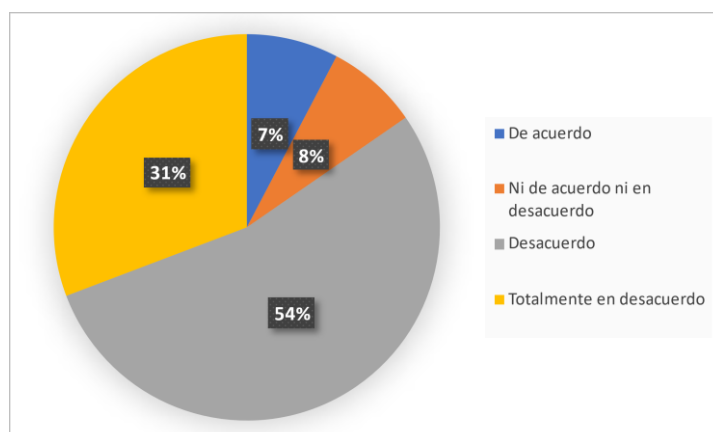


Figura 6.12 Pregunta 9 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

10. El uso del DSL-MoCap podría mejorar mi rendimiento cuando desarrollo sistemas de captura de movimiento.

La Figura 6.13 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la décima pregunta, en la que, se muestra que el 69% de los participantes está de acuerdo que el DSL es útil para desarrollar sistemas de captura de movimiento, seguido de 15% que está totalmente de acuerdo, un 8% no está ni de acuerdo ni en desacuerdo y el 8% está de desacuerdo.

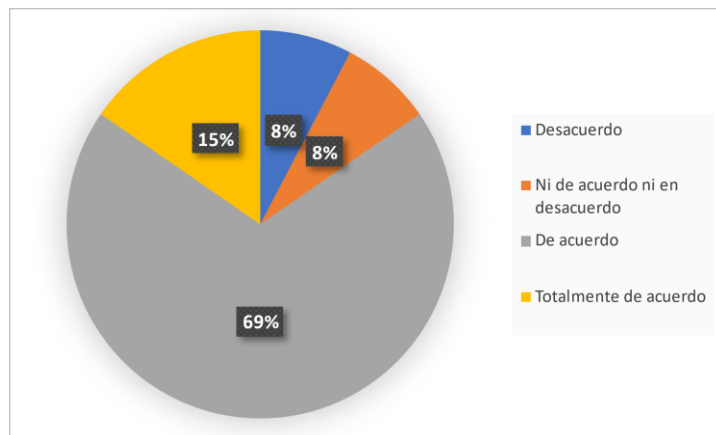


Figura 6.13 Pregunta 10 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

11. En general, pienso que el DSL-MoCap no podría permitirme desarrollar sistemas de captura de movimiento de una manera adecuada.

La Figura 6.4 Pregunta 1 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia Figura 6.14 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la onceava pregunta, en la que, se muestra que el 61% de los participantes está totalmente en desacuerdo con que el DSL no podría permitir desarrollar sistemas de captura de movimiento de una manera adecuada, seguido de 31% que está en desacuerdo, y un 8% no está ni de acuerdo ni en desacuerdo.

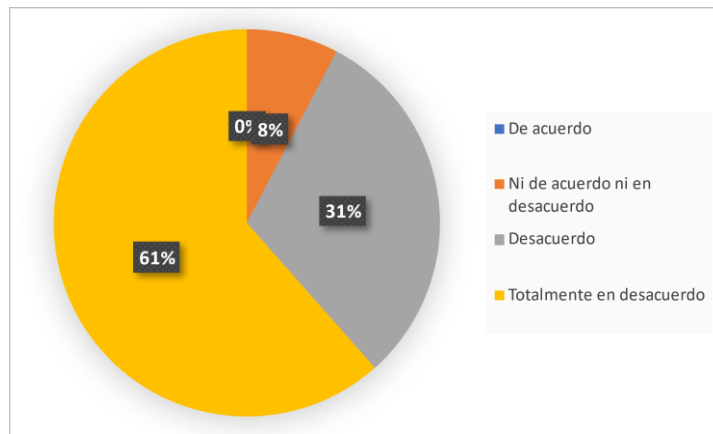


Figura 6.14 Pregunta 11 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

12. Si necesitaría diseñar sistemas de captura de movimiento en el futuro, consideraría el DSL-MoCap.

La Figura 6.15 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la doceava pregunta, en la que, se muestra que el 46% de los participantes está totalmente de acuerdo que consideraría el uso del DSL en el futuro para diseño de sistemas de captura de movimiento, seguido de 38% que está de acuerdo, un 8% no está ni de acuerdo ni en desacuerdo y el 8% está desacuerdo.

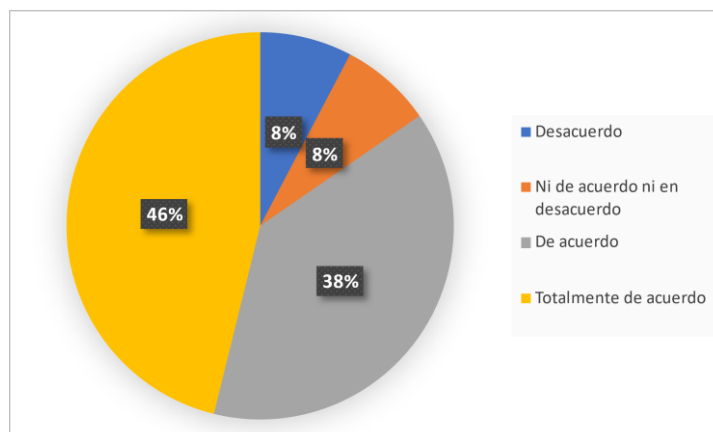


Figura 6.15 Pregunta 12 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

13. De ser necesario, utilizaría el DSL-MoCap en el futuro.

La Figura 6.16 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la treceava pregunta, en la que, se muestra que el 62% de los participantes está totalmente de acuerdo con usar el DSL en el futuro de ser necesario, y seguido de 38% que está de acuerdo.

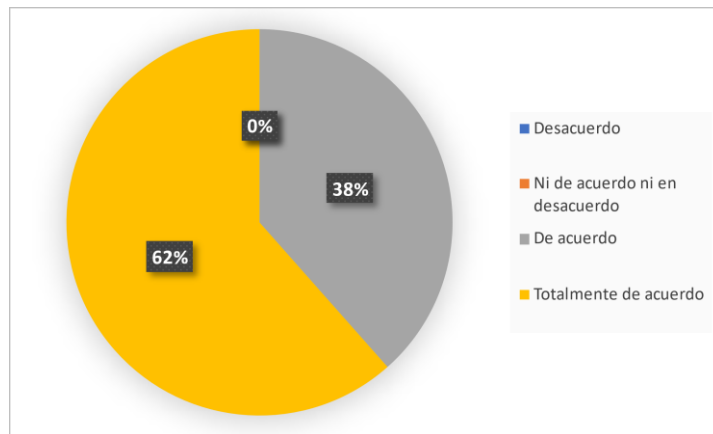


Figura 6.16 Pregunta 13 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

14. Recomendaría el uso del DSL-MoCap para diseñar sistemas de captura de movimiento.

La Figura 6.17 presenta los porcentajes de los resultados correspondientes a la catorceava pregunta, en la que, se muestra que el 46% de los participantes está de acuerdo con usar el DSL en el futuro de ser necesario, seguido de 31% que está totalmente de acuerdo y un 23% no está de acuerdo ni en desacuerdo.

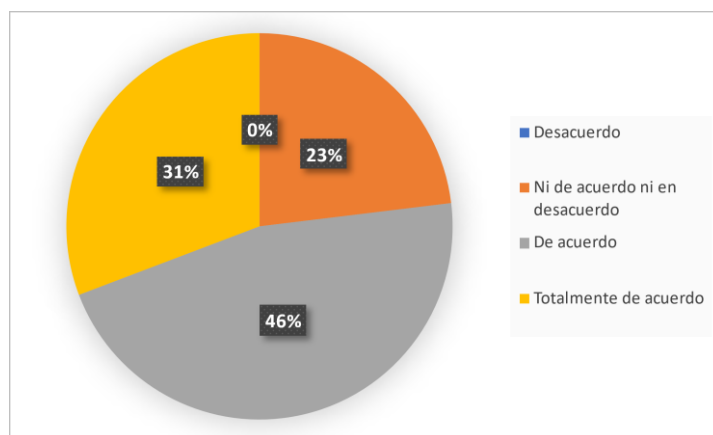


Figura 6.17 Pregunta 14 del Modelo de aceptación tecnológica (TAM). Fuente: Elaboración propia

6.2.6. Resumen de aceptación de las hipótesis

La Tabla 6.15 presenta un resumen de los resultados obtenidos posterior a la aplicación del ejercicio experimental, donde se indica el número de participantes y las hipótesis que fueron aceptadas o rechazadas.



Participantes	Cantidad	Hipótesis Aceptadas	Hipótesis Rechazadas
Estudiantes e ingenieros en sistemas	13	H1 ₁ , H2 ₁ , H3 ₁ , H4 ₀ , H5 ₀ , H6 ₁ , H7 ₁ , H8 ₁	H1 ₀ , H2 ₀ , H3 ₀ , H4 ₁ , H5 ₁ , H6 ₀ , H7 ₀ , H8 ₀

Tabla 6.15 Tabla resumen de aceptación y rechazo de hipótesis del cuasi experimento. Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados anteriores se puede concluir que, en todos los casos, el DSL-MoCap es percibido como fácil de usar, útil y de ser necesario se tiene la intención de ser usado en el futuro, en el cuasi experimento, se obtuvo una media de 85%, lo que indica que el diseño de un DSL mediante la selección y configuración de componentes en el editor gráfico del DSL-MoCap se lleva a cabo de una forma correcta.

Además, la eficiencia de los participantes es aceptable con una media de 21 minutos para la realización del ejercicio experimental. Sin embargo, los resultados de efectividad y eficiencia podrían ser mejores considerando la experiencia del usuario y su experticia en el uso del entorno gráfico para futuros ejercicios.

6.3 Discusión

En esta sección se presentan las conclusiones globales de este capítulo de forma general.

RQ1: *¿El DSL-MoCap es percibido como fácil de usar y útil? De ser así, ¿las percepciones de los participantes son el resultado de su rendimiento cuando utilizan el DSL?*

Respondiendo a parte inicial de esta pregunta de investigación, consideramos las hipótesis H1 y H2, mismas que fueron rechazadas en las hipótesis nulas, siendo aceptadas sus alternativas, esto quiere decir que, para gran parte de los participantes el DSL-MoCap fue percibido como útil y fácil de usar, reflejado en el 86% de efectividad.

H1, esto quiere decir que para la mayoría de los participantes el editor gráfico del DSL-MoCap es un poco complicado, sin embargo, se rechazó la hipótesis nula H2 aceptando su alternativa, esto significa que, para la mayoría de los participantes, el DSL-MoCap fue percibido como útil. Sin embargo, se puede decir que dada la modalidad virtual en la que se aplicó el experimento afecta la percepción del participante, además que, los participantes debían realizar previamente la configuración y despliegue de la herramienta.



Sobre “las percepciones del usuario son el resultado de su rendimiento al utilizar el editor gráfico del DSL”, la hipótesis nula H4 fue aceptada y se rechazó su alternativa, que indica que, la facilidad de uso percibida (PEOU) no es producto de la eficiencia en los participantes, esto quiere decir que, el tiempo que a los participantes le tomó en realizar el ejercicio está relacionado con que el editor gráfico sea visto como fácil de usar.

Adicionalmente se aceptó la hipótesis nula H5; que significa de manera general, la utilidad percibida (PU) no está influenciada por la efectividad de los participantes al desarrollar el ejercicio experimental.

Finalmente, se rechazó la hipótesis nula H6 para aceptarse su alternativa, esto quiere decir que, la utilidad percibida (PU) sí está determinada por la facilidad de uso percibida (PEOU), es decir, los participantes consideran que, el percibir el editor gráfico como fácil de usar implica que también es útil.

RQ2: *¿Existe una intención de uso del DSL-MoCap en el futuro? De ser así, ¿tales intenciones de uso son el resultado de las percepciones de los participantes?*

Sobre la intención de uso futura del DSL-MoCap, se rechazó la hipótesis nula H3 y se aceptó su alternativa, esto quiere decir que, los participantes si tienen la intención de usar el DSL-MoCap en el futuro.

Sobre la facilidad de uso percibida (PEOU) y la intención de uso (ITU), la hipótesis nula H7 fue rechazada aceptándose su alternativa, esto significa que, la intención de uso (ITU) sí está determinada por PEOU, es decir, los participantes consideran que tener un DSL fácil de usar implica que esta pueda ser considerado para su uso en el futuro.

Finalmente, la hipótesis nula H8 fue rechazada aceptándose su alternativa, esto significa que la intención de uso (ITU) también está determinada por la utilidad percibida (PU), es decir, los participantes consideran que, si el DSL resulta ser útil, éstos tendrían la intención de usarla en el futuro.

Los resultados globales del análisis de regresión son resumidos en la Figura 6.18, estos resultados constituyen una primera parte de la evaluación del DS-MoCap. Como trabajo futuro, se presenta la necesidad de investigar sobre la influencia de otras variables basadas en el rendimiento y la percepción para predecir la aceptación del editor gráfico del DSL-MoCap en la práctica.

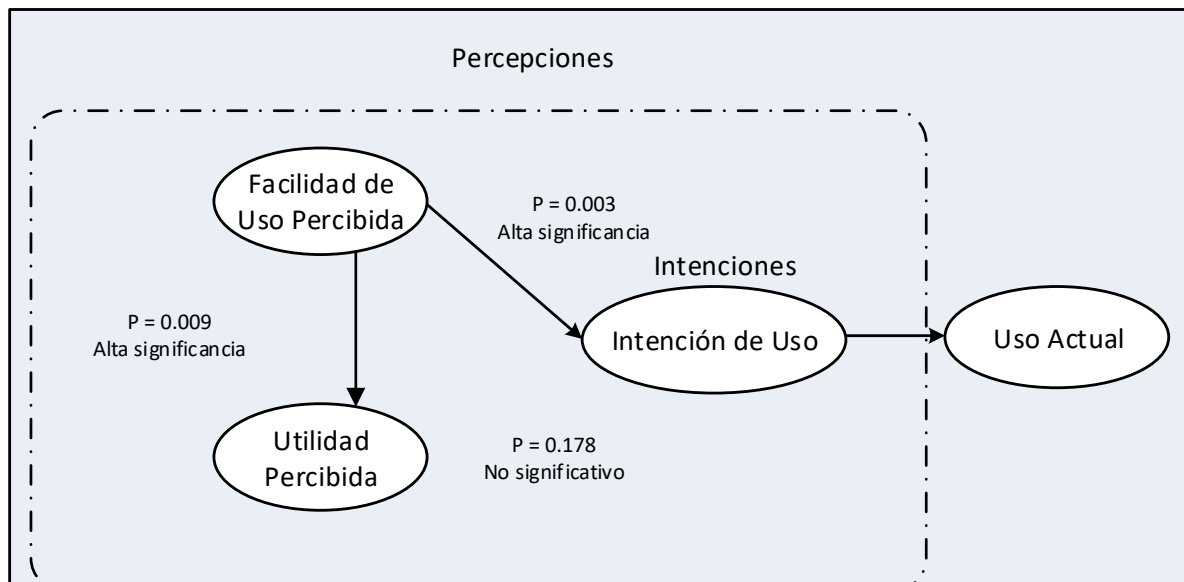


Figura 6.18 Conclusiones de la evaluación al DSL-MoCap. Fuente: Elaboración propia.

6.4 Amenazas a la validez

De acuerdo con Cook & Campbell (1979), se consideran cuatro tipos de amenazas que pueden poner en peligro la validez de un cuasiexperimento. En este sentido, las justificaciones de validez para las cuatro amenazas propuestas por los autores se presentan a continuación.

- **Validez interna**

Este tipo de amenaza a la validez es relevante en los estudios que tratan de establecer relaciones causales. Las principales amenazas a la validez interna se presentaron en la experiencia de los participantes, los sesgos del autor, los sesgos relacionados a la forma de estructurar el DSL-MoCap y la modalidad utilizada para llevar a cabo el experimento.

Para reducir la amenaza a la experiencia de los participantes, se brindó a los usuarios un entendimiento de la forma en la que se estructura y se replica un modelo de HCI usando el DSL propuesto. Los sesgos del autor y los sesgos producidos por la entendibilidad del material fueron reducidos mediante una revisión previa de dicho material llevada a cabo por un investigador experto en el dominio de Ingeniería de Software, y un experimento piloto aplicado a estudiantes de prueba con la finalidad de recibir retroalimentación que permitan reducir los errores durante el experimento.



Adicionalmente, la modalidad en la cual se realizó el cuasi experimento fue de forma virtual, por tal, esto dificultó una correcta comunicación bidireccional entre los participantes y el experto de dominio al momento de explicar el uso del DSL-MoCap. Siendo solventado este inconveniente con una página web que incorporó todo el material a usar, así como la explicación conceptual y configuración del entorno gráfico mediante un video.

- **Validez externa**

Este tipo de validez hace referencia a la habilidad para generalizar los resultados en diferentes contextos. Según (Cedillo et al., 2017), la principal amenaza es la forma de representar los resultados que pueden verse afectados por el diseño de la evaluación, el contexto de participantes seleccionados, el tamaño y complejidad de la tarea experimental y la difícil situación que atraviesa el país respecto a la pandemia del Covid-19.

En la fase de entrenamiento se desarrolló un ejemplo en donde los participantes se enfocaron en la representación de un modelo HCI para AAL, usando dispositivos MoCap a través de un juego serio, explicándose a detalle la relación entre componentes del editor gráfico del DSL, mediante la previa realización de un nivel del juego serio para que puedan representar el nivel 2.

Con respecto a la experiencia de los participantes, el cuasi experimento fue realizado con alumnos de Ingeniería de Sistemas quienes han tomado cursos de Ingeniería de software y tienen un buen conocimiento de modelos de software e interacción humano computador. El tamaño y complejidad de la tarea podrían también afectar la validez externa. Para ello, hemos propuesto una sola tarea experimental con un nivel suficiente de complejidad, dado el tiempo que se tenía para la sesión.

- **Validez de constructo**

La validez de constructo hace referencia a la forma de probar la validez de una prueba. En este sentido, la amenaza directa a esta validez fue la confiabilidad del cuestionario de evaluación presentada a los participantes del cuasiexperimento. La principal amenaza es la confiabilidad del cuestionario realizado por los participantes para lo cual se realizó una prueba de confiabilidad del alfa de Cronbach para cada conjunto de preguntas relacionadas a cada variable subjetiva; siendo el umbral mínimo recomendado $\alpha = 0.7$. La confiabilidad obtenida para PEOU fue $\alpha = 0.769$, para PU $\alpha = 0.776$, y para ITU $\alpha = 0.894$; proporcionando esta manera la validez a este cuestionario realizado.



- **Validez de conclusión**

Las amenazas que afectan se refiere a las conclusiones estadísticas, ejemplo de estas son la elección de los métodos estadísticos, y la elección del tamaño de la muestra, entre otros (Cedillo et al., 2017). Donde se toma una muestra de 13 participantes, pudiendo resultar en un problema de validez de la conclusión, dado que puede afectar la causalidad entre las diferentes variables; sin embargo, los resultados fueron favorables ya que los participantes lograron realizar exitosamente el ejercicio propuesto.

6.5 Discusión de resultados

En este capítulo se ha presentado la planificación y ejecución de un cuasi experimento, con el fin de evaluar la eficacia percibida por un grupo de estudiantes del área de Ingeniería de Sistemas durante la manipulación de componentes en el editor gráfico del DSL-MoCap propuesto.

El método que se usó para validar este enfoque fue el método de entendibilidad y correctitud, el cual considera dos aspectos importantes que son complementarios: rendimiento actual y probabilidad de aceptación en la práctica. Para la implementación del experimento que evalúa la entendibilidad y correctitud del requisito plasmado en el DSL, se definieron variables basadas en el rendimiento (eficiencia y efectividad) como factores de influencia para las variables basadas en la percepción (facilidad de uso percibida, utilidad percibida e intención de uso).

Los resultados indican que la mayoría de los participantes han encontrado el DSL-MoCap como útil, la mayoría de los participantes están de acuerdo en que, de ser necesario, lo usarían en el futuro, adicionalmente el rendimiento de los participantes mostró sus percepciones positivas y finalmente las percepciones determinan la intención de usar el editor gráfico del DSL-MoCap propuesto.

Aunque los resultados son favorables, deben ser considerados con cautela ya son producto de la evaluación de un conjunto reducido de atributos y, ha sido aplicado a usuarios sin experiencia previa en el desarrollo de sistemas en el área de HCI y AAL. Por tal, resulta necesario realizar el cuasi experimento de forma presencial con expertos del dominio y de preferencia profesionales de la industria.



CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En el presente capítulo se presentan las conclusiones de este trabajo de titulación visto desde los objetivos de investigación, así como el cumplimiento y los principales hallazgos obtenidos. Además, se presentan los aportes de esta investigación y sus posibles oportunidades de investigación futura. La sección 7.1 muestra las conclusiones observadas desde el objetivo general, los objetivos específicos de este trabajo y la hipótesis de investigación aceptada; posteriormente en la sección 7.2 se presenta el trabajo futuro; y finalmente en la sección 7.4 se realiza la difusión de resultados como aporte del presente trabajo de titulación.

7.1 Conclusiones

A continuación, se presenta el alcance de cada uno de los objetivos que fueron planteados inicialmente y la hipótesis de investigación aceptada en este trabajo de titulación.

7.1.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo fue la *“Creación de un Lenguaje de Dominio Específico (DSL) para la especificación de interacciones humano-computador, a través de dispositivos de captura de movimiento, en soluciones tecnológicas para entrenamiento cognitivo orientadas al adulto mayor.”*

Este objetivo ha sido realizado completamente ya que, en este trabajo de titulación, se ha planteado la creación de un lenguaje de dominio específico (DSL) que, considere interacciones para diferentes dispositivos de captura de movimiento para personas con discapacidad y adultos mayores. Los tipos de interacciones empleados fueron obtenidos como parte del resultado de una revisión sistemática.

Además, se han definido los componentes que son parte del modelo, esto mediante un trabajo de investigación que consistió en la revisión de artículos científicos que proponen sistemas que contribuyen a mantener el bienestar de adultos mayores, discapacitados, personas con enfermedades crónicas, etc., en AAL, y considerar los componentes de cada



uno de esos sistemas para ser incluidos en el diseño de la solución, mismo que también siguió estándares establecidos para diseño de interfaces amigables que se adapten al usuario garantizando una correcta experiencia.

El DSL-MoCap propuesto es una parte importante en el desarrollo de aplicaciones en donde interviene de manera directa el área médica (en este caso la psicológica) y los ingenieros de software, ya que, a través del uso de este entorno gráfico permite representar de forma clara el proceso que comprendería la realización de una aplicación de este tipo, sin necesidad de que llegue a ser compleja de entender hacia alguna de las áreas mencionadas anteriormente como parte inicial del proceso, siendo un punto medio de entendimiento sin profundizar en términos complejos.

7.1.2. Objetivos específicos

- **Objetivo Específico 1:** *“Realizar un estudio del estado del arte que permita determinar qué tipo de interacciones son usadas por adultos mayores para la evaluación o intervención de las capacidades físicas y cognitivas, los dispositivos que intervienen, las herramientas y soluciones existentes para definición de esas interacciones y los campos de aplicación de las mismas.”*

El presente objetivo se cumplió completamente, ya que para esto se realizó el capítulo 3 en donde se describe el mapeo sistemático de la literatura centrado en el “qué” y “cómo” de las interacciones HCI se están usando para la intervención de las capacidades físicas y cognitivas en ambientes de vida asistida por el entorno hacia adultos mayores.

Se presentó los dispositivos de captura de movimiento y su necesidad en crear nuevas soluciones para entrenamiento de adultos mayores a través de juegos serios, y la creación de hardware que apoye las diferentes discapacidades mediante exergames. Adicionalmente se puede concluir que el uso de dispositivos de captura de movimiento se ha convertido en una herramienta tecnológica fundamental en el área de la medicina mediante la rehabilitación física y cognitiva.

Se evidencia además la necesidad de que estas soluciones sean basadas o sigan estándares que validen su correcto desarrollo haciendo uso de herramientas como lo son los Lenguajes de Dominio Específico (DSL), sin embargo, estas soluciones son propuestas mayoritariamente por parte de la academia. Además, la integración de componentes de interfaces gráficas que brinden un correcto entendimiento para garantizar su perfecta



funcionalidad y entendibilidad en los usuarios finales como adultos mayores, a pesar de existir pocas soluciones para este sector de la población.

○ **Objetivo Específico 2:** *“Seleccionar las interacciones para un tipo de dispositivo de captura de movimiento (p. ej., cámara web) que responda a las necesidades de los adultos mayores.”*

Para cumplir este objetivo ha sido muy importante relacionar la parte médica como lo es la psicología, ya que esta nos permitió encontrar directamente las necesidades que se presentan en adultos mayores que necesitan entrenamiento cognitivo en etapas leves o iniciales en enfermedades como el Alzheimer, e intentar reducir el tiempo de aparición de enfermedades cognitivas, y para entrenamiento físico en adultos mayores presentados por su edad.

Es importante mencionar que los dispositivos de captura de movimiento que presentan mayor aplicación son las pantallas táctiles, seguidas por dispositivos de captura de movimiento (corporal), de estos últimos existen variaciones que harán fácil el rastreo, como son cámaras de buena calidad con infrarrojo con profundidad para cada parte del cuerpo dependiendo lo que se requiera monitorear. De igual manera se relacionan con la interacción que va a realizar el usuario, siendo clasificadas dentro del área médica como: lateralidad, direccionalidad y circular en las que afecta directamente el rango de movilidad de la parte del cuerpo y el usuario que la realiza, habiéndose obtenido movimientos básicos para los usuarios adultos mayores a los cuales denominamos conjunto de interacciones.

En este trabajo de titulación se decidió utilizar una cámara web como dispositivo de captura de movimiento, debido a que al instanciar al DSL-MoCap en una aplicación web como juego serio a *Stroop-Game*, resulto fácil para los usuarios ejecutar la aplicación que este caso eran adultos mayores; personas de alto riesgo de contagio debido al COVID-19, permitiendo ejecutarlo en sus hogares sin intervención de personal miembros del proyecto, reduciendo el riesgo de contagio.

○ **Objetivo Específico 3:** *“Crear un Lenguaje de Dominio Específico (Domain Specific Language - DSL) a partir del desarrollo e instanciación de un metamodelo para la captura de movimiento de adultos mayores.”*

Para cumplir este objetivo se trabajó conjuntamente con el equipo de investigación formado por profesionales del área de ingeniería de software y médica, por tal motivo este trabajo de titulación partió con la creación de un metamodelo basado en necesidades de



adultos mayores vistos desde la parte psicológica, que incluyó interacciones con diferentes partes del cuerpo hacia dispositivos de captura de movimiento para generar acciones, útil al momento previo a diseñar aplicaciones con este tipo de características. Para posteriormente desarrollar el DSL-MoCap a partir de metamodelo creado que, permitió generar una interfaz gráfica como entrada para la aplicación que se creó posteriormente.

En este DSL-MoCap que incluyó el conjunto de interacciones propuesto anteriormente, cabe recalcar que el DSL-MoCap está diseñado para cualquier tipo de dispositivo de captura de movimiento, diferentes partes del cuerpo y producir acciones o resultados basados en tareas, como por ejemplo realizar cierto movimiento para activar algún dispositivo IoT (Internet of Things).

Como conclusión, para realizar aplicaciones basadas en interacciones con dispositivos de captura de movimiento para adultos mayores se puede representar mediante el DSL-MoCap, útil para generar un modelo que permite la manipulación de componentes.

- **Objetivo Específico 4:** *“Evaluar el DSL mediante un caso de estudio.”*

Para dar cumplimiento a este objetivo, se ha realizado un caso de estudio con adultos mayores en ambientes de vida asistida por el entorno a través del DSL-MoCap, en donde se evaluó el rendimiento actual y la probabilidad de aceptación en la práctica, siguiendo el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) para esto se establecieron variables basadas en la percepción: Facilidad de uso percibida (PEOU), Utilidad percibida (PU) e Intención de uso en el futuro (ITU).

Finalmente, los resultados indican que, la mayoría de los participantes han encontrado al juego serio como fácil de usar y útil, además, están de acuerdo en que, de ser necesario, sí usarían el DSL-MoCap propuesto en el futuro y, las percepciones de facilidad de uso y utilidad del juego serio sí determinan la intención de usarla en el futuro.

7.2 Trabajo futuro

A continuación, se presentan algunas ideas que podrían realizarse al DSL-MoCap propuesto para mejorar aspectos como el diseño, implementación y validación.

Para el diseño se podría agregar partes del cuerpo más específicas como es el caso de articulaciones pequeñas como dedos, muñecas y tobillos, de igual forma incluir conjuntos



de interacciones más complejas de realizar por el usuario que permitan medir un avance en personas que presenten deficiencias avanzadas físicas o cognitivas, además de incluir dispositivos que tengan mayor precisión en el rastreo de movimiento, reconocimiento de voz e impulsos cerebrales, que brinden la capacidad de realizar evaluaciones de deficiencias cognitivas en ambientes reales.

En el caso de estudio con adultos mayores, se podría ampliar el dominio de búsqueda desde otras perspectivas como lo es evaluar con otros tipos de pacientes que no necesariamente sean adultos mayores y poder medir su eficiencia. De igual forma ampliar el tipo de aplicaciones a diferentes tipos de dispositivos que permitan el entrenamiento de los pacientes sin necesidad de ser asistidos por otras personas, permitiendo controlar un avance de forma remota por parte del médico.

7.3 Difusión de resultados

7.3.1. Artículo científico sobre la revisión sistemática

“A systematic literature review on haptic devices for supporting physical and cognitive health of seniors”.

7.3.2. Artículo científico sobre el caso de estudio orientado a adultos mayores

“DSL MoCap: Towards a Specific Domain Language for the development of serious games with motion capture for cognitive training in older adults”.

7.3.3. Artículo científico sobre la creación de un modelo de calidad aplicado al DSL propuesto

Aceptado en la conferencia “*ICEDEG 2021 - Eighth International Conference on eDemocracy & eGovernment*”, con el paper titulado “*Evaluating Functional Suitability of Domain-Specific Languages Oriented to Create Interactions for Cognitive Training*”.



APÉNDICES

Apéndice A: Estudios primarios seleccionados

Título	Autores	Año	No Páginas	No Citas
IEEE				
Field study of a physical game for older adults based on an autonomous, mobile robot	Hansen, S. T.; Rasmussen, D. M.; Bak, T.	2012	6	3
Interaction Behavior of Older Adults with Immersive Virtual Reality Application for Cognitive Training	Intraraprasit, M.; Sunhem, W.; Jinjakam, C.	2018	5	1
A personalized exercise trainer for elderly	Steffen, D.; Bleser, G.; Weber, M.; Stricker, D.; Fradet, L.; Marin, F.	2011	8	26
Cognitive modeling in human computer interaction: Understanding technology usage in elderly people	William, J. A.; Muruges, R.	2016	6	3
Activation game for older adults — Development and initial user experiences	Sari Merilampi, Antti Koivisto, Johanna Virkki	2018	5	3
SPRINGER				
A Virtual Trainer by Natural User Interface for Cognitive Rehabilitation in Dementia	Leone, Alessandro; Caroppo, Andrea; Siciliano, Pietro	2014	10	2
An Approach of Indoor Exercise: Kinect-Based Video Game for Elderly People	Liu, Zhe; Liao, Chen; Choe, Pilsung	2014	8	13
Assessing Older Adults' Usability Challenges Using Kinect-Based Exergames	Harrington, Christina N.; Hartley, Jordan Q.; Mitzner, Tracy L.; Rogers, Wendy A.	2015	12	18



Developing and Evaluating a Non-Visual Memory Game	Kuber, Ravi; Tretter, Matthew; Murphy, Emma	2011	13	8
Games for Health: Design Cognition-Focused Interventions to Enhance Mental Activity	Kim, Hyungsin; Sapre, Viraj; Do, Ellen Yi-Luen	2011	5	7
Investigating Usability Metrics for the Design and Development of Applications for the Elderly	Holzinger, Andreas; Searle, Gig; Kleinberger, Thomas; Seffah, Ahmed; Javahery, Homa	2008	7	111
Leveraging Web Technologies to Expose Multiple Contemporary Controller Input in Smart TV Rich Internet Applications Utilized in Elderly Assisted Living Environments	Konstantinidis, Evdokimos I.; Antoniou, Panagiotis E.; Billis, Antonis; Bamparopoulos, Georgios; Pappas, Costas; Bamidis, Panagiotis D.	2014	10	10
Older Adults' Perceptions About Commercially Available Xbox Kinect Exergames	Jeremic, Julija; Zhang, Fan; Kaufman, David	2019	18	3
Play for the Elderly - Effect Studies of Playful Technology	Lund, Henrik Hautop	2015	11	10
Symbiosis: An Innovative Human-Computer Interaction Environment for Alzheimer's Support	Mandiliotis, Dimitris; Toumpas, Kostas; Kyprioti, Katerina; Kaza, Kiki; Barroso, Joao; Hadjileontiadis, Leontios J.	2013	9	6
The Design of an Interactive Stroke Rehabilitation Gaming System	Harley, Linda; Robertson, Scott; Gandy, Maribeth; Harbert, Simeon; Britton, Douglas	2011	6	41



Use Cases Functionality of the OASIS HCI	Panou, Maria; Bekiaris, Evangelos; Cabrera-Umpierrez, Maria Fernanda; Jimenez Mixco, Viveca; Arredondo, Maria Teresa	2009	8	2
Validation of the mobile serious game application Touch Surgery™ for cognitive training and assessment of laparoscopic cholecystectomy	Kowalewski, Karl-Friedrich; Hendrie, Jonathan D.; Schmidt, Mona W.; Proctor, Tanja; Paul, Sai; Garrow, Carly R.; Kenngott, Hannes G.; Müller-Stich	2017	9	36
Architecture for Serious Games in Health Rehabilitation	Rego, Paula Alexandra; Moreira, Pedro Miguel; Reis, Luis Paulo	2014	10	16
Assistance for Older Adults in Serious Game Using an Interactive System	Phan Tran, Minh Khue; Bremond, Francois; Robert, Philippe	2016	5	4
Design Elements of Pervasive Games for Elderly Players: A Social Interaction Study Case	Santos, Luciano H. O.; Okamoto, Kazuya; Hiragi, Shusuke; Yamamoto, Goshiro; Sugiyama, Osamu; Aoyama, Tomoki; Kuroda, Tomohiro	2019	11	0
Development of Cognitive Function Evaluation Contents for Mobile Based on MMSE-DS	Shin, Sung-Wook; Moon, Ho-Sang; Chung, Sung-Taek	2018	7	0
Evaluating a Serious Game for Cognitive Stimulation and Assessment with Older Adults: The Sorting Sheep Game	Silva Neto, Helio C.; Cerejeira, Joaquim; Roque, Licinio	2017	14	0



Intelligent Interface for Elderly Games	Park, Changhoon	2009	6	11
Mobile VR Game Design for Stroke Rehabilitation	Yu, Jia; Jiang, Rong; Feng, Yuan; Yuan, Meng; Kang, Yong II; Gu, Zhenyu	2018	21	1
Multisensory Treatment of the Hemispatial Neglect by Means of Virtual Reality and Haptic Techniques	Teruel, Miguel A.; Oliver, Miguel; Montero, Francisco; Navarro, Elena; Gonz{\'{a}}lez, Pascual	2015	9	8
Perspectives on Design of Sensor Based Exergames Targeted Towards Older Adults	Anneli Avatare Nöu, Ella Kolkowska, Lars-Åke Johansson, Anna Ridderstolpe, Isabella Scandurra	2018	19	1
Serious Games for Cognitive Assessment with Older Adults: A Preliminary Study	Silva Neto, Helio C.; Cerejeira, Joaquim; Roque, Licinio	2017	15	0
Serious Games for Cognitive Training in Ambient Assisted Living Environments – A Technology Acceptance Perspective	Wittland, Jan; Brauner, Philipp; Ziefle, Martina	2015	18	16
Stroke Rehabilitation via a Haptics-Enhanced Virtual Reality System	Yeh, Shih-Ching; Lee, Si-Huei; Wang, Jia-Chi; Chen, Shuya; Chen, Yu-Tsung; Yang, Yi-Yung; Chen, Huang-Ren; Hung, Yen-Po; Rizzo, Albert; Tsai, Te-Lu	2013	14	0
Training Working Memory in Elderly People with a Computer-Based Tool	Rute-Pérez, Sandra; Rodríguez-Domínguez, Carlos; Rodríguez-F Ortiz, María José; Hurtado-Torres, María	2016	6	4



	Visitación; Caracuel, Alfonso			
Accessibility in Serious Games for Adults Aging with Disability	Gomez-Gurley, Keiko; McLaughlin, Anne Collins; Coleman, Maribeth Gandy; Allaire, Jason C.	2015	10	5
Computer-Based Cognitive Training in Adults with Down's Syndrome	Bargagna, Stefania; Bozza, Margherita; Buzzi, Maria Claudia; Buzzi, Marina; Doccini, Elena; Perrone, Erico	2014	11	8
Efficacy of Cognitive Training Experiences in the Elderly: Can Technology Help?	Buiza, Cristina; Gonzalez, Mari Feli; Facal, David; Martinez, Valeria; Diaz, Unai; Etxaniz, Aitziber; Urdaneta, Elena; Yanguas, Javier	2009	9	30
Evaluating a Gaming System for Cognitive Screening and Sleep Duration Assessment of Elderly Players: A Pilot Study	Boletsis, Costas; McCallum, Simon	2016	12	4
Evaluating the Potential of Cognitive Rehabilitation with Mixed Reality	Beato, Nicholas; Mapes, Daniel P.; Hughes, Charles E.; Fidopiastis, Cali; Smith, Eileen	2009	9	6
Final results of the NINFA project: impact of new technologies in the daily life of elderly people	Cinini, Alessandra; Cutugno, Paola; Ferraris, Claudia; Ferretti, Melissa; Marconi, Lucia; Morgavi, Giovanna; Nerino, Roberto	2019	10	0



Gesture-Based Applications for Elderly People	Chen, Weiqin	2013	11	36
MobileQuiz: A Serious Game for Enhancing the Physical and Cognitive Abilities of Older Adults	Birn, Thomas; Holzmann, Clemens; Stech, Walter	2014	11	11
Older Adults' Perceptions of Video Game Training in the Intervention Comparative Effectiveness for Adult Cognitive Training (ICE-ACT) Clinical Trial: An Exploratory Analysis	Andringa, Ronald; Harell, Erin R.; Dieciuc, Michael; Boot, Walter R.	2019	134	0
The Gamification of Cognitive Training: Older Adults' Perceptions of and Attitudes Toward Digital Game-Based Interventions	Boot, Walter R.; Souders, Dustin; Charness, Neil; Blocker, Kenneth; Roque, Nelson; Vitale, Thomas	2016	10	15
The Innovative Reminder in Senior-Focused Technology (THIRST)—Evaluation of Serious Games and Gadgets for Alzheimer Patients	Eichhorn, Christian; Plecher, David A.; Lurz, Martin; Leipold, Nadja; Bohm	2019	154	3
Towards an Understanding of the Relationship Between Executive Functions and Learning Outcomes from Serious Computer Games	Boyle, James; Boyle, Elizabeth A.	2014	8	2
ACM				
Acceptance of Cognitive Games through Smart TV Applications in Patients with Parkinson's Disease	Lopez, J. P.; Martín, D.; Moreno, F.; Hernández-Peñaloza, G.; Alvarez, F.; Marín, M.; Carrasco, L.; Burgos, M.	2018	5	1
App Usage Predicts Cognitive Ability in Older Adults	Gordon, Mitchell L.; Gatys, Leon; Guestrin, Carlos; Bigham, Jeffrey	2019	12	4



	P.; Trister, Andrew; Patel, Kayur			
Design and Evaluation of an Exergame for Motor-Cognitive Training and Fall Prevention in Older Adults	Vânia Guimarães, Ana Pereira, Elsa Oliveira, Alberto Carvalho, Ricardo Peixoto	2018	6	1
Experience of Designing and Deploying a Tablet Game for People with Dementia	Westphal, Bree J.; Lee, Hyowon; Cheung, Ngai-Man; Teo, Chor Guan; Leong, Wei Kiat	2017	9	3
MoCHA: Designing Games to Monitor Cognitive Health in Elders at Risk for Alzheimer's Disease	Farber, Ilya; Fua, Karl C.; Gupta, Swati; Pautler, David	2016	5	0
Multi-Sensor Exercise-Based Interactive Games for Fall Prevention and Rehabilitation	António Santos; Vânia Guimarães; Nuno Matos; João Cevada; Carlos Ferreira; Inês Sousa	2015	7	16
Design and Prototype of a Device to Engage Cognitively Disabled Older Adults in Visual Artwork	Blunsden, Scott; Richards, Brandi; Boger, Jen; Mihailidis, Alex; Bartindale, Tom; Jackson, Dan; Olivier, Patrick; Hoey, Jesse	2009	8	10
Designing and Evaluating Digital Games for Frail Elderly Persons	Gerling, Kathrin M.; Schulte, Frank P.; Masuch, Maic	2011	8	150
Digital Game Design for Elderly Users	Ijsselsteijn, Wijnand; Nap, Henk Herman; de Kort, Yvonne; Poels, Karolien	2007	6	592
Evaluating Gesture-Based Games with Older Adults on a Large Screen Display	Rice, Mark; Wan, Marcus; Foo, Min-Hui; Ng, Jamie; Wai, Zynie;	2011	8	46



	Kwok, Janell; Lee, Samuel; Teo, Linda			
Can Cognitive and Functional Measures Explain Interactions between Elderly People with Different Levels of Cognitive Decline and an Avatar on TV?	Díaz, Unai; Buiza, Cristina; Etxaniz, Aitziber; Urdaneta, Elena; González, Mari Feli; Yanguas, Javier	2011	6	1
Savion: An Interactive Cognitive Enhancement Software for the Elderly	Papastefanakis, E.; Miliotis, Th.; Perissinaki, I.; Kyriklaki, A.; Gargeraki, A.; Peteinaraki, E.; Simos, P.; Panagiotakis, S.; Maniorou, K.; Vgontzas, A.	2011	7	4
Serious Gaming: Autonomy and Better Health for the Elderly	Hina, Manolo Dulva; Ramdane-Cherif, Amar; Dourlens, Sebastien	2016	7	0
Using the Kinect to Encourage Older Adults to Exercise: A Prototype	Ganesan, Samyukta; Anthony, Lisa	2012	6	66
Visual Complexity, Player Experience, Performance and Physical Exertion in Motion-Based Games for Older Adults	Smeddinck, Jan; Gerling, Kathrin M.; Tiemkeo, Saranat	2013	8	34
Watering the Flowers: Virtual Haptic Environments for Training of Forearm Rotation in Persons with Central Nervous Deficits	De Weyer, Tom; Notelaers, Sofie; Coninx, Karin; Feys, Peter; Lamers, Ilse; Alders, Geert; Geers, Richard	2011	6	12
SEGAH				
Designing Games for Older Adults: An affordance-based approach	Mahmoud Awad, Stuart Ferguson, Cathy Craig	2014	7	12



Game of gifts purchase: Computer-based training of executive functions for the elderly	Álvaro López-Martínez, Sandra Santiago-Ramajo, Alfonso Caracuel, Carlos Valls-Serrano, Miguel J. Hornos, María J. Rodríguez-Fórtiz	2011	8	42
Serious Games in Cognitive Training for Alzheimer's Patients	Frédéric Imbeault, Bruno Bouchard, and Abdenour Bouzouane	2011	8	72
A smart chair physiotherapy exergame for fall prevention-user experience study	Sari Merilampi, Kyle Mulholland, Venni Ihanakangas, Jonna Ojala, Pauli Valo, Johanna Virkki	2019	5	1
Serious games for ageing: a pilot interventional study in a cohort for heterogeneous cognitive impairment	Marco Simões; Rui Abreu; Hélio Gonçalves; Ana Rodrigues; Inês Bernardino; Miguel Castelo-Branco	2019	8	0
Solitaire Fitness: Design of an asynchronous exergame for the elderly to enhance cognitive and physical ability	Jaime A. Garcia; Natassja Sundara; Georgette Tabor; Valerie C. Gay; Tuck W. Leong	2019	6	1
Positive Design of Smart Interactive Fabric Artifacts for People with Dementia	Graham Mann, Giles Oatley	2017	8	3
Serious Games for the Cognitive Stimulation of Elderly People	M.J. Rodríguez-Fórtiz; C. Rodríguez-Domínguez; P. Cano J. Revelles; M.L. Rodríguez-Almendros	2016	7	12



Virtual Promenade: A New Serious Game for the Rehabilitation of Older Adults with Post-fall Syndrome	Pierre Wargnier; Edmond Phuong; Kévin Marivan; Samuel Benveniste; Frédéric Bloch; Serge Reingewirtz	2016	8	5
OTRAS REVISTAS				
Computerized cognitive training during physical inactivity improves executive functioning in older adults	Uros Marusic, Bruno Giordani, Scott D. Moffat, Mojca Petrič, Petra Dolenc, Rado Pišot & Voyko Kavcic	2016	22	15
Computerized tabletop games as a form of a video game training for old-old	Marina Cujzek & Andrea Vranic	2016	19	6
Saccadic eye movements as indicators of cognitive function in older adults	Alison C. Bowling*, Peter Lindsay, Belinda G. Smith and Kerri Storok	2014	20	12



Apéndice B: Resultados de porcentajes individuales

Cod.	Criterio	Respuestas	Estudios	%
RQ1: ¿Qué dispositivos se usan con aplicaciones orientadas a la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor?				
EC1	Dispositivos de captura de movimiento	Motion tracker	23	32
		Eyetracker	5	7
		Pantallas táctiles	31	44
		Wearable	7	10
		Ninguno	9	13
		Otros	23	32
RQ2: ¿Qué tipo de interacciones humano computador (HCI) se utilizan para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor?				
EC2	Subsistemas cognitivos de interacción	Visual	56	79
		Articulatorio (Touch)	40	56
		Acústico	25	35
		Corporal (Body-state)	30	42
		Otros	1	1
RQ3: ¿Qué tipo de aplicaciones se han creado para la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor?				
EC3	Calidad de Software en modelo de uso	Efectividad	46	65
		Eficiencia	39	55
		Satisfacción	42	59
		Seguridad	11	15
		Fiabilidad	53	75
		Ninguno	12	17
EC4	Tipo de aplicaciones de software	Sitio web	10	14
		Aplicación de Escritorio	36	51
		Aplicación Móvil	32	45
		Otros	10	14
EC5	Género de Video Juego	Acción	0	0
		Aventura	13	18
		Educativo	8	11
		Conducción	1	1



		Basado en rol (RPG)	8	11
		Simulación	18	25
		Deporte	12	17
		Salud	13	18
		Estrategia	12	17
		Ninguno	14	20
		Otros	22	31
EC6	Intervención	Física - Motriz	33	46
		Cognitiva	52	73
EC7	Nivel de prevención	Primaria	51	72
		Secundaria	36	51
		Terciaria	2	3
EC8	Enfermedades cognitivas	Deterioro cognitivo leve	15	21
		Alzheimer	16	23
		Ninguna	38	54
		Otros	12	17
EC9	Enfermedades físicas	Ninguna	48	68
		Traumatismo / Lesiones	19	27
		Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	10	14
RQ4. ¿Cómo está direccionada la investigación relacionada con la mejora y mantenimiento de la condición neuropsicológica y física del adulto mayor mediante el uso de aplicaciones y dispositivos de interacción humano computador?				
EC10	Fase en la cual se basan los estudios	Análisis	38	54
		Diseño	41	58
		Implementación	30	42
		Pruebas	57	80
EC11	Tipo de validación	Prueba de conceptos	9	13
		Cuestionario	19	27
		Quasi experimento	2	3
		Experimento	39	55
		Prototipo	9	13
		Caso de estudio	228	39



		Otros	5	7
EC12	Alcance del enfoque	Industria	25	35
		Academia	56	79
EC13	Metodología	Nuevo	54	76
		Extensión	17	24

Apéndice C: Experimento de Evaluación

C.1. Página web



<https://dsl-mocap.web.app/>

C.2. Documento de evaluación

Evaluación de un Lenguaje de Dominio Específico DSL-MoCap con HCI a través de dispositivos de captura de movimiento en AAL

La presente práctica tiene como objetivo crear un modelo usando una cámara como dispositivo de captura de movimiento, la mano como parte del cuerpo y varias interacciones y acciones, en un ambiente de vida asistida, a través de la instancia y configuración mediante un editor gráfico o Lenguaje de Dominio Específico (*Domain Specific Language - DSL*) con la herramienta de *Obeo Designer*.

El proceso consiste en brindar al estudiante las especificaciones y el gráfico del modelo que debe ser instanciada y configurado mediante *Obeo Designer*, y se requiere que cada estudiante registre la hora de inicio y fin de la tarea especificada en el apartado de “*Insertar DSL realizado*”, y se concluye completando una encuesta en línea de la actividad realizada. El resultado al culminar el ejercicio es un DSL que representa un modelo de interacción con dispositivos de captura de movimiento en un ambiente de vida asistida, él mismo que parte del presente trabajo de titulación.



Descripción del Ambiente de Vida asistida caso: Tarea Stroop

El modelo de DSL a realizar representa un ambiente de la vida real en que un adulto mayor independiente requiere entre varias cosas poder realizar un entrenamiento físico y cognitivo, ya que por su edad avanzada debe hacerlo para no disminuir su movilidad y capacidad mental. Para esto se plantea la “*Tarea Stroop*”, que consiste en realizar la acción con una interferencia a la orden recibida, es decir realizar la acción opuesta a la orden que se le indique. Esta aplicación consiste en flechas que representan direcciones que serán manipuladas por el paciente y mediante un dispositivo, en este caso una cámara web.

Descripción de los componentes

- **Evento**, representa el modo de interacción que un usuario va a recibir por parte de la aplicación para ejecutar una tarea o movimiento hacia el dispositivo, pudiendo ser *visual* mediante una orden textual, *acústica* a través de audio y *audiovisual* usando un video o animación. Esta clase está formada por *ParteCuerpo*, *Dispositivo*, *Interacción* y *Acción*.
- **ParteCuerpo**, describe a cada una de las partes del cuerpo que pueden intervenir en la interacción como lo es la *cabeza*, *tronco*, *ojo*, *brazo*, *mano*, *pierna* y *pie*. Se limitan cada una de las partes al rango de movimiento que sea posible.
- **Dispositivo**, incluye a los dispositivos los cuales captaran las interacciones que el usuario realice (p .ej., mover la mano hacia la derecha), teniendo como dispositivos a cámaras de cualquier tipo, desde cámaras 3D con profundidad hasta cámaras web (como se verá más adelante).
- **Interacción**, representa al contenedor de una interacción, o varias a modo de secuencia, que dependen del *dispositivo* y de *ParteCuerpo* para producir una *acción*. Dispone de 3 tipos de orientación: lateralidad, direccionalidad y rotación (explicadas en el punto 4.2).
- **Acción**, indica el producto que se tendrá como respuesta al hacer una interacción que, considerando la tarea *Stroop*, consistirá en realizar el movimiento opuesto a la orden recibida.

Lenguaje de Dominio Específico DSL-MoCap con HCI a través de dispositivos de captura de movimiento en AAL

Nombres:

Apellidos:

Profesión:

Hora Inicio:

Hora Fin:

Lenguaje de Dominio Específico

Con base en la práctica planteada, en la Figura 1 se presenta ejemplo para la especificación de interacciones humano computador, a través de dispositivos de captura de movimiento en un ambiente de vida asistida, el cual deberá ser representado mediante el DSL.

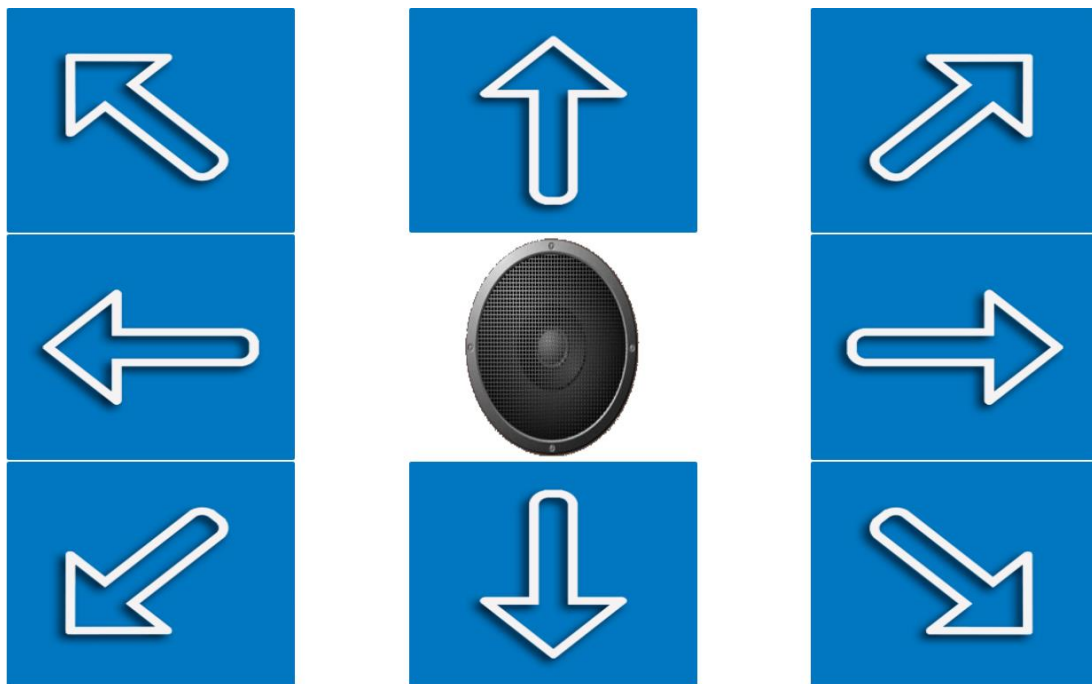


Figura 1. Representación MoCap para HCI en AAL

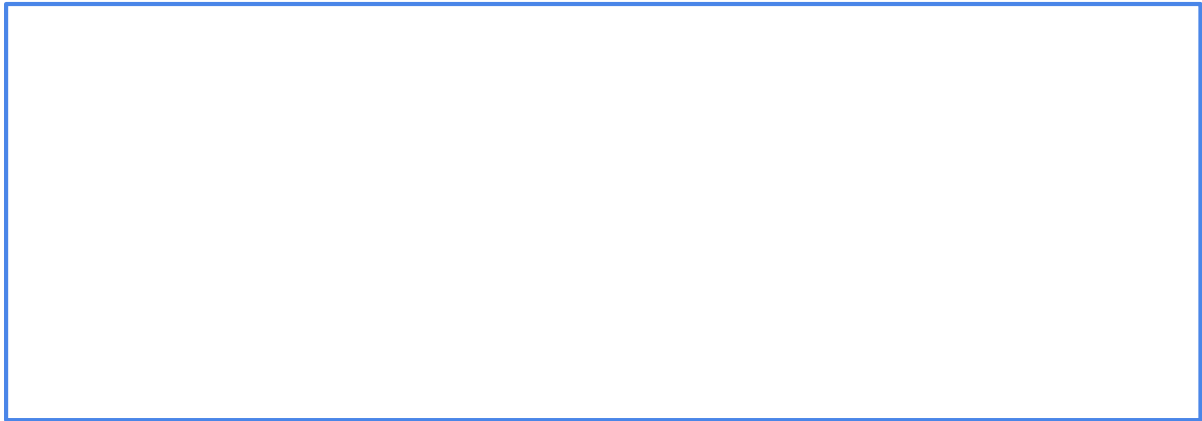
Componentes de la paleta del DSL

Gráfico	Componente	Descripción
Contenedores		
	Evento	Representa al tipo de interacción a la que hace referencia el entorno gráfico (visual, acústico y audiovisual, que se ingresa manualmente en la parte final del editor), y todos los componentes que forman parte de él.
	Interacciones	Contiene a una o varias interacciones (que pueden repetirse), p. ej., izquierda – derecha.



Enlace		
	Enlace Cuerpo	Línea que conecta a las partes del cuerpo con el contenedor de interacciones.
	Enlace Dispositivo	Línea que conecta al dispositivo con las interacciones.
	Enlace Interacción	Línea que conecta a las interacciones con la acción.
Dispositivos		
	Cámara	Representa a cualquier tipo de cámara para capturar el movimiento en el modelo.
	Superficie táctil	Dispositivo que captura el movimiento que hace un usuario con sus dedos en una superficie.
Partes del Cuerpo		
	Cabeza	Parte del cuerpo con la que se realizará el movimiento para ser capturado por el dispositivo (sujetas a su rango de movilidad).
	Ojo	
	Tronco	
	Brazo	
	Mano	
	Pierna	
	Pie	
Interacciones		
	Derecha	Dirección a la cual deberá moverse la parte del cuerpo involucrada.
	Izquierda	
	Arriba	
	Abajo	
	Adelante	
	Atrás	
	Simple	
Acciones		
	Acción	Resultado que deberá obtenerse al realizar la interacción con una parte del cuerpo indicada y un dispositivo involucrado.

Insertar DSL realizado

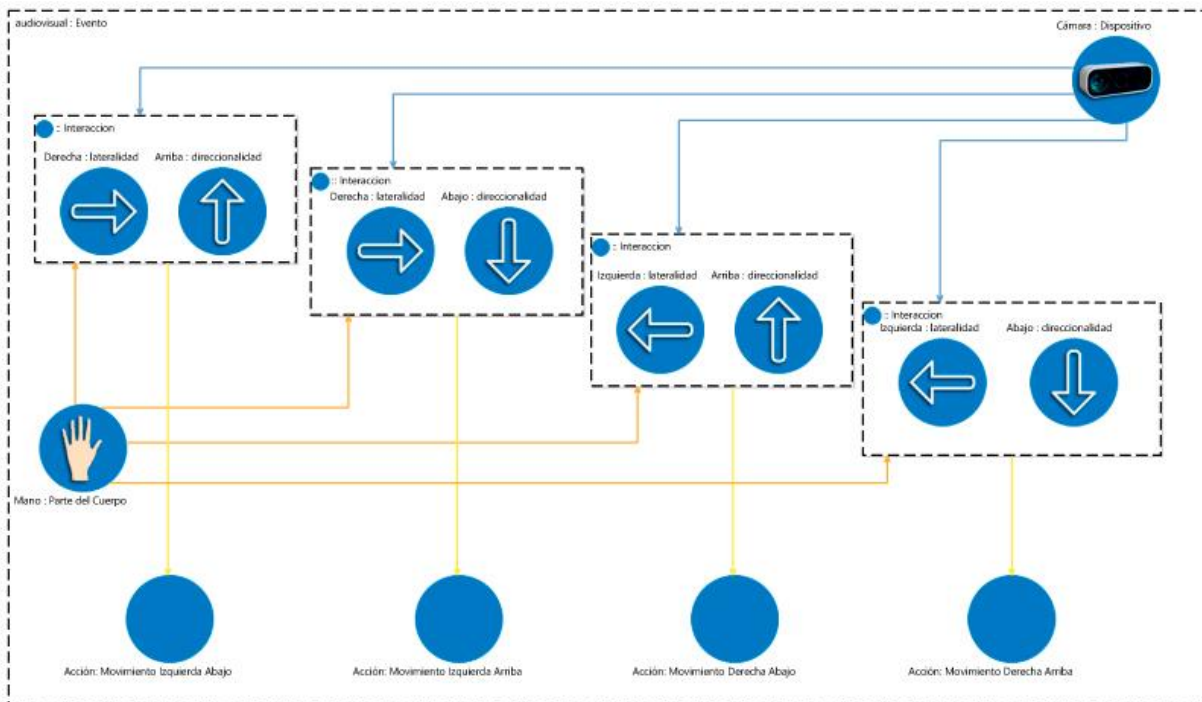


Formulario

Para finalizar el ejercicio, es necesario completar la encuesta en línea a través del enlace adjunto.

¡¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!!

C.3. Modelo solución





C.4. Formulario



Evaluación del Lenguaje de Dominio Específico DSL-MoCap con HCI a través de dispositivos de captura de movimiento en AAL

Para cada una de las preguntas marque sobre el círculo que se encuentra lo más cerca posible de su opinión.

*Obligatorio

Correo *

Tu dirección de correo electrónico

Nombres completos *

Tu respuesta



El editor gráfico DSL-MoCap es sencillo y fácil de seguir. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo

Totalmente de Acuerdo

En general, el editor gráfico DSL-MoCap no es fácil de entender. *

1 2 3 4 5

Totalmente de Acuerdo

Totalmente en Desacuerdo

Los pasos usados para configurar el editor gráfico DSL-MoCap son claros y fáciles de entender. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo

Totalmente de Acuerdo

El uso del editor gráfico DSL-MoCap no es fácil de aprender. *

1 2 3 4 5

Totalmente de Acuerdo

Totalmente en Desacuerdo



Considero que sería fácil adquirir destrezas en el uso de este editor gráfico DSL-MoCap. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo Totalmente de Acuerdo

El uso el editor gráfico DSL-MoCap podría reducir el tiempo y esfuerzo requerido para desarrollar sistemas de captura de movimiento. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo Totalmente de Acuerdo

En general, considero que el uso del editor gráfico DSL-MoCap no es útil. *

1 2 3 4 5

Totalmente de Acuerdo Totalmente en Desacuerdo

Considero que el DSL-MoCap es útil para desarrollar sistemas de captura de movimiento. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo Totalmente de Acuerdo



Pienso que el DSL-MoCap no es lo suficientemente expresivo para desarrollar sistemas de captura de movimiento. *

1 2 3 4 5

Totalmente de Acuerdo

Totalmente en Desacuerdo

El uso del DSL-MoCap podría mejorar mi rendimiento cuando desarrollo sistemas de captura de movimiento. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo

Totalmente de Acuerdo

En general, pienso que el DSL-MoCap no podría permitirme desarrollar sistemas de captura de movimiento de una manera adecuada. *

1 2 3 4 5

Totalmente de Acuerdo

Totalmente en Desacuerdo



Si necesitaría diseñar sistemas de captura de movimiento en el futuro, consideraría el DSL-MoCap. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo Totalmente de Acuerdo

De ser necesario, utilizaría el DSL-MoCap en el futuro. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo Totalmente de Acuerdo

Recomendaría el uso del DSL-MoCap para diseñar sistemas de captura de movimiento. *

1 2 3 4 5

Totalmente en Desacuerdo Totalmente de Acuerdo

Tiene alguna sugerencia con respecto a la herramienta DSL-MoCap.

Tu respuesta _____



C.5. Resultados de la encuesta

Participante	Preguntas cerradas														Pregunta Abierta
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	5	
2	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	5	3	Mejorar la documentación(guía) para su instalación y uso
3	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	
4	5	4	5	5	5	4	4	5	5	4	3	4	4	4	
5	4	3	5	5	3	4	4	4	4	4	5	3	5	4	
6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	Utilizar una especie de recomendador de elementos en el propio lienzo para evitar que el usuario se desplace a la barra lateral, donde se encuentran los elementos.
7	3	4	2	4	2	2	4	5	5	4	4	4	5	4	
8	5	4	5	4	3	3	3	3	3	4	3	4	5	3	
9	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	4	5	
10	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	5	4	
11	4	4	2	4	2	2	4	4	2	4	5	4	5	4	
12	4	3	3	3	4	3	2	2	4	3	5	3	4	3	
13	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	

C.6. Resultados

C1: Interacción arriba

C2: Interacción abajo

C3: Interacción derecha

C4: Interacción izquierda

C5: Interacción superior derecha

C6: Interacción superior izquierda

C7: Interacción inferior derecha

C8: Interacción inferior izquierda

Análisis de efectividad										
ID	NOMBRE	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	TOTAL
1	Cristina Sanchez	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Miguel Macias	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Belen Toledo	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Jonnathan Campoberde	1	1	1	1	0	0	0	0	0.5
5	Ariel Bravo	0	0	0	0	0	0	0	0	0



6	Edwin Narvaez	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Caridad Caceres	1	1	1	1	0	0	0	0	0.5
8	Mauricio Calle	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Christian Moreira	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Juan Arpi	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Patricio Fajardo	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	Christian Torres	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Vanessa Romero	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla C.1. Resultados efectividad de estudiantes. Fuente: Elaboración propia

Análisis de eficiencia		
ID	NOMBRE	TOTAL
1	Cristina Sanchez	17
2	Miguel Macias	30
3	Belen Toledo	23
4	Jonnathan Campoberde	16
5	Ariel Bravo	14
6	Edwin Narvaez	14
7	Caridad Caceres	11
8	Mauricio Calle	37
9	Christian Moreira	11
10	Juan Arpi	12
11	Patricio Fajardo	14
12	Christian Torres	45
13	Vanessa Romero	25

Tabla C.2. Resultados eficiencia de estudiantes. Fuente: Elaboración propia



REFERENCIAS

- AAL Association. (2018, marzo 29). *Active and assisted living programme*.
<https://web.archive.org/web/20180329013847/http://www.aal-europe.eu/about/objectives/>
- Abrahão, S., Insfran, E., Carsí, J. A., & Genero, M. (2011). Evaluating requirements modeling methods based on user perceptions: A family of experiments. *Information Sciences*, 181(16), 3356-3378. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2011.04.005>
- Abt, C. C. (1987). *Serious Games*. University Press of America.
- Andrews, A., & Pradhan, A. (2001). Ethical Issues in Empirical Software Engineering: The Limits of Policy. *Empirical Software Engineering*, 6(2), 105-110.
<https://doi.org/10.1023/A:1011442319273>
- Ariza, V., & Chaves, M. (2017). INTERFACES HÁPTICAS: SISTEMAS CINESTÉSICOS Vs. SISTEMAS TÁCTILES. *Revista EIA*, 13(26). <https://doi.org/10.24050/reia.v13i26.1065>
- Arsenault, D. (2009). Video Game Genre, Evolution and Innovation. *Eludamos. Journal for Computer Game Culture*, 3(2), 149-176.
<https://www.eludamos.org/index.php/eludamos/article/view/vol3no2-3>
- Arth, C., Grasset, R., Gruber, L., Langlotz, T., Mulloni, A., & Wagner, D. (2015). The History of Mobile Augmented Reality. *arXiv:1505.01319 [cs]*. <http://arxiv.org/abs/1505.01319>
- Azadegan, A., Riedel, J., & Hauge, J. (2012). Serious Games Adoption in Corporate Training. *Serious Games Development and Applications*, 74-85. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33687-4_6
- A. Kitchenham, Shari L. & D. Hoaglin. (2002). *Preliminary guidelines for empirical research in software engineering*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/1027796>
- Bargagna, S., Bozza, M., Buzzi, M., Buzzi, M., Doccini, E., & Perrone, E. (2014). Computer-Based Cognitive Training in Adults with Down's Syndrome. En C. Stephanidis & M.



- Antona (Eds.), *Universal Access in Human-Computer Interaction. Universal Access to Information and Knowledge* (Vol. 8514, pp. 197-208). Springer International Publishing.
- Barnard, P., & May, J. (1995). *Interactions with Advanced Graphical Interfaces and the Deployment of Latent Human Knowledge*. 15-49. https://doi.org/10.1007/978-3-642-87115-3_2
- Barry, B., & Carson, R. (2004). The consequences of resistance training for movement control in older adults. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 59(7), 730-754. <https://doi.org/10.1093/gerona/59.7.m730>
- Basili, V., Caldiera, G., & Rombach, H. (1994). *THE GOAL QUESTION METRIC APPROACH*.
- Berruezo, P. (2008). El contenido de la Psicomotricidad. Reflexiones para la delimitación de su ámbito teórico y práctico. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 22(2), 19-34.
- Bilginçan, T., Gezgin, E., İsmet, M., & Dede, C. (2010). *Integration of the Hybrid-Structure Haptic Interface: HIPHAD v1.0*.
- Blunsden, S., Richards, B., Bartindale, T., Jackson, D., Olivier, P., Boger, J., Mihailidis, A., & Hoey, J. (2009). Design and prototype of a device to engage cognitively disabled older adults in visual artwork. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/1579114.1579162>
- Brox, E., Luque, L., Evertsen, G., & Hernandez, J. (2011). Exergames for elderly: Social exergames to persuade seniors to increase physical activity. *2011 5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth) and Workshops*, 546-549. <https://doi.org/10.4108/icst.pervasivehealth.2011.246049>
- Calvaresi, D., Cesarini, D., Sernani, P., Marinoni, M., Dragoni, A. F., & Sturm, A. (2017). Exploring the ambient assisted living domain: A systematic review. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 8(2), 239-257. <https://doi.org/10.1007/s12652-016-0374-3>



- Carballo, M., Hernández, B., & Regueiro, A. (2018). *SISTEMA MULTICANAL PARA LA CARACTERIZACIÓN DE NISTAGMOS ASOCIADOS AL SISTEMA VESTIBULAR*.
- Carroll, J. M., & Campbell, R. L. (1989). Artifacts as psychological theories: The case of human-computer interaction. *Behaviour & Information Technology*, 8(4), 247-256. <https://doi.org/10.1080/01449298908914556>
- Cedillo, P., Insfran, E., & Abrahão, S. (2017). *Monitorización de calidad de servicios cloud mediante modelos en tiempo de ejecución (by Priscila Cedillo)*.
- Cédric Brun. (2021). *The Professional Solution to Deploy Sirius—Obeo Designer*. <https://www.obeodesigner.com/en/>
- Colantonio, S., Coppini, G., Giorgi, D., Morales, M.-A., & Pascali, M. A. (2018). Chapter 6 - Computer Vision for Ambient Assisted Living: Monitoring Systems for Personalized Healthcare and Wellness That Are Robust in the Real World and Accepted by Users, Carers, and Society. En M. Leo & G. M. Farinella (Eds.), *Computer Vision for Assistive Healthcare* (pp. 147-182). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813445-0.00006-X>
- CONADIS. (2020). *Estadísticas de Discapacidad*. Tableau Software. <https://public.tableau.com/views/Discapacidad/Inicio>
- Cook, D., Augusto, J., & Vikramaditya, J. (2009). Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities. *Pervasive and Mobile Computing*, 5(4), 277-298. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2009.04.001>
- Cook, T., & Campbell. (1979). *Quasi-Experimentation: Design and Analysis Issues for Field Settings*. <https://www.scholars.northwestern.edu/en/publications/quasi-experimentation-design-and-analysis-issues-for-field-settin>
- Correia, R. (2012). *Cambios cognitivos en el envejecimiento normal: Influencia de la edad y su relación con el nivel cultural y el sexo*. Universidad de La Laguna, Servicio de Publicaciones. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/3392>



- Costa, R., Carneiro, D., Novais, P., Lima, L., Machado, J., Marques, A., & Neves, J. (2009). Ambient Assisted Living. *3rd Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence 2008*, 86-94. https://doi.org/10.1007/978-3-540-85867-6_10
- Cuerva, M. (2000). *Efecto de facilitación semántica en la tarea Stroop. Implicaciones para el estudio del control atencional.*
- Davis, F. (1985). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results* [Thesis, Massachusetts Institute of Technology]. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/15192>
- Deng, S., Kirkby, J., Chang, J., & Zhang, J. (2014). Multimodality with Eye tracking and Haptics: A New Horizon for Serious Games? *International Journal of Serious Games*, 1(4), Article 4. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v1i4.24>
- Dix, A., & Finlay, J. (2004). *Human-Computer Interaction, 3rd Edition.* <https://www.pearson.com/us/higher-education/program/Dix-Human-Computer-Interaction-3rd-Edition/PGM268779.html>
- Doñate, M. (2015). *INTERFACES HÁPTICOS. APLICACION EN ENTORNOS VIRTUALES.*
- Echeverry, L., Henao, A., Molina, M., Restrepo, S., Velásquez, C., & Bolívar, G. (2018). Human motion capture and analysis systems: A systematic review/Sistemas de captura y análisis de movimiento cinemático humano: una revisión sistemática. *Prospectiva*, 16(2), 24-34. <https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.1587>
- Kouhen, A., Dumoulin, C., Gérard, S., & Boulet, P. (2012). *Evaluation of Modeling Tools Adaptation.*
- Erp, J., Carter, J., & Andrew, I. (2006). Iso's work on tactile and haptic interaction guidelines. *Proceedings of Eurohaptics*, 467-470.
- Erp, J., Kyung, K., Kassner, S., Carter, J., Brewster, S., Weber, G., & Andrew, I. (2010). *Setting the Standards for Haptic and Tactile Interactions: ISO's Work.* 6192, 353-358. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14075-4_52



- Fehrenbach, S., Erdweg, S., & Ostermann, K. (2013). Software Evolution to Domain-Specific Languages. En M. Erwig, R. F. Paige, & E. Van Wyk (Eds.), *Software Language Engineering* (Vol. 8225, pp. 96-116). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02654-1_6
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behaviour: An introduction to theory and research* (Vol. 27).
- Francisco Flórez Revuelta. (2008). *Vida asistida por el entorno*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/297877685_Vida_asistida_por_el_entorno
- Gabbasov, B., Danilov, I., Afanasyev, I., & Magid, E. (2015). Toward a human-like biped robot gait: Biomechanical analysis of human locomotion recorded by Kinect-based Motion Capture system. *2015 10th International Symposium on Mechatronics and its Applications (ISMA)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ISMA.2015.7373477>
- García, M. (2012). *TÉCNICAS Y DISPOSITIVOS DE REALIDAD VIRTUAL*.
- Garlan, D., & Shaw, M. (1993). An introduction to software architecture. En *Advances in Software Engineering and Knowledge Engineering: Vol. Volume 2* (pp. 1-39). WORLD SCIENTIFIC. https://doi.org/10.1142/9789812798039_0001
- Garnica, F., & Maita E. (2018). *Creación de una arquitectura enfocada en la interacción hombre computador para aplicaciones de internet de las cosas en ambientes de vida asistidas*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31536>
- Gorschek, T., Garre, P., Larsson, S., & Wohlin, C. (2006). A Model for Technology Transfer in Practice. *IEEE Software*, 23(6), 88-95. <https://doi.org/10.1109/MS.2006.147>
- Goyal, M., Saproo, D., Bagashra, A., & Dev, K. R. (2013). *Haptics: Technology Based on Touch*.
- Grandi, F., & Tirapu Ustárróz, J. (2017). Neurociencia cognitiva del envejecimiento: Modelos explicativos. *Revista Española de Geriátría y Gerontología*, 52(6), 326-331. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2017.02.005>



- Grimm, B., & Bolink, S. (2016). Evaluating physical function and activity in the elderly patient using wearable motion sensors. *EFORT Open Reviews*, 1(5), 112-120.
<https://doi.org/10.1302/2058-5241.1.160022>
- Guerra, J. L. (2018). *Manual de fisioterapia (2a. Ed.)*. Manual Moderno.
- Guimarães, V., Pereira, A., Oliveira, E., Carvalho, A., & Peixoto, R. (2018). Design and evaluation of an exergame for motor-cognitive training and fall prevention in older adults. *The 4th EAI International Conference*, 202-207.
<https://doi.org/10.1145/3284869.3284918>
- Harley, L., Robertson, S., Gandy, M., Harbert, S., & Britton, D. (2011). The Design of an Interactive Stroke Rehabilitation Gaming System. En J. A. Jacko (Ed.), *Human-Computer Interaction. Users and Applications* (Vol. 6764, pp. 167-173). Springer Berlin Heidelberg.
- Hatzfeld, C., & Kern, T. A. (Eds.). (2014). *Engineering Haptic Devices*. Springer London.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6518-7>
- Hayward, V., Astley, O. R., Cruz-Hernandez, M., Grant, D., & Robles-De-La-Torre, G. (2004). Haptic interfaces and devices. *Sensor Review*, 24(1), 16-29.
<https://doi.org/10.1108/02602280410515770>
- Hofer, S., & Alwin, D. (2008). *Handbook of Cognitive Aging: Interdisciplinary Perspectives*. Sage Publications.
<https://books.google.com.ec/books?id=5EDyZ4Pmw7oC&printsec=frontcover>
- Huang, K.-Y. (2009). *Challenges in Human-Computer Interaction Design for Mobile Devices*. 6. http://iaeng.org/publication/WCECS2009/WCECS2009_pp236-241.pdf
- ILO Content Manager. (2011). *Ergonomic Aspects of Human-Computer Interaction*.
<https://www.iloencyclopaedia.org/part-vi-16255/visual-display-units/item/784-ergonomic-aspects-of-human-computer-interaction>



- Imbeault, F., Bouchard, B., & Bouzouane, A. (2011). Serious games in cognitive training for Alzheimer's patients. *2011 IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/SeGAH.2011.6165447>
- INEC. (2012). *Proyecciones Poblacionales*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- International Organization for Standardization. (2009). *ISO 9241-920:2009*. ISO. <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/04/29/42904.html>
- International Organization for Standardization. (2010). *ISO 9241-210:2010*. ISO. <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/05/20/52075.html>
- ISO/IEC 25010:2011—System and software quality models*. (2011). <https://www.iso.org/standard/35733.html>
- Issa, T., & Isaias, P. (2015). Usability and Human Computer Interaction (HCI). *Sustainable Design*, 19-36. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6753-2_2
- Iwata, H. (2008). History of haptic interface. *Human Haptic Perception: Basics and Applications*, 355-361. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-7612-3_29
- J. Abascal. (2002). Human-computer interaction in assistive technology: From «Patchwork» to «Universal Design». *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 3, 6 pp. vol.3-. <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2002.1176076>
- Jacob, R., & Karn, K. (2003). Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises. En J. Hyönä, R. Radach, & H. Deubel (Eds.), *The Mind's Eye* (pp. 573-605). North-Holland. <https://doi.org/10.1016/B978-044451020-4/50031-1>
- Karray, F., Alemzadeh, M., Saleh, J. A., & Arab, M. N. (2008). *Human-Computer Interaction: Overview on State of the Art*.



- Keng, K. Y. C., Hung, L. Y., Nie, K. S., Balakrishnan, S. ap, Murugesan, R. K., & Wei, G. W. (2018). A Review of Ambient Intelligence Based Activity Recognition for Ageing Citizens. *2018 Fourth International Conference on Advances in Computing, Communication Automation (ICACCA)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICACCAF.2018.8776786>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*.
- Kopniak, P. (2015). Motion capture using multiple Kinect controllers. *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY*, 1(8), 28-31. <https://doi.org/10.15199/48.2015.08.07>
- Kowalewski, K. F., Hendrie, J. D., Schmidt, M. W., Proctor, T., Paul, S., Garrow, C. R., Kenngott, H. G., Müller-Stich, B. P., & Nickel, F. (2017). Validation of the mobile serious game application Touch Surgery™ for cognitive training and assessment of laparoscopic cholecystectomy. *Surgical Endoscopy*, 31(10), 4058-4066. <https://doi.org/10.1007/s00464-017-5452-x>
- Kray, C., Butz, A., Kruger, A., Schmidt, A., & Prendinger, H. (2005). Multi-user and ubiquitous user interfaces: (MU3I 2005). *Proceedings of the 10th International Conference on Intelligent User Interfaces - IUI '05*, 6. <https://doi.org/10.1145/1040830.1040837>
- Landis, J., & Koch, G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159-174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lao, S., Heng, X., Zhang, G., Ling, Y., & Wang, P. (2009). *A Gestural Interaction Design Model for Multi-touch Displays*. <https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2009.55>
- Li, R., Lu, B., & McDonald-Maier, K. D. (2015). Cognitive assisted living ambient system: A survey. *Digital Communications and Networks*, 1(4), 229-252. <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2015.10.003>
- Lin, Y., Mao, H., Tsai, Y.-C., & Chou, J. (2018). Developing a serious game for the elderly to do physical and cognitive hybrid activities. *2018 IEEE 6th International Conference on*



- Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 1-8.
<https://doi.org/10.1109/SeGAH.2018.8401314>
- Liu, L., Zhang, J., & Kraft, N. (2014). Using domain specific language for large screen game interaction. *2014 IEEE Games Media Entertainment*, 1-6.
<https://doi.org/10.1109/GEM.2014.7048095>
- Maura M. (2005). *Handbook of Normative Data for Neuropsychological Assessment*.
<https://books.google.com.ec/books?id=Ygndi8UlmxC&pg=PA72&dq=guidelines+neuropsychology+laterality&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjNtJjJyqzxAhVQGDQIHTDzDt8Q6AEwAHoECAkQAg#v=onepage&q=guidelines%20neuropsychology%20laterality&f=false>
- Memon, M., Wagner, S. R., Pedersen, C. F., Beevi, F. H. A., & Hansen, F. O. (2014). Ambient Assisted Living Healthcare Frameworks, Platforms, Standards, and Quality Attributes. *Sensors*, 14(3), 4312-4341. <https://doi.org/10.3390/s140304312>
- Michael, D. R., & Chen, S. L. (2005). *Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform*. Muska & Lipman/Premier-Trade.
- Moody, D. L. (2001). *Dealing with Complexity: A Practical Method for Representing Large Entity Relationship Models*. University of Melbourne, Department of Information Systems.
- Munnelly, J., & Clarke, S. (2008). A Domain-Specific Language for Ubiquitous Healthcare. *2008 Third International Conference on Pervasive Computing and Applications*, 2, 757-762. <https://doi.org/10.1109/ICPCA.2008.4783710>
- Nintendo. (2015). *La historia de Nintendo*. Nintendo of Europe GmbH.
<https://www.nintendo.es/Empresa/La-historia-de-Nintendo/La-historia-de-Nintendo-625945.html>
- O'Grady, M. J., Muldoon, C., Dragone, M., Tynan, R., & O'Hare, G. M. P. (2010). Towards evolutionary ambient assisted living systems. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1(1), 15-29. <https://doi.org/10.1007/s12652-009-0003-5>



- Organización Mundial Salud. (1984). *Glosario de términos empleados en la serie «Salud para Todos»*. Organización Mundial de la Salud.
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/39755>
- Organización Panamericana de la Salud. (2002). *Modulos de principios de epidemiologia para el control de enfermedades: Control de enfermedades en la poblacion*. Organización Panamericana de la Salud.
- Organization for Economic Co-operation and Development (Ed.). (2002). *Frascati manual 2002: Proposed standard practice for surveys on research and experimental development: the measurement of scientific and technological activities*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Pan American Health Organization. (2017). *Envejecimiento y cambios demográficos*.
<https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/?p=55>
- Papalia, D., Feldeman, R., & Martorell, G. (2010). *Desarrollo Humano* (Duodécima edición). McGraw-Hill.
- Payne, G., & Isaacs, L. (2016). *Human Motor Development: A Lifespan Approach* (9 edition). Routledge.
- Premack, D. (1959). Toward empirical behavior laws: I. Positive reinforcement. *Psychological Review*, 66(4), 219-233. <https://doi.org/10.1037/h0040891>
- Ramos, C., Augusto, J. C., & Shapiro, D. (2008). Ambient Intelligence—The Next Step for Artificial Intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, 23(2), 15-18.
<https://doi.org/10.1109/MIS.2008.19>
- Raúl C. (2016). (PDF) *Medicina espacial*. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/318940636_Medicina_espacial
- Reed, G. F., & Smith, A. C. (1961). Laterality and directional preferences in a simple perceptual-motor task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 13(2), 122-124.
<https://doi.org/10.1080/17470216108416483>



- Rescher, N. (1973). *The Primacy of Practice: Essays Towards a Pragmatically Kantian Theory of Empirical Knowledge*. Blackwell.
- Runeson, P., & Höst, M. (2009). Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empirical Software Engineering*, 14(2), 131. <https://doi.org/10.1007/s10664-008-9102-8>
- Salazar Quinatoa, M. M., & Calero Morales, S. (2018). Influencia de la actividad física en la motricidad fina y gruesa del adulto mayor femenino. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 37(3), 1-13.
- Sánchez, D., Eizmendi, G., & Azkoitia, J. M. (2007). Envejecimiento y nuevas tecnologías. *Revista Española de Geriátria y Gerontología*, 41, 57-65. <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-geriatria-gerontologia-124-articulo-envejecimiento-nuevas-tecnologias-13110091>
- Sharafi, Z., Soh, Z., & Guéhéneuc, Y.-G. (2015). A systematic literature review on the usage of eye-tracking in software engineering. *Information and Software Technology*, 67, 79-107. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.06.008>
- Sinha, G., Shahi, R., & Shankar, M. (2010). Human Computer Interaction. *2010 3rd International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICETET.2010.85>
- Stephan, J. J., & Khudayer, S. (2010). Gesture Recognition for Human-Computer Interaction (HCI). *International Journal of Advancements in Computing Technology*, 2(4), 30-35. <https://doi.org/10.4156/ijact.vol2.issue4.3>
- Sun, H., Florio, V. D., Gui, N., & Blondia, C. (2009). Promises and Challenges of Ambient Assisted Living Systems. *2009 Sixth International Conference on Information Technology: New Generations*, 1201-1207. <https://doi.org/10.1109/ITNG.2009.169>
- Universidad de Granada. (2004). *Glosario de Términos Informáticos*. <http://decsai.ugr.es/~ddelta/ProgOrdenadores/glosario.html>



- Universitat Oberta de Catalunya. (2014). *Diseño de Interfaces* » ¿Qué es una interfaz?
<http://multimedia.uoc.edu/blogs/dii/es/que-es-una-interficie/>
- Viana, D. L., & Santos, A. L. de M. (2017). A Domain-Specific Language for the Specification of Gesture-based Applications. *Proceedings of the 21st Brazilian Symposium on Programming Languages*, 1-7. <https://doi.org/10.1145/3125374.3125376>
- Westphal, B. J., Lee, H., Cheung, N.-M., Teo, C. G., & Leong, W. K. (2017). Experience of designing and deploying a tablet game for people with dementia. *The 29th Australian Conference*, 31-40. <https://doi.org/10.1145/3152771.3152775>
- Wittland, J., Brauner, P., & Ziefle, M. (2015). Serious Games for Cognitive Training in Ambient Assisted Living Environments – A Technology Acceptance Perspective. *Human-Computer Interaction – INTERACT 2015*, 453-471. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22701-6_34
- Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., & Wesslén, A. (2012). *Experimentation in Software Engineering*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-29044-2>
- Yeh, S.-C., Lee, S.-H., Wang, J.-C., Chen, S., Chen, Y.-T., Yang, Y.-Y., Chen, H.-R., Hung, Y.-P., Rizzo, A., & Tsai, T.-L. (2013). Stroke Rehabilitation via a Haptics-Enhanced Virtual Reality System. En J.-S. Pan, C.-N. Yang, & C.-C. Lin (Eds.), *Advances in Intelligent Systems and Applications—Volume 2* (Vol. 21, pp. 439-453). Springer Berlin Heidelberg.