

**Universidad
Autónoma
Metropolitana**



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA UNA APP DE MUSICOTERAPIA COMO AYUDA AL TRATAMIENTO DE PACIENTES CON ALZHEIMER

Iris Iddaly Méndez Gurrola

Tesis para optar por el grado de Doctora en Diseño y
Visualización de la Información

Miembros del Jurado:

Dra. Ana Lilia Laureano Cruces
Directora de la tesis

Dr. Jorge M. A. Sánchez de Antuñano y Barranco
Co-Director de la tesis

Dra. Martha Mora Torres
Dr. Román Anselmo Mora Gutiérrez
Dra. Yadira Alatraste Martínez

Ciudad de México
Enero de 2017

Dedicatorias

A mi buen Dios,
porque de su mano las cosas más difíciles pueden lograrse.

A mi mamá,
porque su apoyo incondicional me fortalece en cada paso que doy.

A mi papá,
porque desde el cielo me envía los estímulos necesarios para no desfallecer.

A mis tíos Gloria y Lucio,
porque siempre han estado presentes apoyándome.

A mis hermanos Litzu y Pancho,
porque aunque no están físicamente cerca, están en mi corazón.

Agradecimientos

A la Dra. Ana Lilia Laureano Cruces por su guía en la elaboración de este trabajo de tesis y el apoyo brindado para concluirlo.

Al Dr. Jorge Sánchez de Antuñano y Barranco por su apoyo constante y por darme el aliento necesario para concluir este trabajo.

Al Dr. Román Anselmo Mora Gutiérrez por su orientación, apoyo y tiempo dedicado para la revisión de este trabajo de tesis.

A la Dra. Martha Mora Torres por sus siempre precisos comentarios y por brindarme las palabras necesarias para alcanzar esta meta.

A la Dra. Yadira Alatraste Martínez por haberme compartido sus conocimientos y por el tiempo dedicado para la revisión de este trabajo.

A la Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco por brindarme la oportunidad de estudiar el Doctorado y por todas las experiencias y aprendizajes adquiridos en el camino.

Y a todas aquellas personas que contribuyeron con su apoyo directa o indirectamente haciendo posible la realización de este trabajo.

Resumen

La población mundial está envejeciendo a pasos agigantados y con ello se incrementa la posibilidad de padecer alguna enfermedad crónica degenerativa, la enfermedad de Alzheimer es una de estas enfermedades que tiene una muy significativa presencia en todo el mundo. Desde esta perspectiva, en este trabajo nos centramos en el tratamiento no farmacológico de la musicoterapia; proponiendo el diseño de una aplicación móvil que permita a los pacientes con la enfermedad de Alzheimer realizar sesiones de musicoterapia que apoyen su tratamiento, mediante seis módulos de la aplicación dispuestos para ello. La investigación engloba un estudio de los dominios implicados para la construcción de la herramienta, además de la búsqueda de diversas apps tanto en el ámbito académico como el comercial. El estudio llevado a cabo reveló que son escasas las apps de musicoterapia desarrolladas para los pacientes de Alzheimer. Por lo que se desarrolló un prototipo que se centra en 4 áreas principales donde la musicoterapia puede influir en el desarrollo del paciente (psicomotriz, comunicación y lenguaje, perceptivo-cognitiva, socio-emocional). El diseño de este prototipo implicó seis técnicas de musicoterapia, cada módulo propuesto en el diseño está relacionado con las 4 áreas mencionadas. El prototipo desarrollado innova en dos aspectos: 1) apoyar al paciente no importando la etapa de la enfermedad en que se encuentre y 2) puede realizar la terapia en cualquier lugar. El prototipo incluye además una estructura cognitivo-afectiva definida en un *módulo-afectivo*, a través del cual se contará con un grado de interacción con el fin de intervenir ante las posibles emociones positivas o negativas del paciente. Cada módulo de la app está relacionado con un conjunto de tareas, a través de las cuales es posible evaluar el avance del paciente, esta información se visualiza a través de las gráficas de seguimiento y el objetivo de las mismas es ayudar a los profesionales de la salud en la toma de decisiones para ajustar el tratamiento de los pacientes.

Índice General

Resumen	iv
Introducción.....	1
Capítulo 1: Metodología de la investigación.....	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.1.1. El envejecimiento de la población a nivel mundial.....	5
1.1.1.2. El envejecimiento de la población en México	9
1.1.2. Impacto mundial de la Demencia.....	11
1.1.2.1 Impacto económico de la demencia a nivel mundial	15
1.1.2.2. Impacto de la Demencia en México.....	17
1.2. Planteamiento general del problema.....	18
1.3. Solución propuesta.....	21
1.4. Justificación	23
1.5. Objetivos.....	25
1.5.1. Objetivo general	25
1.5.2. Objetivos específicos.....	25
1.6. Supuestos y pregunta de investigación	26
1.6.1. Supuestos.....	26
1.6.2. Pregunta de investigación	26
1.7. Tipo de investigación.....	27
Capítulo 2: Marco teórico.....	28
2.1. Alzheimer.....	28
2.1.1. Etapas en la enfermedad de Alzheimer	29
2.1.2. Síntomas neurológicos	30
2.1.3. Clasificación de síntomas.....	31
2.2. Tratamientos no farmacológicos.....	33
2.2.1. Musicoterapia.....	38
2.2.1.1. Modelos.....	40
2.2.2. Beneficios neurológicos de la musicoterapia	42
2.2.3. Relación Musicoterapia y Alzheimer.....	44

2.2.4. Plasticidad neuronal	48
2.3. <i>e-Salud</i>	49
2.3.1. <i>m-Salud</i>	52
Capítulo 3: Estado del arte.....	58
3.1. Trabajos relacionados, revisión de la literatura científica	58
3.1.1. Discusión de los tópicos tratados por subcategorías	60
3.2. Apps comerciales, revisión en tiendas electrónicas.....	67
3.3. Diferencias del trabajo relacionado con el trabajo propuesto, conjunto de aportaciones... 71	
3.3.1. La propuesta	76
Capítulo 4: Análisis y diseño de la aplicación.....	80
4.1. Metodología para el desarrollo de la aplicación móvil.....	80
4.2. Análisis de la aplicación móvil.....	84
4.2.1. Establecimiento del contexto	84
4.2.2. Establecimiento del entorno.....	86
4.2.3. Tipos de usuarios a los que van dirigidos los programas de musicoterapia.....	89
4.3. Diseño y esquema general del prototipo de la aplicación móvil	90
4.3.1. Áreas de desarrollo del paciente.....	91
4.3.2. Roles de aplicación.....	96
4.3.3. Modelo de interacción.....	97
4.3.4. Tareas y su evaluación	98
4.3.4.1 Marco de evaluación para las competencias de desarrollo	100
4.3.5. Módulo cantar	102
4.3.6. Módulo escuchar	103
4.3.7. Módulo crear	105
4.3.8. Módulo moverse.....	107
4.3.9. Módulo relajar	108
4.3.10. Módulo juegos musicales	109
4.3.11. Acoplamiento de las competencias de cada área por módulo.....	110
4.3.12. Módulo afectivo	117
4.3.13. Módulo resultados.....	126

4.4. Diseño de las interfaces de usuario	127
4.4.1. Prototipo de la pantalla principal	132
4.4.2. Prototipos de las pantallas del módulo cantar	133
4.4.3. Prototipos de las pantallas del módulo escuchar	134
4.4.4. Prototipos de las pantallas del módulo crear	135
4.4.5. Prototipos de las pantallas del módulo juegos musicales.....	136
4.4.6. Prototipos de las pantallas del módulo relajar.....	137
4.4.7. Prototipos de las pantallas del módulo moverse	138
4.4.8. Prototipos de las pantallas del módulo resultados.....	139
Capítulo 5. Desarrollo e integración de componentes	141
5.1. Estructura principal de clases.....	142
5.1.1. Diagrama estructural del prototipo de la aplicación.....	142
5.1.2. Estructura principal de clases	143
5.2. Modelo de implementación.....	144
5.3. Interfaz gráfica principal.....	147
5.4. Interfaces gráficas del módulo cantar	148
5.5. Interfaces gráficas del módulo escuchar	149
5.6. Interfaces gráficas del módulo crear	150
5.7. Interfaces gráficas del módulo juegos musicales.....	151
5.8. Interfaces gráficas del módulo relajar	152
5.9. Interfaces gráficas del módulo moverse	153
5.10. Interfaces gráficas del módulo resultados.....	154
5.11. Validación del prototipo	155
Capítulo 6. Resultados.....	158
6.1. Personalización del prototipo de la aplicación móvil	159
6.2. Gráficas de seguimiento.....	162
6.3. Trabajos publicados	165
6.3.1. Presentaciones en congresos	165
6.3.2. Artículos publicados.....	166
Capítulo 7. Conclusiones	168

7.1. Contribuciones	169
7.2. Limitaciones.....	172
7.3. Trabajos futuros	173
Bibliografía.....	175
Currículum vitae.....	186

Índice de Figuras

Fig. 1. Proporción de personas de 60 años o más, por país, en 2015 (OMS, 2015).....	6
Fig. 2. Proporción de personas de 60 años o más, por país, proyecciones para 2050 (OMS, 2015).	7
Fig. 3. Cambios en la esperanza de vida a partir de 1950, con proyecciones hasta el año 2050, por región de la OMS y en todo el mundo (OMS, 2015).	8
Fig. 4. Esperanza de vida al nacimiento por sexo, 1950-2050 (CONAPO citado en Zuñiga y Vega, 2004).	9
Fig. 5. Pirámides de población de México, 1970-2050 (CONAPO citado en Zuñiga y Vega, 2004).....	10
Fig. 6. Población de adultos mayores de México, 2000-2050 (CONAPO citado en Zuñiga y Vega, 2004).....	11
Fig. 7. Crecimiento del número de personas con demencia en los países de ingresos altos e ingresos bajos y medianos (OPS, 2013).	12
Fig. 8. Informe Demencia Reino Unido: estimaciones del consenso sobre la proporción de todos los casos de demencia según subtipo de demencia, edad y género (EUROCODE citado en OPS, 2013).....	14
Fig. 9. Distribución de los costos sociales totales (%) según la clasificación de ingresos del Banco Mundial (OPS, 2013).....	16
Fig. 10. Proyección del número de sujetos afectados por demencia en México, 2010-2050 (Sosa et al., 2012).	17
Fig. 11. Previsión del costo total de la demencia 2015-2030 (ADI, 2015).	20
Fig. 12. Diferencias entre los cerebros de una persona sana y de una que presenta la enfermedad de Alzheimer (Alzheimer's Association citado en Jiménez et al., 2016).....	29
Fig. 13. Áreas donde influyen los tratamientos no farmacológicos (Méndez, 2016 adaptado de López, 2015).	34
Fig. 14. La tecnología y las estadísticas relacionadas con la salud para los países en desarrollo, en millones (VWC, 2009).	53
Fig. 15. Porcentaje de artículos por categoría (Méndez, 2016).....	60

Fig. 16. Apps seleccionadas para el análisis (los logos son propiedad de los desarrolladores de las apps disponibles en <i>App Store</i> y <i>Google Play</i>)	68
Fig. 17. Técnicas y apps consideradas en el estado del arte de la investigación (Méndez, 2016).	79
Fig. 18. Ciclo de desarrollo de la metodología Mobile-D (traducido de Mobile-D, 2016).....	81
Fig. 19. Ciclo de desarrollo adaptado de Mobile-D (Méndez, 2016).....	83
Fig. 20. Dominios relacionados con el prototipo de la aplicación móvil (Méndez, 2016).....	85
Fig. 21. Interacción entre los entornos interno y externo (Méndez, 2016 información Sánchez de Antuñano, 2006).	86
Fig. 22. Propuesta de la introducción de un nuevo artefacto (Méndez, 2016).	87
Fig. 23. Esquema general del prototipo de la aplicación móvil de musicoterapia (Méndez, 2016).	90
Fig. 24. Modelo de interacción de módulos del prototipo de la aplicación móvil de musicoterapia (Méndez, 2016).....	98
Fig. 25. Modelo mental principal del comportamiento del módulo afectivo (Adaptado de Laureano-Cruces et al., 2015).....	119
Fig. 26. Modelo mental secundario del comportamiento de la módulo afectivo (Adaptado de Laureano-Cruces et al., 2015).....	119
Fig. 27. Estructura cognitiva de emociones del comportamiento completar tarea (Adaptado de Laureano-Cruces et al., 2015).....	121
Fig. 28. Actividad en el módulo cantar (Méndez, 2016).....	124
Fig. 29. Actividad en el módulo juegos musicales (Méndez, 2016).	125
Fig. 30. Prototipo de la pantalla principal (Méndez, 2016).....	132
Fig. 31. Prototipos de las pantallas del módulo cantar (Méndez, 2016).....	133
Fig. 32. Prototipos de las pantallas del módulo escuchar (Méndez, 2016).	134
Fig. 33. Prototipos de las pantallas del módulo crear (Méndez, 2016).	135
Fig. 34. Prototipos de las pantallas del módulo juegos musicales (Méndez, 2016).	136
Fig. 35. Prototipos de las pantallas del módulo relajar (Méndez, 2016).	137
Fig. 36. Prototipos de las pantallas del módulo moverse (Méndez, 2016).....	138
Fig. 37. Prototipos de las pantallas del módulo resultados (Méndez, 2016).	140
Fig. 38. Diagrama estructural de MusicAlz (Méndez, 2016).	142

Fig. 39. Estructura principal de clases de MusicAlz (Méndez, 2016).....	143
Fig. 40. Modelo de implementación del prototipo de la aplicación móvil (Méndez, 2016).	144
Fig. 41 Aplicación del patrón MVP en el prototipo de la aplicación móvil de musicoterapia (Méndez, 2016).....	146
Fig. 42. Interfaz gráfica principal (Méndez, 2016).....	147
Fig. 43. Interfaces gráficas del módulo cantar (Méndez, 2016).	148
Fig. 44. Interfaces gráficas del módulo escuchar (Méndez, 2016).....	149
Fig. 45. Interfaces gráficas del módulo crear (Méndez, 2016).....	150
Fig. 46. Interfaces gráficas del módulo juegos musicales (Méndez, 2016).....	151
Fig. 47. Interfaces gráficas del módulo relajarse (Méndez, 2016).....	152
Fig. 48. Interfaces gráficas del módulo moverse (Méndez, 2016).	153
Fig. 49. Interfaces gráficas del módulo resultados (Méndez, 2016).	154
Fig. 50. Modificación de la interfaz principal de acuerdo a los roles de aplicación (Méndez, 2016).....	159
Fig. 51. Modificación de la interfaz principal de acuerdo a forma de presentación (Méndez, 2016).....	160
Fig. 52. Personalización a través de la música preferida (Méndez, 2016).	161
Fig. 53. Gráficas de seguimiento con respecto a los tiempos de utilización por módulo (Méndez, 2016).....	163
Fig. 54. Gráficas de seguimiento de tareas completadas por módulo y por mes (Méndez, 2016).	164
Fig. 55. Gráficas derivadas de emociones inferidas por módulo (Méndez, 2016).	165

Índice de tablas

Tabla 1. Principales tratamientos no farmacológicos para la EA (De los Reyes <i>et al.</i> , 2012).	36
Tabla 2. Modelos de intervención más representativos de musicoterapia (Adaptada de Villamizar, 2007).	41
Tabla 3. Beneficios de la musicoterapia en las demencias, área cognitiva (García, 2014 citado en López, 2015)	42
Tabla 4. Beneficios de la musicoterapia en las demencias, área socio-emocional (García, 2014 citado en López, 2015)	43
Tabla 5. Beneficios de la musicoterapia en las demencias, área conductual (García, 2014 citado en López, 2015)	43
Tabla 6. Beneficios de la musicoterapia en las demencias, área físico-motriz (Adaptada de Cárdenas, 2010).	44
Tabla 7. Características de las aplicaciones para el Alzheimer (Sánchez et al., 2015).	56
Tabla 8. Clasificación de las aplicaciones encontradas y su alcance (Méndez, 2016).	59
Tabla 9. Apps de música y musicoterapia de apoyo a pacientes con Demencia (Méndez, 2016).	69
Tabla 10. Entornos externos de utilización del prototipo la aplicación móvil de musicoterapia (Méndez, 2016).	88
Tabla 11. Influencia de la musicoterapia en pacientes con Alzheimer en el área psicomotriz (Matos <i>et al.</i> , 2012).	92
Tabla 12. Influencia de la musicoterapia en pacientes con Alzheimer en el área de comunicación y lenguaje (Matos et al., 2012).	93
Tabla 13. Influencia de la musicoterapia en pacientes con Alzheimer en el área perceptivo-cognitiva (Matos et al., 2012).	94
Tabla 14. Influencia de la musicoterapia en pacientes con Alzheimer en el área socio-emocional (Matos et al., 2012).	95
Tabla 15. Módulos y áreas que se trabajan en cada uno (Méndez, 2016).	96
Tabla 16. Módulos a utilizar por cada rol (Méndez, 2016).	97
Tabla 17. Módulos y tareas a realizar (Méndez, 2016).	99
Tabla 18. Puntuación de las actividades (Méndez, 2016).	99

Tabla 19. Categorías de evaluación de competencias (Matos et al., 2012).....	101
Tabla 20. Ejemplo de ítem y código asociado (Matos <i>et al.</i> , 2012).	101
Tabla 21. Ítems del área psicomotriz que son posibles evaluar en cada módulo (Méndez, 2016 adaptado de Matos <i>et al.</i> , 2012).....	111
Tabla 22. Ítems del área de comunicación y lenguaje que son posibles evaluar en cada módulo (Méndez, 2016 adaptado de Matos et al., 2012).....	112
Tabla 23. Ítems del área perceptivo-cognitiva que son posibles evaluar en cada módulo (Méndez, 2016 adaptado de Matos et al., 2012).....	114
Tabla 24. Ítems del área socio-emocional que son posibles evaluar en cada módulo (Méndez, 2016 adaptado de Matos et al., 2012).....	117
Tabla 25. Acciones que toma el módulo afectivo para cada una de las emociones del paciente (Méndez, 2016).....	122

Introducción

Según la OMS (2016) a nivel mundial, 47.5 millones de personas tienen demencia, con poco más de la mitad (58%) viviendo en los países de ingresos bajos y medianos. Cada año, hay 7.7 millones de nuevos casos. La proporción estimada de la población general de 60 y más años de edad con demencia en un momento dado es de entre 5 a 8 por cada 100 personas (OMS, 2016). Muchos de estos pacientes tienen demencia tipo Alzheimer.

Los pacientes que padecen la enfermedad de Alzheimer se ven afectados en su vida cotidiana debido a las consecuentes limitaciones que produce la enfermedad. Para el tratamiento de la enfermedad se han desarrollado tanto tratamientos farmacológicos como los llamados tratamientos no farmacológicos (TNF). Dentro de estos TNF existe uno que está catalogado dentro de las terapias artístico-creativas, es la musicoterapia. Este tipo de terapia contiene tanto técnicas activas como técnicas pasivas que ayudan al paciente en el desarrollo de diversas áreas.

Por otro lado existen hoy en día múltiples herramientas tecnológicas para el apoyo tanto a los pacientes de Alzheimer, como sus cuidadores que abarcan diversas áreas como la prevención, el diagnóstico, el tratamiento de la enfermedad, entre otras. Sin embargo, las apps enfocadas a las TNF para pacientes con Alzheimer son muy pocas y menos aún en específico para la musicoterapia en estos pacientes. Por lo que se considera que es posible realizar una propuesta de diseño de una app de musicoterapia integral que permita apoyar las sesiones de intervención en el tratamiento de estos pacientes.

El objetivo general de esta investigación entonces es diseñar y desarrollar un prototipo de una aplicación móvil de apoyo a las intervenciones musicoterapéuticas. Una aplicación basada en dispositivos móviles para la atención de pacientes con la enfermedad de Alzheimer en diferentes estadíos.

Este proyecto nace con la motivación y el propósito de apoyar a los pacientes de Alzheimer, en específico en su tratamiento para intentar mantener preservadas algunas funciones de las áreas: cognitiva, conductual, físico-motriz y socio-emocional, a través de la música.

El procedimiento para cubrir el objetivo y resolver el problema inicia con establecer la metodología de investigación, definir el marco teórico que contempla tres dominios: el Alzheimer, la musicoterapia y el campo de la *m-Salud*. Posteriormente analizar, diseñar y desarrollar cada uno de los módulos de la propuesta, integrar el prototipo y validar la propuesta.

La estructura de la presente tesis está dividida en 7 capítulos. En el primer capítulo se aborda el planteamiento del problema y la propuesta de solución, dando un breve recorrido por los antecedentes de la problemática abordada, así como los objetivos que se persiguen en esta tesis, la justificación, la hipótesis y la pregunta de investigación.

En el capítulo dos se establece el marco teórico de la investigación, clasificando en tres grandes temas 1) la enfermedad de Alzheimer, 2) los tratamientos no farmacológicos y en particular la musicoterapia, y 3) el concepto de *e-Salud* incluyendo los desarrollos en términos de *m-Salud*.

En el tercer capítulo se detalla el estado del arte en cuanto al trinomio Alzheimer-Musicoterapia-Aplicaciones móviles, se investigan y analizan los trabajos relacionados con respecto a estos términos, tanto en el ámbito académico como en el ámbito comercial.

El capítulo cuatro trata sobre la metodología para el desarrollo del prototipo, así como el análisis y diseño del prototipo de la aplicación. Primeramente se menciona brevemente la metodología a utilizar para el desarrollo del prototipo, posteriormente dentro del análisis se incluye el establecimiento del contexto así como el establecimiento del entorno y los tipos de usuarios. En cuanto a la sección de diseño se establece el esquema general de la aplicación y la descripción de los módulos que la comprenden, y se incluye además el diseño de los prototipos de las interfaces gráficas y un diseño emocional con una estructura cognitivo-afectiva que forma parte de uno de los módulos.

En el capítulo cinco se describe el desarrollo y la integración de los componentes del prototipo de la aplicación móvil. Se especifica la estructura principal de clases, el modelo de implementación y las interfaces gráficas de cada uno de los módulos.

Dentro del capítulo seis se describen los resultados, los detalles de la personalización del prototipo de la *app*, las gráficas de seguimiento y los trabajos publicados producto de los avances de la tesis.

Finalmente en el capítulo siete se encuentran las conclusiones, así como las contribuciones, limitaciones y trabajos futuros.

La utilidad y propósito de este artefacto es en específico en situaciones donde el paciente acude a un centro de día. Sin embargo, y debido a la tecnología desarrollada, el paciente puede utilizar la herramienta en su propio hogar incrementando sus sesiones de terapia.

El prototipo de la aplicación móvil está dividida por módulos para ejercitar cada técnica en un módulo diferente. La herramienta diseñada cuenta con una interfaz gráfica adecuada para estos pacientes, con letra grande, colores suaves y cálidos, entre otros. La personalización de la herramienta se lleva a cabo en dos sentidos, el primero de ellos conforme a la apariencia del prototipo de la aplicación móvil, el paciente es capaz de escoger si los botones o instrucciones se muestren con letra o imágenes, lo que implica diversos mecanismos de representación de información. Por otro lado, con el continuo uso de la herramienta podrán irse prediciendo los gustos del paciente, y con ello personalizar las recomendaciones sugeridas en diversos módulos en cuanto a sus gustos.

La herramienta irá registrando tanto el tiempo invertido en cada uno de los módulos como las tareas realizadas, los datos recabados por el prototipo de la aplicación permitirán generar diversas imágenes y diagramas. Esta forma de visualización de la información tiene la finalidad de llevar

a cabo un seguimiento de la evolución del paciente, que podrá ser revisado por el terapeuta para tomar decisiones acerca del tratamiento.

Capítulo 1: Metodología de la investigación

1.1. Antecedentes

1.1.1. El envejecimiento de la población a nivel mundial

Según la OMS (2004), la población mundial está envejeciendo a pasos acelerados. Entre 2000 y 2050, la proporción de los habitantes del planeta mayores de 60 años se duplicará, pasando del 11% al 22%. En números absolutos, este grupo de edad pasará de 605 millones a 2,000 millones en el transcurso de medio siglo. Esta transición o cambio demográfico, es fruto del aumento de la esperanza de vida y del descenso de la natalidad, consecuencia a su vez del desarrollo social, donde los avances médicos y sanitarios son los que hacen elevar la esperanza de vida.

Cabe señalar que según la OMS (2015) también el grupo de personas de 80 años o más aumentará casi cuatro veces entre 2000 y 2050 hasta alcanzar los 395 millones y con ello el riesgo de enfermedades con deterioro cognitivo, además confirma que el aumento de tales enfermedades, será más intenso y acelerado en países de ingresos bajos y medianos, ya que el analfabetismo y los bajos niveles de educación son factores de riesgo para el deterioro cognitivo y la demencia.

En casi todos los países, la proporción de personas mayores de 60 años está creciendo más rápidamente que cualquier otro grupo de edad, como consecuencia: 1) tanto de la mayor esperanza de vida, como 2) la disminución de las tasas de fertilidad.

Este envejecimiento de la población también puede ser visto como un éxito de las políticas de salud pública y para el desarrollo socioeconómico, pero además desafía a la sociedad para adaptarse con el fin de maximizar la salud y la capacidad funcional de las personas mayores, así como su participación social y la seguridad (OMS, 2016).

La Figura 1 y la Figura 2 muestran la proporción por país de personas de 60 años o más en 2012 y las proyecciones para 2050. En la actualidad, solo un país tiene una proporción superior al 30%, Japón. Sin embargo, en la segunda mitad de este siglo, muchos países tendrán una proporción similar. Se trata de países de Europa y América del Norte, pero también de Chile, China, la Federación de Rusia, la República de Corea, la República Islámica de Irán, Tailandia y Vietnam (OMS, 2015).

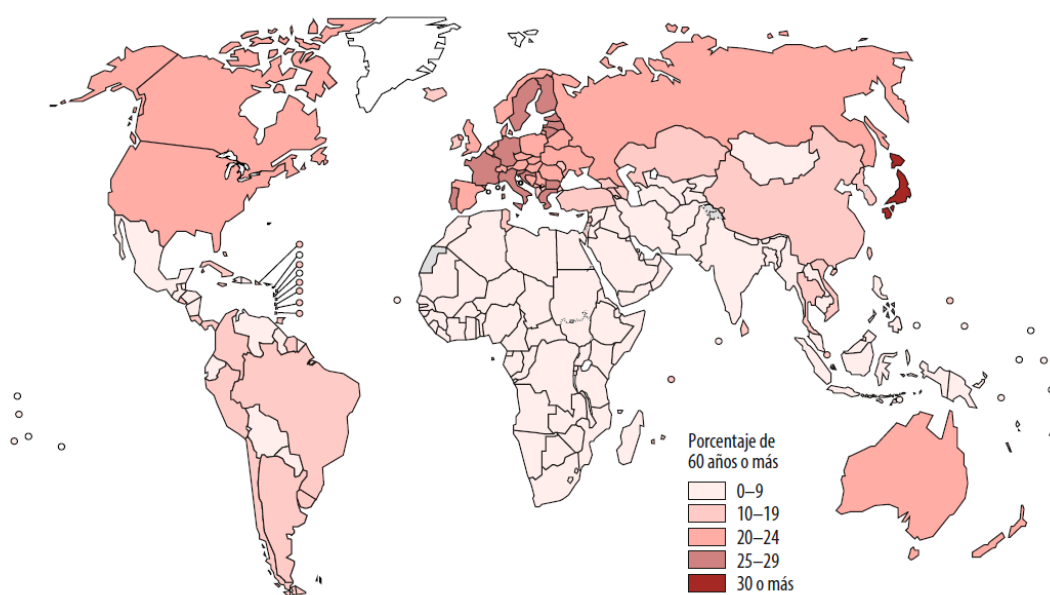


Fig. 1. Proporción de personas de 60 años o más, por país, en 2015 (OMS, 2015).

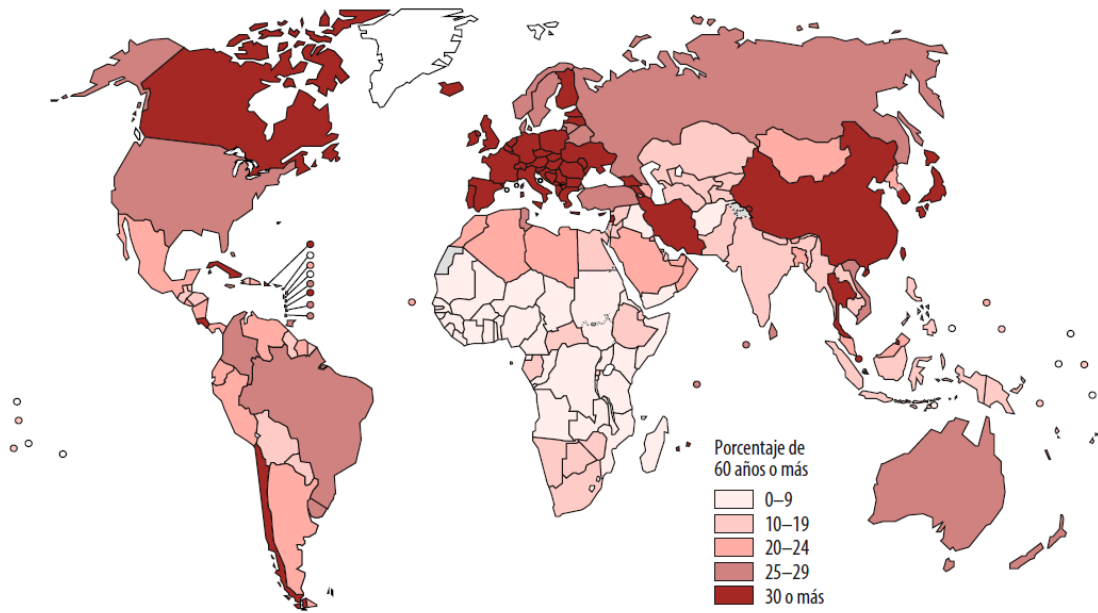


Fig. 2. Proporción de personas de 60 años o más, por país, proyecciones para 2050 (OMS, 2015).

El crecimiento sostenido de la esperanza de vida registrado en todo el mundo durante los últimos 100 años (Figura 3) se debe, en gran parte, a la reducción de la mortalidad en las personas más jóvenes, y no a que las personas mayores vivan más tiempo (OMS, 2015).

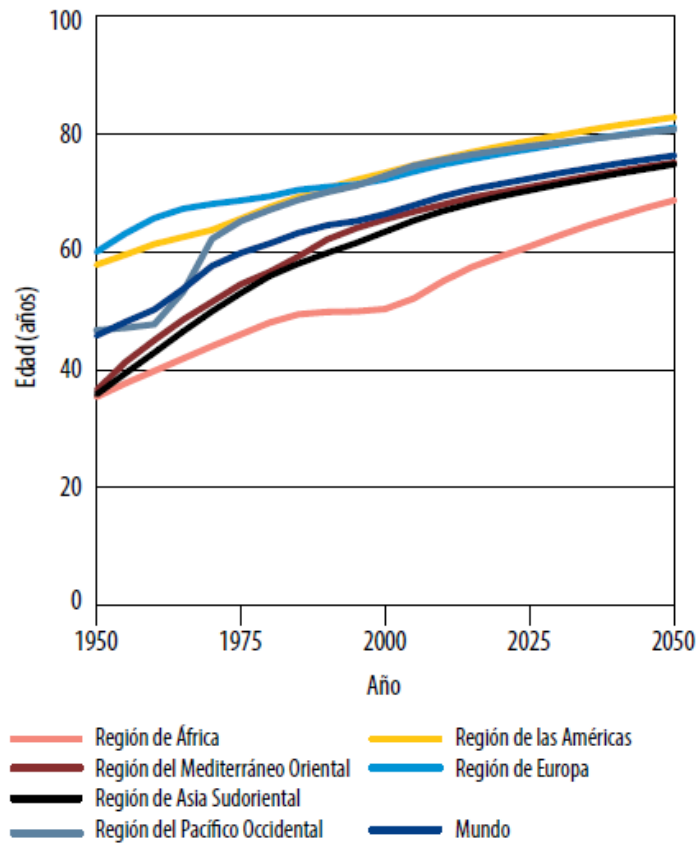


Fig. 3. Cambios en la esperanza de vida a partir de 1950, con proyecciones hasta el año 2050, por región de la OMS y en todo el mundo (OMS, 2015).

Una consecuencia de este comportamiento es que la esperanza de vida ha aumentado, aunado a lo anterior las familias tienen cada vez menos hijos, lo que significa, que cada día hay más gente mayor y un menor porcentaje de gente económicamente activa.

Una de las mayores problemáticas es que la población por encima de los 65 años de edad aumenta cada vez más en cantidad, y en algún momento superará a la población económicamente activa. A este fenómeno se le conoce como pirámide invertida. El índice de dependencia demográfica aumentará considerablemente para el 2050, lo cual quiere decir que habrá más personas mayores dependiendo de las generaciones jóvenes. Esto significa que las generaciones

que hoy están entre los 25 y los 45 años de edad representarán el grueso de la población, y los jóvenes que antes solían mantener a la pirámide serán la minoría (Villaseñor, 2015).

1.1.1.2. El envejecimiento de la población en México

En el caso de México el envejecimiento de la población sigue la misma tendencia de incremento que los datos mundiales. En el trabajo de Zuñiga y Vega (2004) se señala que México también ha experimentado un proceso acelerado de transición demográfica. La vida media de los mexicanos se duplicó durante la segunda mitad del siglo XX, al pasar de 36 años en 1950 a 74 años en 2000. Se espera que en las próximas décadas continúe su incremento hasta alcanzar 80 años en 2050 (Ver Figura 4), un nivel similar al de Japón, el país que actualmente tiene la mayor esperanza de vida en el mundo.

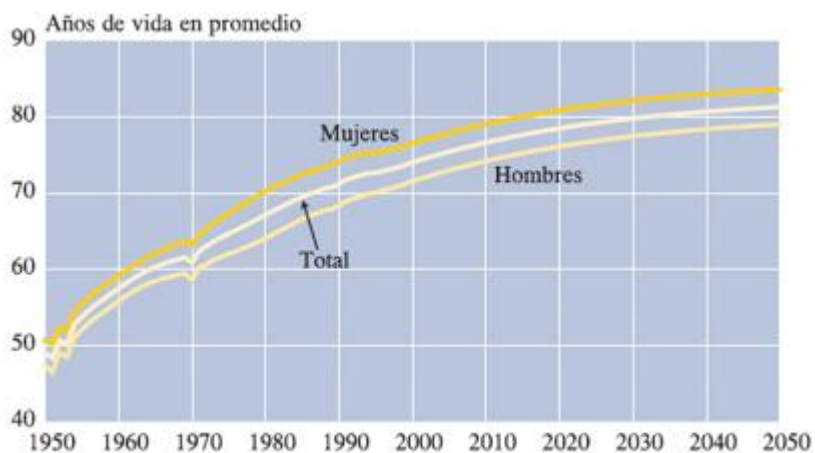


Fig. 4. Esperanza de vida al nacimiento por sexo, 1950-2050 (CONAPO citado en Zuñiga y Vega, 2004).

Zuñiga y Vega (2004) señalan que la pirámide de población de México perderá su forma triangular, característica de una población joven, para adquirir un perfil rectangular abultado en la cúspide, propio de las poblaciones envejecidas.

La evolución previsible de la fecundidad y de la mortalidad permite anticipar que la base de la pirámide continuará reduciéndose, por lo que la población infantil tendrá menor peso relativo y será menos numerosa. Las cuantiosas generaciones que nacieron en la época de alta fecundidad (1960-1980) comenzarán a engrosar la parte superior de la pirámide conforme alcancen la edad de 60 años (Ver Figura 5). Esto producirá notorios cambios en la forma de la pirámide, que será cada vez más amplia en su cúspide y más estrecha en su base (Zuñiga y Vega, 2004).

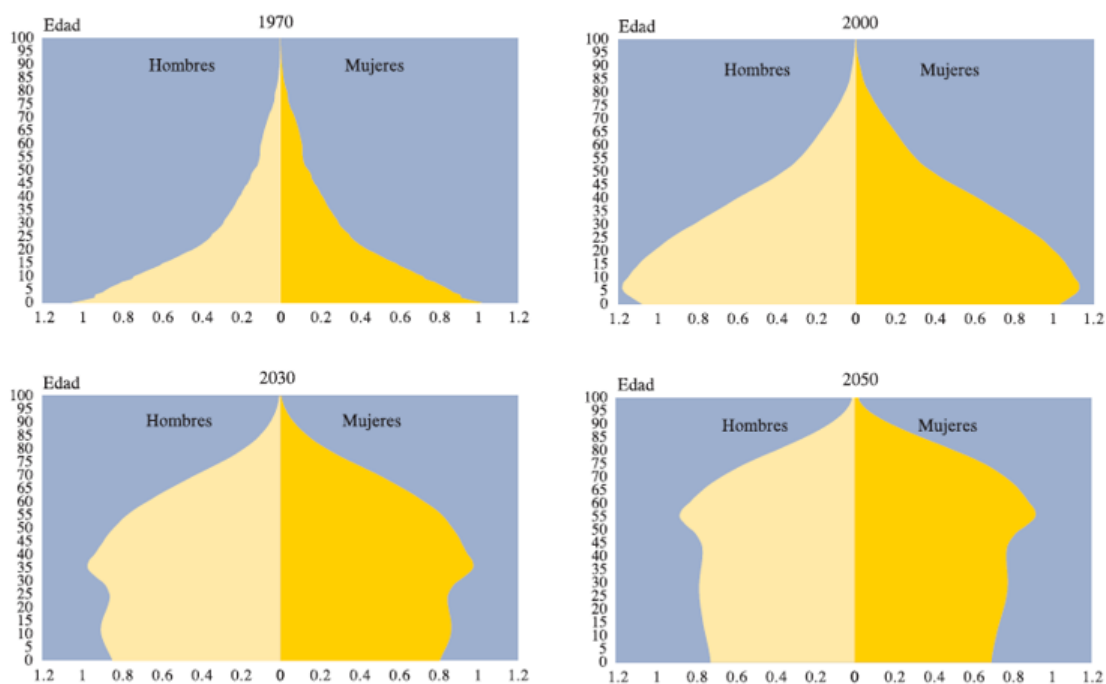


Fig. 5. Pirámides de población de México, 1970-2050 (CONAPO citado en Zuñiga y Vega, 2004).

Zuñiga y Vega (2004) indican que se espera que a mediados de siglo haya poco más de 36 millones de adultos mayores, de los cuales más de la mitad tendrán más de 70 años. De acuerdo a la Figura 6 puede observarse que en el año 2000 residían en México 6.9 millones de personas de 60 años y más, en 2030 serán 22.2 millones y se espera que para la mitad del siglo alcancen 36.2 millones. Cabe destacar que 72 por ciento de este incremento ocurrirá a partir de 2020, lo que brinda al país apenas dos décadas para preparar las condiciones que permitan encarar adecuadamente este proceso.

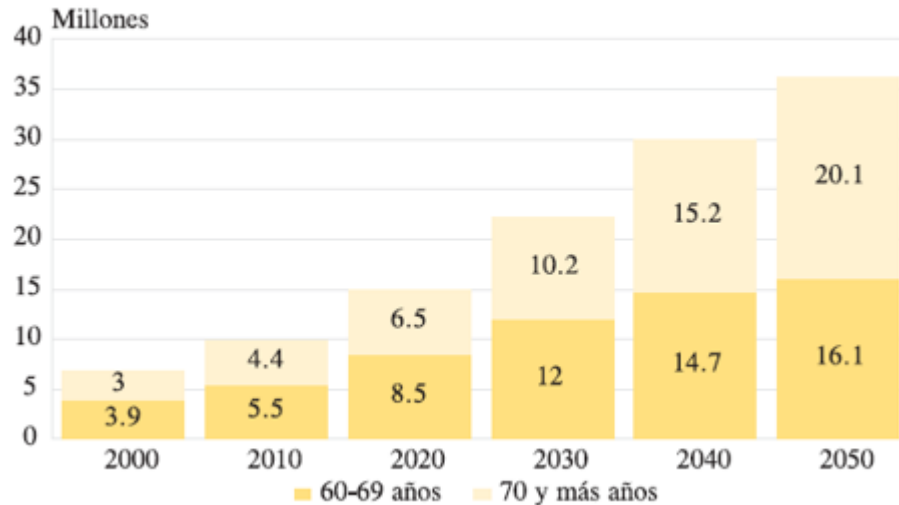


Fig. 6. Población de adultos mayores de México, 2000-2050 (CONAPO citado en Zuñiga y Vega, 2004)

Este fenómeno implica un profundo cambio en el espectro de demandas sociales, así como la reestructuración y reorganización de muchas instituciones, las cuales deben responder a las necesidades sociales de empleo, vivienda, educación y salud, asociadas a una estructura por edad que dejó de ser predominantemente joven para transitar a etapas de pleno envejecimiento (Zuñiga y Vega, 2004).

1.1.2. Impacto mundial de la Demencia

La demencia es un síndrome causado por una enfermedad del cerebro -usualmente de naturaleza crónica o progresiva- en la cual hay una alteración de múltiples funciones corticales superiores, incluyendo la memoria, el pensamiento, la orientación, la comprensión, el lenguaje, la capacidad de aprender y de realizar cálculos, y la toma de decisiones. Las deficiencias de las habilidades cognitivas están comúnmente acompañadas, y ocasionalmente precedidas, por un deterioro del

control emocional, del comportamiento social o de la motivación. Este síndrome se produce en un gran número de condiciones que afectan primaria o secundariamente al cerebro (OMS, 1992).

Según diferentes estimaciones, entre 2% y 10% de todos los casos de demencia comienzan antes de los 65 años. La prevalencia se duplica con cada intervalo de 5 años después de los 65 años de edad (ADI, 2009).

La ONU determinó que en 2010, 35.6 millones de personas vivían con demencia. Se prevé que el número total de personas con demencia se habrá casi duplicado en 20 años, 65.7 millones en 2030 y 115.4 millones en 2050. La mayor parte del incremento es atribuible al aumento de la cantidad de personas con demencia en los países con ingresos bajos y medianos (OPS, 2013).

En la Figura 7 se puede observar el crecimiento del número de personas con demencia y los incrementos proporcionales hasta el año 2050 en los países de ingresos altos e ingresos bajos y medianos.

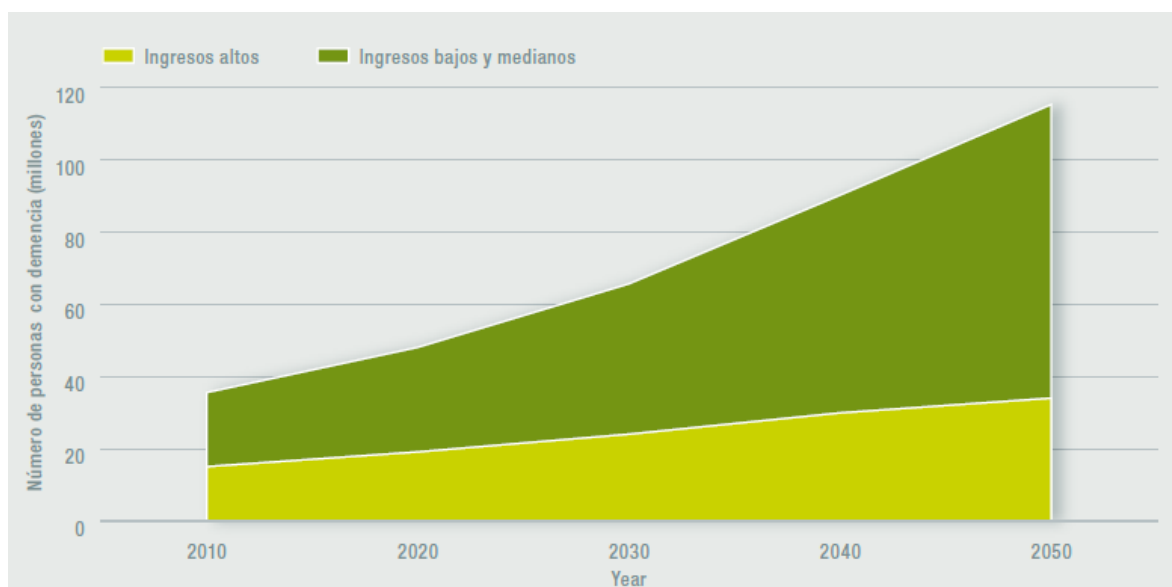


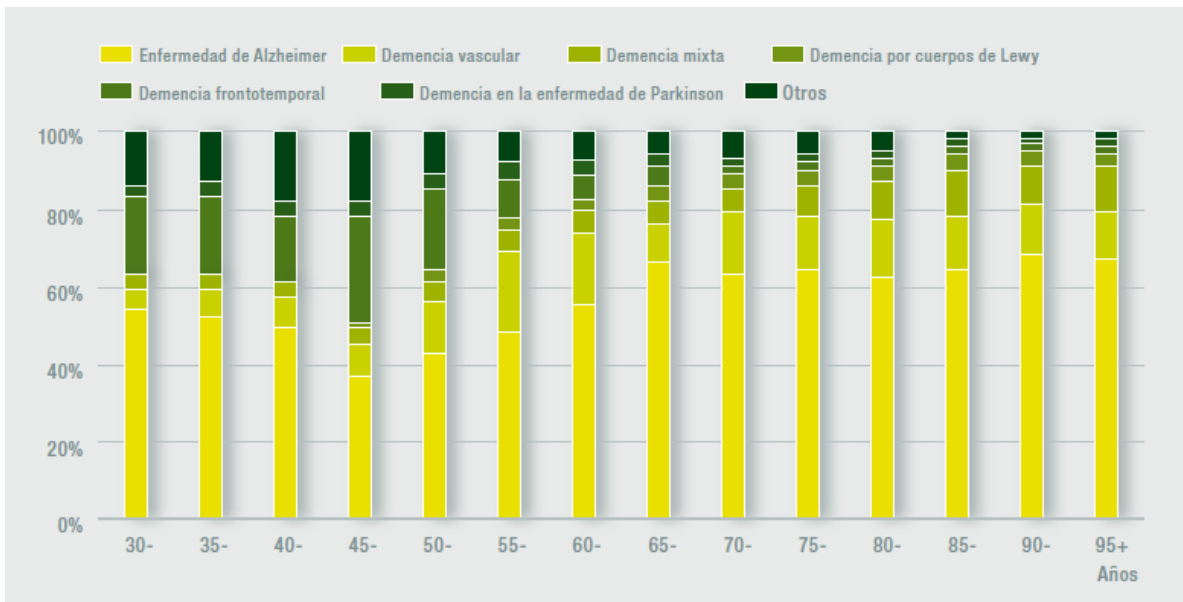
Fig. 7. Crecimiento del número de personas con demencia en los países de ingresos altos e ingresos bajos y medianos (OPS, 2013).

Para Vos *et al.* (2007) el incremento en la Demencia representa uno de los principales retos para la salud de nuestros tiempos. En un estudio realizado en Australia, se calculó que alrededor del 10 % del aumento previsto de los costos de salud durante los próximos 20 años se deberá solo a la demanda de atención de este trastorno.

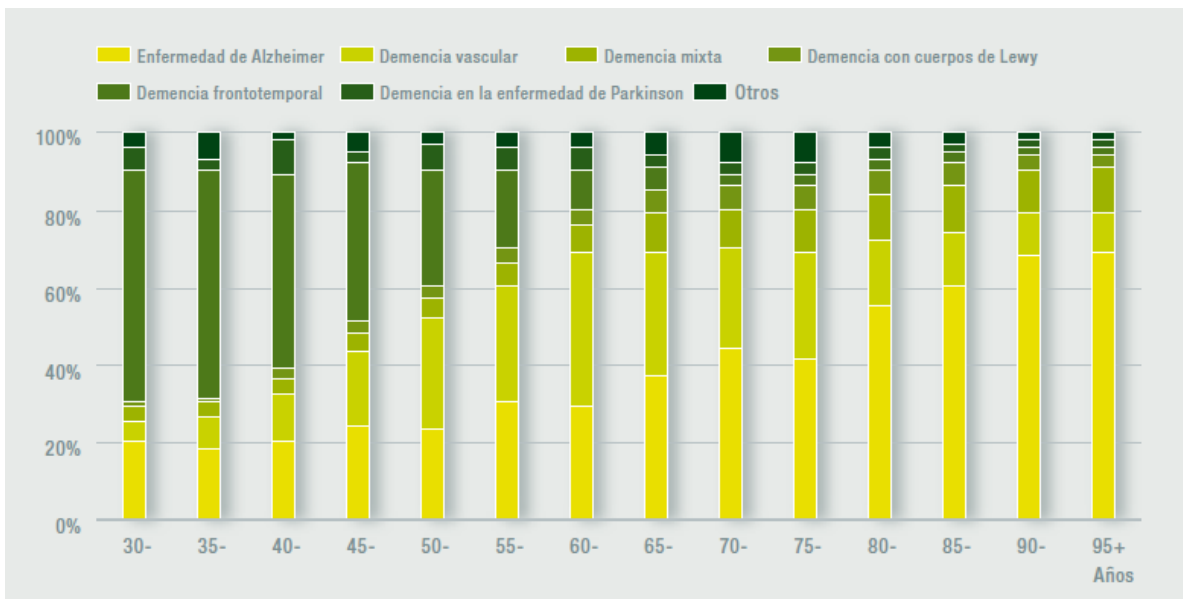
Ahora bien, la Enfermedad de Alzheimer (EA) es la forma más común de la demencia y probablemente contribuye en un 60-70% de los casos (ADI, 2009); en el capítulo 2 se aborda con más detalle qué es la enfermedad, las etapas en que se divide, los síntomas y los tratamientos de la misma. Otros contribuyentes principales de la demencia son: la demencia vascular, la demencia con cuerpos de Lewy, y un grupo de enfermedades que contribuye a la demencia frontotemporal, los límites entre los subtipos son indistintos y a menudo pueden coexistir formas mixtas (ADI, 2009).

Knapp y Prince citados en OPS (2013) realizaron un análisis muy sofisticado sobre los subtipos de demencia, y con el cual se llevó a cabo el informe Demencia Reino Unido (Dementia UK). Los autores estimaron la proporción de casos de demencia correspondiente a los diferentes subtipos, de acuerdo a edad y sexo, mediante el uso de un consenso de Delphi¹ del Reino Unido y de otros datos europeos. En la Figura 8 (a) y (b) se muestran una parte de los resultados obtenidos en dicho estudio, los cuales indican que la proporción de casos de demencia que se atribuyen a la enfermedad de Alzheimer (el subtipo más frecuente) es relativamente constante entre las mujeres (con una variación entre 40 y 60% en el grupo etario de 30 años en adelante), entre los hombres, la proporción aumenta con la edad de manera consistente, desde alrededor de 20% a los 30 años, hasta alrededor de 70% de los 95 años en adelante. Los estudios realizados en países desarrollados han dado cuenta de manera consistente que el Alzheimer tiene mayor prevalencia que la Demencia Vascular, datos según el estudio de Demencia Reino Unido.

¹ El método Delphi se clasifica como uno de los métodos generales de prospectiva, que busca acercarse al consenso de un grupo de expertos con base en el análisis y la reflexión de un problema definido (Varela *et al.*, 2012).



(a) Mujeres



(b) Hombres

Fig. 8. Informe Demencia Reino Unido: estimaciones del consenso sobre la proporción de todos los casos de demencia según subtipo de demencia, edad y género (EUROCODE citado en OPS, 2013).

La demencia no es una consecuencia natural o inevitable del envejecimiento, es un trastorno que afecta las funciones cerebrales cognitivas de la memoria, el lenguaje, la percepción y entorpece considerablemente la capacidad de la persona para realizar las actividades de la vida cotidiana. Como ya se mencionó los tipos más comunes de demencia son: 1) la enfermedad de Alzheimer, y 2) la demencia vascular. La demencia tiene enormes consecuencias personales, sociales y económicas. Provoca un aumento de los costos de los cuidados a largo plazo para los gobiernos, las comunidades, las familias y las personas, y pérdidas de productividad para las economías (OMS, 2015).

En el informe de la OMS (2015) se indica que es muy importante tener en cuenta que los cambios sutiles y heterogéneos en el funcionamiento cognitivo que se observan en las personas mayores sanas son muy distintos de los cambios provocados por la demencia.

Según la OMS (2016) a nivel mundial, 47.5 millones de personas tienen demencia, con poco más de la mitad (58%) viviendo en los países de ingresos bajos y medianos. Cada año, hay 7.7 millones de nuevos casos. La proporción estimada de la población general de 60 y más años de edad con demencia en un momento dado es de entre 5 a 8 por cada 100 personas (OMS, 2016).

1.1.2.1 Impacto económico de la demencia a nivel mundial

Para comprender de manera adecuada el costo de la demencia a nivel social y cómo impacta sobre las familias, los gobiernos y sus sistemas de atención social y de salud, es fundamental para crear conciencia, lograr una correcta priorización, y enfocar los esfuerzos para mejorar la vida de las personas con demencia y la de sus cuidadores. De acuerdo a diversos estudios existe un consenso y es que la situación está imponiendo inmensas cargas económicas de forma directa (atención médica y social) e indirecta (cuidados no remunerados por familiares y amigos). También está saliendo a relucir el alcance de la carga económica en países de ingresos medios (OPS, 2013).

De acuerdo a la OPS (2013) la distribución de los costos totales entre sectores también varía notablemente dependiendo del nivel de ingresos de los países. En países de ingresos altos, el costo de los cuidados informales (45%) y el costo directo de la atención social (40%) contribuyen de manera similar en los costos totales, mientras que la contribución de los costos médicos directos (15%) es mucho más baja (Figura 9). Por otro lado, en los países con ingresos bajos y medianos bajos, los costos sociales directos son pequeños y predominan los costos de los cuidados informales. El costo total por persona con demencia es 38 veces mayor en los países de ingresos altos que en los países de ingresos bajos, los costos directos de la atención social son 120 veces mayores. En la encuesta mundial de la Alzheimer's Disease International (ADI) sobre la utilización de atención domiciliaria, la proporción de personas con demencia que viven en residencias fue significativamente mayor en los países de ingresos altos que en los países de ingresos bajos y medianos (OPS, 2013).

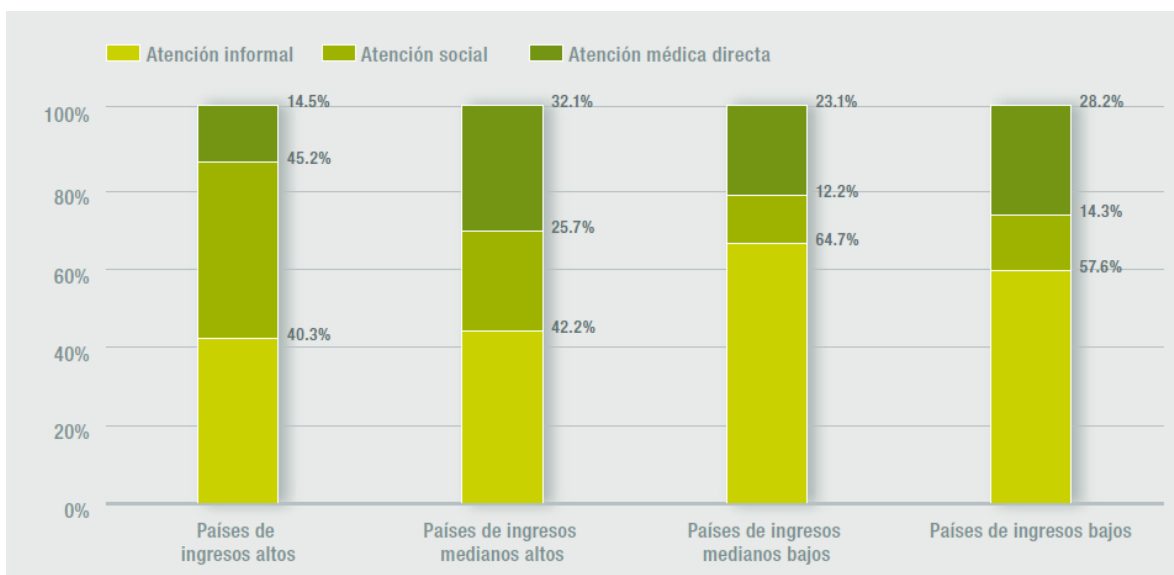


Fig. 9. Distribución de los costos sociales totales (%) según la clasificación de ingresos del Banco Mundial (OPS, 2013).

En el informe de la OMS (2015) se indica que el costo mundial de la atención de las personas con demencia en 2010 se estimó en 604,000 millones de dólares: un 1 % del producto interno bruto mundial. Se calcula que, en 2030, el costo de atender a las personas con demencia en todo el

mundo será de 1.2 billones de dólares o más, lo que podría socavar el desarrollo social y económico mundial.

1.1.2.2. Impacto de la Demencia en México

En México, a partir de los datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2012 y del grupo de investigación en demencia 10/66, se sabe que actualmente hay aproximadamente 800,000 casos de personas que padecen algún tipo de demencia en nuestro país. La incidencia anual estimada es de 27 casos nuevos por cada mil personas de 65 años o más. La proyección del número de mexicanos afectados por demencia para 2050 alcanzará la alarmante cifra de más de 3 millones (ver Figura 10), por lo que el impacto de esta enfermedad en los sistemas económico, social y de salud será severo (ING, 2014).

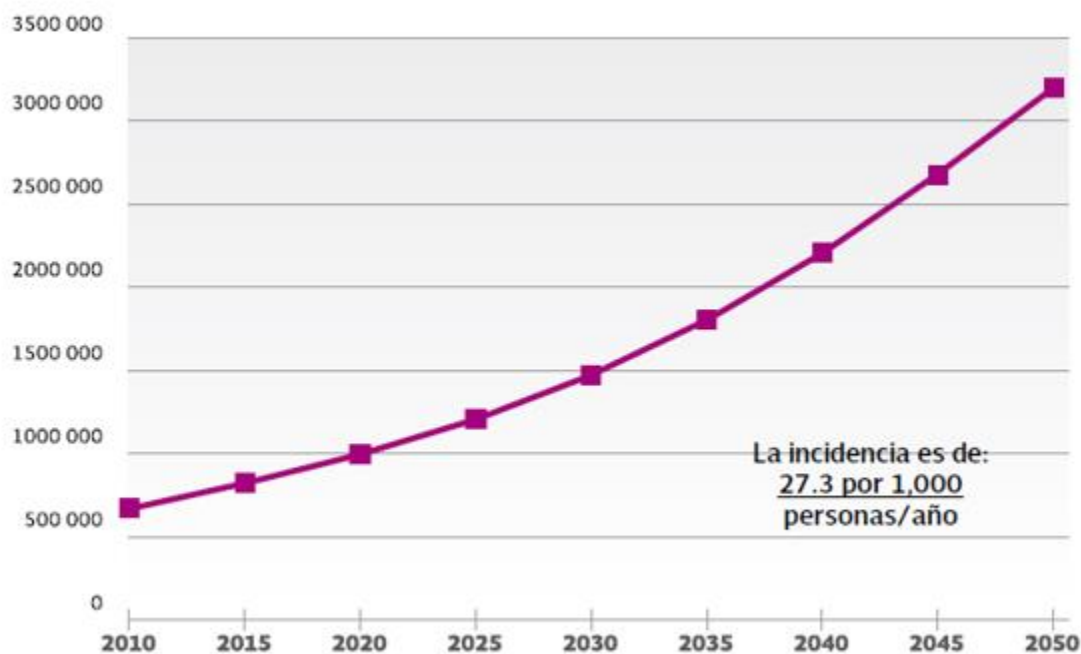


Fig. 10. Proyección del número de sujetos afectados por demencia en México, 2010-2050 (Sosa *et al.*, 2012).

1.2. Planteamiento general del problema

Con base en los datos expuestos en la sección de Antecedentes, se puede afirmar que existe un aumento significativo del problema de demencia a nivel mundial, por lo cual es necesario hacer conciencia sobre el mismo tanto en las escalas pública y privada. Para ello, existen organizaciones internacionales como la ADI la cual apoya en el desarrollo y actividades de sus asociaciones miembro, estimula la investigación sobre la prevalencia y el impacto de la enfermedad de Alzheimer y la demencia en todo el mundo; así como también brinda apoyo al trabajo del 10/66 Dementia Research Group sobre la prevalencia y las consecuencias de la demencia en países en vías de desarrollo (México forma parte de ellos). También existe Bupa² que es una de las principales empresas internacionales de asistencia sanitaria, cuenta con 29 millones de clientes en 190 países. El compromiso de Bupa es abordar los retos más difíciles en materia de asistencia sanitaria, incluida la demencia. La empresa quiere ser el referente en asistencia centrada en la persona y convertirse en abanderados de la ayuda a las personas para vivir bien con demencia y enfermedad de Alzheimer. Estas dos organizaciones, una sin fines de lucro como lo es ADI y la otra con fines de lucro como lo es Bupa han hecho una alianza con el compromiso conjunto de garantizar que la demencia se convierta en una prioridad sanitaria internacional. Estas dos organizaciones generaron el informe mundial sobre el Alzheimer 2015, el cual es tomado como base para el planteamiento general del problema de esta investigación.

Según este informe (ADI, 2015) se considera a la demencia como una pandemia, además en dicho informe se presentan una actualización de datos con respecto a los informes anteriores, a continuación se desglosan algunas estimaciones significativas:

De acuerdo al informe actual de 2015 las estimaciones de prevalencia específicas de la edad o específicas de la edad y el sexo a las proyecciones poblacionales de la ONU, calcularon que 46.8

² Bupa, una compañía asistencial y sanitaria mundial que es un proveedor internacional líder de cuidados especializados.

millones de personas sufren demencia en todo el mundo en 2015. Esta cifra casi se duplicará cada 20 años, alcanzando los 74.7 millones en 2030 y los 131.5 millones en 2050. Estos nuevos cálculos son un 12-13% superiores que los realizados para el Informe Mundial sobre el Alzheimer de 2009 (41.5 millones en 2015, 65.7 millones en 2030 y 115.4 millones en 2050).

El informe de la ADI (2015) indica que gran parte del incremento previsto en el número de personas que sufren demencia se producirá en países con ingresos bajos y medianos. Se estima que el 58% de las personas que sufren demencia vive en países clasificados actualmente por el Banco Mundial como países con ingresos bajos y medianos. El porcentaje de personas con demencia que viven en estos mismos países aumentará hasta el 63% en 2030 y hasta el 68% en 2050.

A través del metaanálisis de la evidencia disponible reportado en el informe mundial sobre el Alzheimer (IMA) de 2015, se estimó que existen más de 9.9 millones de casos nuevos de demencia cada año en todo el mundo, es decir, un caso nuevo cada 3.2 segundos. Estos nuevos cálculos son casi un 30% más altos que la cifra anual de casos nuevos calculada para 2010 en el informe de la OMS/ADI de 2012 (7.7 millones de casos nuevos, uno cada 4.2 segundos).

El IMA de 2015 reporta que los costos totales de la demencia han aumentado de 604 000 millones USD en 2010 a 818 000 millones USD en 2015, lo que supone un incremento del 35.4%. El cálculo actual de 818 000 millones USD representa un 1.09% del producto interior bruto (PIB) mundial, un ligero aumento en relación con la estimación de 1.01% de 2010. Excluyendo costos de asistencia informales, los costos directos totales representan un 0.65% del PIB mundial. Se calcula que los costos totales superarán el umbral de 1 billón USD en 2018, para alcanzar los 2 billones USD en 2030 (véase la Figura 11).

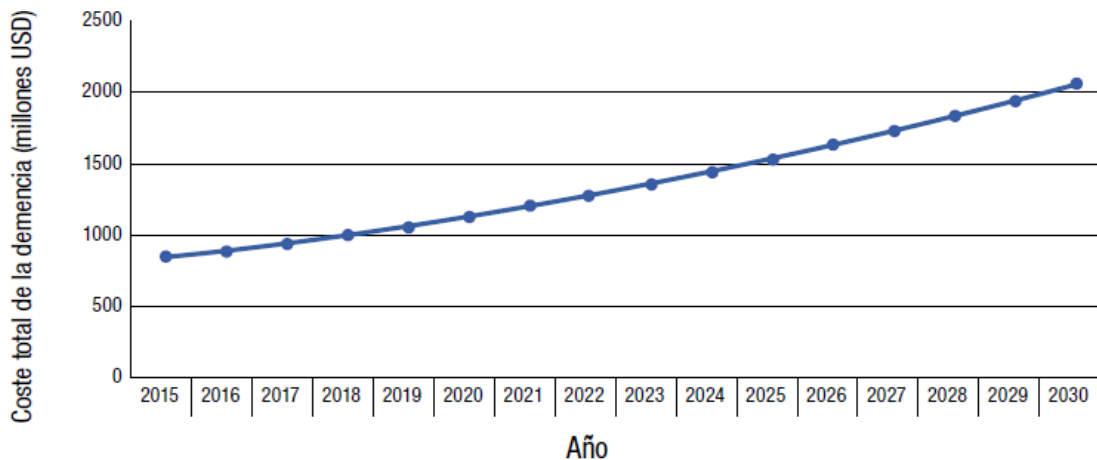


Fig. 11. Previsión del costo total de la demencia 2015-2030 (ADI, 2015).

Ahora bien, es importante hacer mención que las consecuencias de la demencia pueden entenderse a tres niveles interrelacionados: 1) la persona con demencia, 2) sus familiares y amigos, y 3) la sociedad en su conjunto. Aunque la demencia acorta la vida de los afectados, su mayor impacto lo ejerce sobre la calidad de vida, tanto de los enfermos como de sus familiares y cuidadores.

Según Cárdenas (2010) el Alzheimer es sin duda la causa más común de demencia en personas mayores. La enfermedad de Alzheimer es una patología neurológica que afecta el sistema nervioso central. Esta inicia con una afectación significativa de la memoria y evoluciona progresivamente hacia un deterioro global que compromete todas las áreas funcionales de la persona, llevándola de forma irreversible hacia la muerte.

Teniendo en cuenta que para años futuros se estima un aumento en la incidencia de la enfermedad, y sabiendo que sus causas y sus posibilidades de curación son prácticamente desconocidas hasta el momento, han surgido tratamientos alternativos y terapias complementarias que buscan apoyar los procesos farmacológicos y mejorar la calidad de vida de los pacientes con enfermedad de Alzheimer.

1.3. Solución propuesta

Es necesario centrarnos en que esta propuesta de solución está enmarcada en lo que comúnmente se denomina tratamiento no farmacológico, el cual según Olazarán *et al.* (2010) es cualquier intervención no química, teóricamente sustentada, focalizada y replicable, realizada sobre el paciente o el cuidador y potencialmente capaz de obtener un beneficio relevante. Dentro de estos tratamientos existe una gran variedad que apoyan y coadyuvan a los tratamientos farmacológicos necesarios para los pacientes con enfermedad de Alzheimer. Se pueden mencionar algunos de ellos, como: estimulación cognitiva, aprendizaje sin error, terapia de orientación a la realidad, terapia de reminiscencia, musicoterapia, entre otros. Focalizamos la propuesta en la musicoterapia pues es una intervención que tiene la ventaja de que es posible aplicar en todos los estadios de la enfermedad. Y aunque existen algunas aproximaciones con respecto a la aplicación de esta terapia en una sesión tradicional, mediante un salón adecuado y un conjunto de elementos necesarios para ello, lo que se propone en esta investigación es diseñar y desarrollar una herramienta que sirva de soporte para este tipo de terapia, no importando el lugar y la etapa en la cual se encuentre el paciente.

La solución propuesta deberá contar con las siguientes características:

- a) Es conveniente tener en cuenta que la solución deberá ser una herramienta que permita el acceso a servicios de apoyo en residencias de larga duración para los pacientes con Alzheimer.
- b) Deberá fijar el compromiso con la asistencia centrada en la persona y con una asistencia que reduzca las limitaciones físicas y de tiempo.
- c) Deberá ser una tecnología para ayudar a las personas con Alzheimer en su hogar y con la posibilidad de ampliar el alcance de los servicios a zonas poco accesibles.

Por tanto, la solución tiene como objetivo diseñar y desarrollar un prototipo de una aplicación móvil (*app*), la cual contempla un modelo integrador como una propuesta equilibrada de técnicas

y servicios de musicoterapia, para ayudar en el tratamiento de personas que padecen la enfermedad de Alzheimer, este prototipo de aplicación móvil ayudará a los pacientes a ejercitar su memoria además de incidir en las funciones cognitivas menos deterioradas, activar aquellas más afectadas del paciente, así como influir en diversas áreas funcionales del paciente, como el área psicomotriz a través de ejercicios, así como en el área conductual y socio-emocional con técnicas de relajación entre otras, todo ello con la finalidad de mejorar su calidad de vida.

El prototipo de la aplicación móvil emplea múltiples canales para mejorar la accesibilidad a las soluciones *m-Salud*, que puedan utilizarse en los dispositivos móviles (Smartphone y tabletas). El prototipo de la *app* incluye funcionalidades o módulos relacionados con técnicas y métodos utilizados en musicoterapia, lo que buscamos además con esta aplicación es reducir tiempos, costos y esfuerzos adicionales en las intervenciones de musicoterapia, así como también que sea una herramienta que sustente la idea de poder realizar su terapia sin importar el lugar donde se encuentre el paciente. Esta solución podrá ser utilizada independientemente o con pacientes/cuidadores para proveer soporte terapéutico cuando la supervisión de un terapeuta entrenado no sea posible.

Se desea ofrecer una herramienta que sea una alternativa de apoyo al tratamiento no farmacológico (musicoterapia), para tratar de disminuir el progresivo deterioro cognitivo, que sin duda es uno de los síntomas más acusados y evidentes de esta enfermedad y que se relacionan directamente con el deterioro funcional de los pacientes y las posibles consecuencias de tipo emocional que a menudo vienen asociadas. Se quiere en definitiva, mejorar la calidad de vida de estas personas.

Por lo tanto se persigue desarrollar una solución de bajo costo con los objetivos de 1) facilitar el tratamiento de pacientes con la enfermedad de Alzheimer y 2) mejorar la calidad de vida tanto del paciente como la del cuidador.

Con el prototipo de la *app* no se pretende enseñar música al paciente, la herramienta se centra en la música y el historial sonoro musical del paciente, como medio de expresión, de comunicación,

y de autoconocimiento del propio paciente y con ello incidir y ejercitar en las diferentes funciones cognitivas, conductuales, socio-emocionales y psicomotrices que el paciente tiene más deterioradas.

1.4. Justificación

En la mayoría de las personas que padecen la enfermedad de Alzheimer los síntomas aparecen por primera vez después de los 60 años de edad. Es por eso que se explicó en la sección 1.1 los notables incrementos del envejecimiento a nivel mundial y donde el país no es la excepción. De acuerdo a los datos descritos anteriormente en nuestro país hoy en día hay aproximadamente 800,000 casos de personas que padecen algún tipo de demencia, la proyección es que para 2050 la cifra ascenderá a más de 3 millones (ING, 2014).

Como ya se mencionó en varias ocasiones la enfermedad de Alzheimer es la causa más común de demencia, es una enfermedad neurodegenerativa que se caracteriza por ser una patología de avance progresivo y degenerativo del sistema nervioso central que produce, en quién la padece, incapacidad para realizar las actividades básicas, instrumentales y avanzadas de la vida diaria.

Esta tesis busca establecer una alternativa tanto para personas que padecen la enfermedad de Alzheimer como para cuidadores y profesionales de la salud que los atienden, poniendo a su disposición una herramienta para apoyo al tratamiento no farmacológico de musicoterapia, que brinde información de la evolución del paciente.

El desarrollo de la tesis y su implementación pretende ayudar en la toma de decisiones del profesional de la salud o el cuidador responsable, obteniendo detalles de la evolución de la enfermedad que apoyen al tratamiento de la misma en cualquiera de sus etapas.

Sin embargo, el perfil en el cual nos enfocamos en este estudio es sobre enfermos de Alzheimer en centros de día que se encuentran en las etapas de leve a moderada (Laureano-Cruces *et al.*, 2015).

La implementación de esta aplicación móvil pretende disminuir los costos que implica el tratamiento de pacientes con Alzheimer que conlleva un costo socio económico alto, ya que será posible mediante esta herramienta realizar terapias a distancia y en cualquier lugar, siempre y cuando se cuente con dispositivos móviles.

Se considera que la presente investigación es pertinente y relevante porque trata temas de actualidad y de importancia en el país y en el mundo como la enfermedad de Alzheimer, la intervención basada en terapias no farmacológicas, específicamente la musicoterapia apoyada en aplicaciones móviles, y la relación existente entre el Alzheimer, la Musicoterapia y *m-Salud*, una relación poco explorada en general. Visto desde esta perspectiva, los resultados obtenidos de esta investigación ofrecen datos e información útil para el cuerpo de conocimiento en el tratamiento de pacientes con esta enfermedad.

En el contexto mundial de la Musicoterapia se conocen muy pocos trabajos e investigaciones relacionados con el trinomio Alzheimer/Musicoterapia/*m-Salud* y en México éste es un campo aún más desconocido, teniendo en cuenta que esta perspectiva es relativamente joven y se han realizado pocos estudios con aplicaciones de estas características.

Existen trabajos que han abordado ciertos rasgos del trinomio pero desde la perspectiva de la estimulación cognitiva desarrollando aplicaciones con ese tipo de terapia con el fin común de intentar retrasar el deterioro cognitivo. En Laureano-Cruces *et al.* (2015) se desarrolló una aplicación de ejercicios cognitivos de: memoria, atención y orientación. Dicha aplicación cuenta con un modelo afectivo-cognitivo que permite tener una interacción reactiva con el usuario con el fin de que la intervención sea pertinente con base en una predicción de las emociones presentadas por el paciente y enlazadas al fenómeno de consciencia.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Diseñar y desarrollar un prototipo de una aplicación móvil de apoyo a las intervenciones musicoterapéuticas. Aplicación basada en dispositivos móviles para la atención de pacientes con la enfermedad de Alzheimer en diferentes estadios.

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar y caracterizar la enfermedad del Alzheimer, sus etapas y síntomas.
- Analizar los principales tratamientos no farmacológicos que son utilizados para tratar la enfermedad de Alzheimer.
- Analizar y fundamentar la musicoterapia como un tratamiento no farmacológico con resultados positivos en todas las etapas de la enfermedad de Alzheimer.
- Hacer una aportación en el campo de la *m-Salud* que apoye tanto a pacientes como a cuidadores y profesionales de la salud en la enfermedad de Alzheimer.

Mediante el prototipo de la *app* se pretende:

- Establecer mecanismos para conservar, preservar o mantener habilidades de memoria y otras capacidades necesarias para el funcionamiento general del paciente.
- Lograr la evocación de momentos, personas y situaciones significativas en la vida del paciente.
- Activar de forma natural la atención auditiva, el lenguaje comprensivo y expresivo, el movimiento consciente y la afectividad relacionada a ciertas canciones y/o bailes.
- Beneficiar a pacientes que actualmente no acuden a las asociaciones o centros de día por diferentes motivos.

1.6. Supuestos y pregunta de investigación

1.6.1. Supuestos

El aumento en los casos de la enfermedad de Alzheimer, las pocas apps de musicoterapia en ese dominio y el creciente uso de dispositivos móviles hacen que se habrán nuevas posibilidades para la creación de herramientas que involucren tecnología y conocimientos específicos con la finalidad de apoyar los tratamientos de los pacientes con Alzheimer.

- Con base en la información sobre Alzheimer, musicoterapia y aplicaciones móviles analizada, se considera que es posible realizar una propuesta de diseño de una app de musicoterapia integral que permita apoyar las sesiones de intervención en el tratamiento de estos pacientes.
- Con el diseño de la nueva *app* se cubrirán varias técnicas de musicoterapia que proveerán una nueva forma de interacción entre el paciente de Alzheimer y su entorno externo.
- El prototipo de la *app* puede innovar en dos aspectos: 1) apoyar al paciente no importando la etapa de la enfermedad en que se encuentre y 2) puede ser utilizado en cualquier lugar no necesariamente en un centro de día, residencia o casa de asistencia.

1.6.2. Pregunta de investigación

Se considera que las intervenciones no farmacológicas son modalidades de tratamiento para disminuir el dolor, mejorar la movilidad, la calidad de vida, entre otros.

Por tanto la pregunta que subyace a la investigación del estudio es:

- ¿Es posible desarrollar un prototipo de una aplicación móvil que integre diferentes técnicas de musicoterapia y apoye al tratamiento de los pacientes con la enfermedad de Alzheimer?

1.7. Tipo de investigación

La investigación científica aplicada se propone transformar el conocimiento 'puro' en conocimiento útil. Tiene por finalidad la búsqueda y consolidación del saber y la aplicación de los conocimientos para el enriquecimiento del acervo cultural y científico, así como la producción de tecnología al servicio del desarrollo integral de las naciones (Collazos, 2007).

Este trabajo se considera que es una investigación científica aplicada debido a que pretende transformar el conocimiento de dos dominios relacionados: el Alzheimer y la Musicoterapia. Para aplicar estos conocimientos se contempla el diseño y desarrollo de una aplicación móvil, lo cual representa una producción de tecnología al servicio de los pacientes con enfermedad de Alzheimer.

Adicionalmente esta investigación se apoya en algunas de las etapas del método científico: el hacer una observación mediante el planteamiento del problema, la formulación de supuestos y formular los objetivos de la investigación.

Capítulo 2: Marco teórico

2.1. Alzheimer

De acuerdo a Jiménez *et al.* (2016) la enfermedad lleva el nombre del doctor Alois Alzheimer, quien en 1906 notó cambios en el cerebro de una mujer que había padecido –en aquel entonces– una extraña enfermedad mental. El doctor Alzheimer descubrió que los síntomas de la paciente incluían pérdida de memoria y problemas de lenguaje. Tras su fallecimiento, el cerebro de la mujer mostraba acumulaciones de cuerpos extraños, así como masas de fibras; hoy día los cúmulos anormales son conocidos como placas amiloideas, mientras que las masas de fibras son los ovillos neurofibrilares.

En la Figura 12 pueden observarse las diferencias entre los cerebros de una persona sana y de una que presenta la Enfermedad de Alzheimer (EA). Como se puede apreciar, en el sujeto con Alzheimer hay una reducción en el tamaño de la corteza cerebral (1), un incremento en el tamaño de los ventrículos cerebrales (2) y una reducción en el tamaño del hipocampo (3). Estos cambios en el cerebro son ocasionados por la muerte de las neuronas (Jiménez *et al.*, 2016).



Fig. 12. Diferencias entre los cerebros de una persona sana y de una que presenta la enfermedad de Alzheimer (Alzheimer's Association citado en Jiménez *et al.*, 2016).

El Alzheimer es una enfermedad que hasta el momento no tiene cura y la cual va avanzando con el tiempo destruyendo lentamente la memoria de los pacientes, afectando las aptitudes de pensamiento entre otras, lo que se traduce en la dificultad para llevar a cabo las tareas más simples.

Otro de los signos patológicos en la enfermedad es la pérdida de las conexiones entre las células nerviosas (las neuronas) y el cerebro. A medida que el envejecimiento avanza, las funciones cognitivas como la percepción, atención, habilidad viso-espacial, orientación, memoria, lenguaje y cálculo de un individuo, sufren un grado de deterioro variable con este proceso.

Según Cárdenas (2010) el Alzheimer se encuentra dentro de las demencias corticales, y tiene los siguientes rasgos característicos: se encuentra un notable deterioro en la memoria que afecta tanto el aprendizaje, como la evocación, existe desorientación, alteraciones del lenguaje y deterioro de la comprensión. Además se presentan déficit en las capacidades viso-espaciales, en el pensamiento abstracto y en las capacidades de juicio e introspección. Sumado a los signos anteriores, se revelan alteraciones de comportamiento y de tipo emocional.

2.1.1. Etapas en la enfermedad de Alzheimer

Dependiendo de la etapa en que se encuentre el paciente, los síntomas son diferentes, la Fundación BrightFocus (2013) define 3 etapas:

Etapa Leve

El daño de la enfermedad todavía pasa desapercibido, tanto para el paciente como para los familiares. El enfermo olvida pequeñas cosas, como dónde ha puesto las llaves, o tiene alguna dificultad para encontrar una palabra. En esta etapa todavía puede trabajar o conducir un coche,

aunque es posible que empiece a experimentar falta de espontaneidad, de iniciativa y ciertos rasgos depresivos. La capacidad de juicio se reduce y tiene dificultad para resolver nuevas situaciones y organizar actividades. Pueden aparecer signos de apatía y aislamiento y cambios de humor.

Etapa Moderada

La enfermedad ya resulta evidente para la familia y allegados. El paciente presenta dificultades para efectuar tareas como hacer las compras, seguir un programa de televisión, o planear una cena. Ya no es sólo una pérdida de memoria, sino también de capacidad de razonamiento y comprensión. En esta etapa, el deterioro avanza con bastante rapidez y los afectados pueden llegar a perderse en lugares familiares. Además se muestran visiblemente apáticos y deprimidos.

Etapa Grave

Es un estado en el que las áreas relacionadas con las funciones cognitivas del adulto mayor se han afectado totalmente, como perder la capacidad para comunicarse correctamente, repetir palabras, tartamudear, no reconoce a sus familiares y en el peor de los casos ni a ellos mismos. La desorientación es constante. Los pacientes más graves se olvidan de caminar y sentarse y, en general pierden el control sobre sus funciones orgánicas. Se olvidan hechos recientes y lejanos. Permanecen horas inmóviles sin actividad, y generalmente no pueden caminar. Dejan de ser individuos autónomos y necesitan que les alimenten y les cuiden. Gritan, lloran o ríen sin motivo y no comprenden cuando les hablan. En su etapa más grave surgen rigideces y contracturas en flexión, permanecen en mutismo y pueden llegar a presentar trastornos deglutorios. Muchos de ellos acaban en estado vegetativo.

2.1.2. Síntomas neurológicos

La enfermedad de Alzheimer afecta a la memoria en sus diferentes tipos. Según la fundación BrightFocus estos son los deterioros sufridos:

- 1) Pérdida de memoria a corto plazo: incapacidad para retener nueva información.

- 2) Pérdida de memoria a largo plazo: incapacidad para recordar información personal como el cumpleaños o la profesión.
- 3) Alteración en la capacidad de razonamiento.
- 4) Afasia: pérdida de vocabulario o incompreensión ante palabras comunes.
- 5) Apraxia: descontrol sobre los propios músculos, por ejemplo, incapacidad para abotonarse una camisa.
- 6) Pérdida de capacidad espacial: desorientación, incluso en lugares conocidos.
- 7) Cambios de carácter: irritabilidad, confusión, apatía, decaimiento, falta de iniciativa y espontaneidad.

2.1.3. Clasificación de síntomas

La clasificación de los síntomas atendiendo al área de origen y de qué manera afectan a la esfera cognitivo-intelectual, es descrita por Gil, Alberca y López (2011) citado en López (2015), además es mencionada en (Pinto *et al.*, 2007).

Según los autores los síntomas de cada una de las esferas, no llevan un orden cronológico de aparición, es decir, normalmente suelen ir mezclándose unos con otros, en los diferentes estadios o etapas por los que progresa la enfermedad.

1.- Memoria. (Su afectación es la más precoz)

- Nombre de la afectación: **Amnesia.**
- Abarca la memoria Reciente, Remota, Inminente...etc.
- Dificultad para el aprendizaje de nueva información.

2.- Lenguaje.

- Nombre de la afectación: **Afasia.**
- Alteración de la comprensión y expresión del lenguaje oral y escrito.
- Diferentes grados de intensidad:

- **Anomia:** Incapacidad para recordar el nombre de objetos absolutamente conocidos y usuales.
- **Mezcla de palabras:** Configuración de palabras incoherentes, resultante de mezclar la terminación de unas con el comienzo de otras.
- **Parafasias:** Lenguaje pobre, reiterativo; inicialmente para palabras y al final para sílabas.
- **Ecolalia:** Repetición de las últimas sílabas de cada palabra.
- **Mutismo:** Incapacidad para hablar.

3.- Praxias:

- Nombre de la afectación: **Apraxias**.
- Incapacidad de realizar movimientos finos y de forma coordinada.
- **Apraxias ideomotrices** (dificultad de repetir movimientos, gestos y para vestirse).
- **Apraxias constructivas** (dibujo de objetos).
- **Apraxias deglutorias**.

4.- Gnosias:

- Nombre de la afectación: **Agnosias**.
- Incapacidad para reconocer los estímulos u objetos que le llegan a través de los órganos de los sentidos.

5.- Orientación Temporo-Espacial:

- Factor de deterioro precoz en dementes.
- Posteriormente afecta también la orientación en el espacio.

6.- Atención:

- Nombre de la afectación: **Aprosexia**.
- La indemnidad de este proceso, clave para el normal funcionamiento de la esfera cognitiva de cualquier sujeto.

- El déficit en el proceso de atención conlleva a la falta de concentración ante diferentes tareas.

7.- Cálculo:

- Nombre de la afectación: **Acalculia.**
- Afecta inicialmente el cálculo mental y más tardíamente el escrito.

8.- Ejecución:

- Capacidad para realizar actos de una forma secuencialmente coherente según ordena el pensamiento.

9.- Pensamiento / Juicio / Abstracción:

- Capacidad que poseen los sujetos normales para enfrentarse a diferentes situaciones, aun siendo novedosas.
- El demente elige respuestas poco sensatas o insensatas. Adoptan comportamientos inapropiados para el lugar y momento en el que se encuentran.

Para atacar los síntomas antes descritos existen tanto tratamientos farmacológicos como tratamientos no farmacológicos, ambos comparten objetivos generales, entre los que están: el retrasar el deterioro, mantener las funciones conservadas, mejorar el control de los síntomas no cognitivos, entre otros.

2.2. Tratamientos no farmacológicos

Centrados en la enfermedad de Alzheimer actualmente no existe ningún tratamiento curativo. Existen fármacos y tratamientos no farmacológicos, que han demostrado ralentizar la progresión de la enfermedad, aunque no son capaces de revertirla.

Para situarnos en el concepto de tratamientos no farmacológicos, es importante decir que son tratamientos multidisciplinares, con una variedad de ámbitos de intervención, enfocados al

entorno familiar y social del paciente y que incide en las funciones tanto cognitivas, emocionales y conductuales del paciente (López, 2015).

Diversos estudios indican que los tratamientos no farmacológicos utilizan una amplia gama de enfoques y han demostrado eficacia en el tratamiento de los síntomas conductuales y psicológicos, sin efectos adversos (Callahan *et al.*, 2012). Un reciente meta-análisis mostró cómo los tratamientos no farmacológicos reducen la frecuencia y severidad de los síntomas de la demencia (Brodsky y Arasaratnam, 2012).

Los tratamientos no farmacológicos influyen básicamente en 4 áreas principales del paciente (Ver Figura 13).

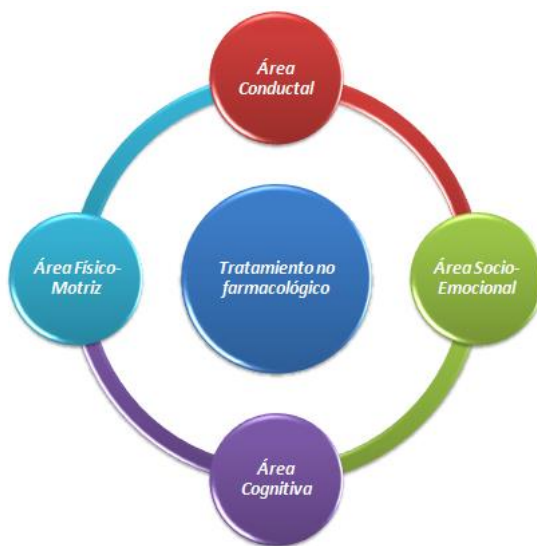


Fig. 13. Áreas donde influyen los tratamientos no farmacológicos (Méndez, 2016 adaptado de López, 2015).

Según Olazarán *et al.* (2010) un tratamiento no farmacológico es cualquier intervención no química, teóricamente sustentada, focalizada y replicable, realizada sobre el paciente o el cuidador y potencialmente capaz de obtener un beneficio relevante.

De acuerdo a López (2015) está demostrado científicamente y respaldado por varios estudios, que las terapias no farmacológicas tienen un abanico muy amplio de efectos clínicos positivos, y que

combinados con los fármacos prescritos habitualmente para esta enfermedad, dan unos resultados muy positivos, no solo para los pacientes sino para sus familiares y cuidadores, originando un recurso imprescindible en el tratamiento de la enfermedad del Alzheimer.

En contraposición Olazarán *et al.* (2010) señalan que no siempre es fácil aplicar los tratamientos no farmacológicos y debido a sus características tan específicas, demostrar su eficacia no siempre resulta sencillo. Varias son las razones que nos exponen:

- La propia naturaleza de la enfermedad condiciona la aplicación de diferentes programas y la evaluación de su eficacia.
- La dificultad de estandarizar y comparar resultados con protocolos de intervención grupal que sean al mismo tiempo individualizados.
- La elección de parámetros de eficacia adecuados que indiquen la eficacia de estos tratamientos.

Sin embargo existen beneficios de aplicar los tratamientos no farmacológicos, entre algunos de ellos se encuentran según (Tárraga, 2006) citado en (García, 2014):

- “Retrasar el deterioro.
- Recuperar las funciones perdidas o mantener las preservadas.
- Mejorar el control de los síntomas no cognitivos.
- Conservar la autonomía en las actividades de la vida diaria.
- Aumentar la calidad de vida”.

Actualmente se puede encontrar una amplia gama de intervenciones no farmacológicas dirigidas a disminuir el impacto del deterioro cognitivo y aliviar los problemas conductuales de los pacientes con demencia.

Centrados en los tratamientos no farmacológicos dedicados a los pacientes, De los Reyes *et al.* (2012) proponen una clasificación de 3 tipos de tratamientos no farmacológicos dependiendo el

área de trabajo. Estos son: 1) tratamientos cognitivos, 2) intervenciones psicosociales y 3) otras intervenciones. En la Tabla 1 se muestran algunos de los principales tratamientos no farmacológicos que se utilizan hoy en día en personas con la enfermedad de Alzheimer.

Tabla 1. Principales tratamientos no farmacológicos para la EA (De los Reyes *et al.*, 2012).

Tipo	Tratamiento/Técnica	¿En qué consiste?
TRATAMIENTOS COGNITIVOS	Estimulación cognitiva	Estimulación individualizada, adaptada a las necesidades cognitivas del paciente, para rehabilitar funciones alteradas.
	Aprendizaje sin error	Impedir a los sujetos que cometan errores durante el aprendizaje de una nueva tarea o la adquisición de una nueva información.
	Recuperación espaciada	Presentación de estímulos con un intervalo creciente, incrementando así la retención y evocación de información específica a través del tiempo.
	Imaginería visual	Solicitar al sujeto que preste atención a detalles visuales específicos de la información que debe aprender, o que genere una imagen mental del objeto que le es presentado en modalidad verbal.
	Difuminación de pistas	Dar al paciente pistas para la evocación de la información. Estas pistas disminuyen sistemáticamente a medida que el sujeto va aprendiendo, hasta que desaparecen por completo.
	Ayudas externas	Sustitución de funciones cognitivas perdidas por diferentes herramientas.
INTERVENCIONES PSICOSOCIALES	Terapia de orientación a la realidad	Presentación constante de la información relacionada con la orientación en tiempo, lugar y persona.
	Terapia de validación	Aplicación de técnicas basadas en una actitud de respeto y empatía por los adultos con EA.
	Terapia de reminiscencia	Estimulación para el recuerdo de experiencias pasadas a través de fotografías, videos, canciones, ropas, periódicos, cartas o cualquier otro elemento.
	Método Montessori	Trabajo a través del análisis de tareas, la repetición

		guiada y la progresión paulatina de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto.
	Terapia intergeneracional	Implementación de programas en los que los pacientes con demencia enseñan a niños a realizar diferentes actividades de la vida diaria u otras habilidades.
OTRAS INTERVENCIONES	Psicomotricidad y actividad física	Utilización del ejercicio físico y otras actividades motrices guiadas para estimular vías sensoriales y motoras.
	Musicoterapia	Utilización de la música para el manejo de diferentes síntomas presentes en la EA.
	Arteterapia	Utilización de diferentes formas de arte como método de expresión en pacientes con EA.
	Modificaciones ambientales	Realización de modificaciones en el entorno del paciente con EA para disminuir el riesgo de accidentes e impacto de su déficit en las actividades de la vida diaria.
	Dietas y cambio de hábitos alimenticios	Seguimiento de dietas de restricción calórica y disminución de grasas saturadas, para disminuir la presencia de radicales libres en el organismo.

Es conveniente anotar, que los cambios moleculares asociados al envejecimiento son irreversibles, por ello las intervenciones terapéuticas, cualquiera que ésta sea, deben estar orientadas a la prevención y estar encaminadas a proporcionar una mejor calidad de vida en el mayor tiempo posible.

En la siguiente sección se ahondará en una en particular: la musicoterapia, situada dentro de “otras intervenciones” de la Tabla 1. Como bien es sabido la música rompe fronteras, estimula, inspira y genera diferentes emociones en las personas, la música tiene muchos beneficios asociados, es por ello que la musicoterapia la toma como base.

Poch (1999) señala que lo terapéutico de la música reside en poder afectar al ser humano en todos los niveles: biológico, fisiológico, psicológico, intelectual, social y espiritual. La música tiene la capacidad de despertar, provocar, evocar, fortalecer y desarrollar emociones o sentimientos

humanos; actúa sobre el sistema nervioso central y periférico, puede generar alteraciones en las principales funciones orgánicas como la circulación, el ritmo cardíaco y la respiración; puede propiciar respuestas musculares y motrices, desarrolla sentido de orden y análisis mediante el ritmo, contribuye a desarrollar la memoria y la capacidad de atención sostenida, la persistencia y la constante variedad del estímulo musical, favorece la expresión propia.

2.2.1. Musicoterapia

Existen distintas definiciones acerca de musicoterapia, muchos autores han realizado diferentes propuestas según su enfoque y énfasis en la disciplina, en seguida mencionamos sólo algunas de ellas.

Atendiendo a Bruscia (1989) se puede decir que la musicoterapia es una terapia de carácter diverso e interdisciplinar, y que es fruto de una mezcla de diversas disciplinas: filosofía, arte, medicina, física, psicología, etc., que giran e interactúan juntas en torno a dos puntos principales: la terapia y la música.

De acuerdo a Poch (1999) la musicoterapia es el uso de la música en la consecución de objetivos terapéuticos: la restauración, el mantenimiento y el acercamiento de la salud tanto física como mental. Es también la aplicación científica de la música, dirigida por el terapeuta en un contexto terapéutico, para provocar cambios en el comportamiento. Dichos cambios facilitan a la persona el tratamiento que debe recibir a fin de que pueda comprenderse mejor a sí misma y a su mundo para que pueda ajustarse mejor y más adecuadamente a la sociedad.

La American Music Therapy Association (AMTA) la define como: una profesión establecida de salud en la que se utiliza la música dentro de una relación terapéutica para tratar las necesidades físicas, emocionales, cognitivas y sociales de los individuos. Después de evaluar las fortalezas y necesidades de cada persona, el musicoterapeuta cualificado proporciona el tratamiento indicado incluyendo la creación, canto, movimiento, y/o escucha de música. A través de la participación musical en el contexto terapéutico, las capacidades de las personas se fortalecen y se transfieren a

otras áreas de sus vidas. La musicoterapia también proporciona vías de comunicación que pueden ser útiles para aquellos que tienen dificultades para expresarse en palabras. La investigación en la musicoterapia soporta con su eficacia en muchas áreas tales como: la rehabilitación física general y la facilitación de movimiento, aumenta la motivación de las personas para que se involucren en su tratamiento, proporcionando apoyo emocional para las personas y sus familias, y proporciona una salida para la expresión de los sentimientos (AMTA, 2016).

Benenzon (2000) la define como: Psicoterapia que utiliza el sonido, la música y los instrumentos corporo-sonoro-musicales para establecer una relación entre musicoterapeuta y paciente o grupos de pacientes, es el campo de la Medicina que estudia el complejo sonido-ser humano-sonido, con el objetivo de abrir canales de comunicación en el ser humano, producir canales terapéuticos, psicoprofilácticos y de rehabilitación en el mismo y en la sociedad.

Según Cammisuli *et al.* (2016) la musicoterapia es una disciplina reciente basada en la evidencia de que el uso del sonido trae múltiples beneficios, tales como la socialización, la comunicación, la coordinación y la expresión. Esta estrategia alternativa ayuda a la recuperación de recuerdos, evocando acontecimientos autobiográficos junto con un sentido de la dignidad personal y la conciencia de sí mismo y estimula las habilidades de comunicación que resultan perjudicadas en la enfermedad de Alzheimer, lo que lleva a las personas al aislamiento debido a su progresiva incapacidad para hablar.

Son muchos los beneficios que tiene esta terapia, a continuación se mencionan algunos de ellos atendiendo a las teorías de Gaston, T. (1954) citado en Poch (2001) que consideraba que “la música poseía propiedades terapéuticas por sí misma.

Beneficios de la musicoterapia:

- a.) La música es adaptable a todas las situaciones y apta para casi todo el mundo.
- b.) La música es el mejor medio para establecer una relación entre el paciente y el terapeuta porque:
 - Disipa la soledad.

- Es el mejor medio para la resocialización.
- En su cualidad de «diversión» ayuda a luchar contra el dolor.
- Forma parte de una realidad que permite el goce y la confianza sin miedo.
- Da seguridad.
- El aprendizaje y la interpretación musical induce a sentimientos gratificantes y de realización musical.
- Es básicamente un medio de comunicación que no tendría razón de ser si con las palabras se pudiese expresar todo.
- Permite el establecimiento de una buena relación terapéutica entre el paciente y el musicoterapeuta.
- Facilita la inducción de actitudes positivas, tanto en el paciente como en el propio terapeuta o el medio hospitalario”.

2.2.1.1. Modelos

Existen en Musicoterapia diferentes modelos de intervención. En la Tabla 2 se hace un breve resumen de los modelos más representativos y difundidos en el área por diferentes autores, citados por Villamizar (2007).

Tabla 2. Modelos de intervención más representativos de musicoterapia (Adaptada de Villamizar, 2007).

Modelo	Autores	¿En qué consiste?
Musicoterapia Creativa	Paul Nordoff y Clive Robbins	Trabajo de creación e improvisación de la música para las sesiones.
Musicoterapia Analítica	Mary Priestly	En este modelo la improvisación musical implica una alternancia entre paciente y terapeuta, además del discurso verbal.
Terapia de Libre Improvisación	Juliet Alvin	Consiste en la improvisación musical, exenta de temáticas determinadas por el terapeuta o de estructuras musicales, improvisación que puede realizarse junto a actividades como la audición, la composición, el movimiento y la ejecución.
Modelo Benenzon	Benenzon	Está basado en el descubrimiento de la historia sonora musical del paciente, según sus gustos musicales y la evolución filio y ontogenética de los mismos.
Modelo Bonny o de imágenes guiadas con música (GIM)	Helen Bonny	Es un modelo de psicoterapia con música basado en la exploración del inconsciente en el campo terapéutico a través de programas de música clásica elaborado por la autora.
Modelo de Barras Sonoras	Claus Bang	Consiste en un trabajo terapéutico y educativo con niños y adolescentes sordos o que presentan deterioro auditivo.
Modelo de Vibro Acústico	Olav Skille	Consiste en la posibilidad de encontrar una gama de frecuencias que puedan unirse con música rítmica relajante, con el fin de producir un efecto directamente al cuerpo de las personas con diferentes tipos de discapacidades.

Cabe señalar que los modelos de musicoterapia suelen clasificarse en receptivos (también denominados pasivos) y activos (también llamados creativos), según la acción física que el paciente ejerza; de tal manera en el primero de los casos, citados anteriormente, prima la audición musical, mientras que en el segundo el movimiento físico en la ejecución vocal, instrumental, o corpórea (Poch, 1999).

Para determinar el plan y frecuencia de cualquier tratamiento es necesario el estado clínico, la rapidez en los cambios del paciente y la fiabilidad y experiencia de los cuidadores.

2.2.2. Beneficios neurológicos de la musicoterapia

Sobre la musicoterapia en las demencias, García (2014) describe trabajos que abordan los beneficios de esta terapia desde la perspectiva de cómo influyen principalmente en las áreas cognitiva, socio-emocional y conductual, descritos en las Tablas 3, 4 y 5. Además diversos autores citados en Cárdenas (2010) refieren los beneficios en el área físico-motriz descritos en la Tabla 6.

Tabla 3. Beneficios de la musicoterapia en las demencias, área cognitiva (García, 2014 citado en López, 2015)

ÁREA COGNITIVA

- La Musicoterapia mejora el funcionamiento cognitivo de las personas con demencia.
- La música favorece la memoria autobiográfica, devolviendo a la persona con demencia el sentimiento de identidad, seguridad y familiaridad
- La musicoterapia como herramienta que permite estimular las capacidades del lenguaje.
- Caso de una enferma de EA con un deterioro cognitivo grave, pero cuya memoria y reconocimiento musical estaban aún preservados.
- Hipótesis sobre la capacidad que tiene la música para situar al enfermo en un contexto determinado y evocar el recuerdo de eventos relacionados con aquel contexto.
- Casos en los que los pacientes no pueden reproducir o comprender el lenguaje verbal, sin embargo son capaces de cantar canciones.

Tabla 4. Beneficios de la musicoterapia en las demencias, área socio-emocional (García, 2014 citado en López, 2015)

ÁREA SOCIO-EMOCIONAL
<ul style="list-style-type: none">▪ En muchas ocasiones los pacientes con demencia no son conscientes de sus propias limitaciones y del deterioro progresivo que sufren. Este hecho les puede causar: tristeza, frustración, desconfianza.▪ Las intervenciones de musicoterapia pueden servir para enseñar nuevas formas de interacción entre personas afectadas y sus cuidadores familiares.▪ La musicoterapia no solo puede aportar beneficios en los enfermos, sino también sobre los familiares.

Tabla 5. Beneficios de la musicoterapia en las demencias, área conductual (García, 2014 citado en López, 2015)

ÁREA CONDUCTUAL
<ul style="list-style-type: none">▪ La irritabilidad, el aislamiento, la depresión, la ansiedad, el miedo, la paranoia, la agresividad, los delirios y alucinaciones, síntomas frecuentes de pacientes con EA.▪ Estudios sobre los efectos positivos de la musicoterapia en relación con los síntomas psicológicos y conductuales de pacientes con enfermedad de Alzheimer en fase moderada-grave.▪ En un estudio de Raglio <i>et al.</i> (2008), se valora la efectividad de la musicoterapia en la reducción de los síntomas psicológicos y conductuales en personas con demencia, (insomnio, agitación, agresividad).▪ Resultados: La musicoterapia puede reducir significativamente síntomas conductuales y psicológicos, y puede mejorar la relación comunicativa entre la persona con demencia y el terapeuta.

Fuente: García (2014).

Tabla 6. Beneficios de la musicoterapia en las demencias, área físico-motriz (Adaptada de Cárdenas, 2010).

ÁREA FÍSICO-MOTRIZ

- La música como elemento de estimulación física, que a su vez podría formar parte de los procesos de memoria implícita o motora y que tienen un efecto facilitador del movimiento (Brotons & Pickett-Cooper, 2004).
- Michael H. Thaut, uno de los pioneros en la utilización del ritmo musical como estimulador para el movimiento físico y diversas funciones cerebrales.
- Existen varios estudios encaminados a evaluar los efectos de la musicoterapia en el área psicomotriz de pacientes con E.A. (Brotons & Pickett-Cooper, 1994; Clair & Bernstein, 1990).

Con base en la información previa se puede mencionar que aunque la musicoterapia no puede sustituir a ningún analgésico, vale la pena implantarla como tratamiento clínico complementario.

2.2.3. Relación Musicoterapia y Alzheimer

Algunas investigaciones dentro de la década pasada, han puesto mucho interés en la musicoterapia, como un tratamiento paliativo eficaz y beneficioso, a ser utilizado en pacientes que padecen la enfermedad de Alzheimer.

En esta sección se describe brevemente la relación existente entre musicoterapia y Alzheimer, nombrando algunos autores según su enfoque. Además se hace mención de algunos estudios en donde se describen resultados positivos de dicha relación.

Según Robert Zatorre (2005) al escuchar o interpretar música se produce una activación y conjunción de cada función cognoscitiva. Por ejemplo, en una tarea musical aparentemente simple como tararear una melodía familiar, es necesaria la utilización de procesamiento complejo del modelo auditivo, atención, memoria, recuperación e integración sensorio-motora, entre otros.

David Aldridge (2005) muestra algunas iniciativas para el trabajo terapéutico con personas que sufren demencia mencionando que el trabajo se puede realizar de forma grupal o individual, utilizando técnicas de canto, escucha musical, improvisación o movimiento corporal. De acuerdo Hidder (2005) citado por Cárdenas (2010) “existen otras estrategias que se aplican desde la musicoterapia enfocada en la rehabilitación neurológica las cuales comprenden el trabajo con un antecedente musical, a) música y reminiscencia, b) música y estimulación, c) escritura de canciones, d) terapias vibroacústica, e) estimulación vibro táctil, f) técnicas para reducción de estrés, entre otros”.

Para Sacks el poder evocador de la música facilita la reminiscencia de recuerdos en pacientes con demencia tipo Alzheimer, permitiéndoles realizar asociaciones de su pasado con música familiar (Sacks, 2006).

Una revisión bibliográfica de 64 estudios sobre Musicoterapia y Enfermedad de Alzheimer y otras demencias, arrojan resultados positivos para los pacientes en diferentes áreas: en el área cognitiva en cuanto a lenguaje, memoria, atención, razonamiento espacio-temporal y orientación; en el área emocional y psicosocial, en cuanto a interacción y socialización, comunicación y estado anímico; en el área motora facilita el movimiento y la expresión corporal; y en el área funcional permite estimular y trabajar aspectos relacionados con diferentes actividades de la vida diaria (Mercadal-Brotons y Martí, 2005).

Según Joan Deus (2006), mediante la exposición a canciones propias de la época de la edad del paciente, la potenciación de actividades rítmicas, auditivas y de coordinación, se contribuye a la cognición en aspectos motrices como en gnosis auditiva, memoria retrograda, autobiográfica, lenguaje expresivo, tanto como en la disminución de alteraciones conductuales, el incremento de la capacidad de lenguaje expresivo, la fluencia verbal y la disminución de los síntomas de alteración afectiva.

Desde el enfoque neurológico, se ha propuesto que la intervención de musicoterapia puede hacerse incluso en los estados más avanzados de la enfermedad de Alzheimer, desde las técnicas pasivas (Cárdenas, 2010).

La American Music Therapy Association (AMTA, 2006) ha promovido mucha investigación en cuanto a los beneficios de la musicoterapia para personas con la enfermedad de Alzheimer. Estas investigaciones ponen en relieve que:

- La musicoterapia reduce la depresión en los adultos mayores.
- Las experiencias musicales pueden ser estructuradas para mejorar las habilidades sociales / emocionales, para ayudar a recordar y en habilidades de lenguaje y para disminuir los problemas de comportamiento.
- Las tareas de la música pueden ser utilizadas para evaluar la capacidad cognitiva en personas con la enfermedad de Alzheimer.
- La música es eficaz para disminuir la frecuencia de los comportamientos agitados y agresivos en individuos diagnosticados con la enfermedad de Alzheimer y demencias relacionadas.
- Las personas en las últimas etapas de la demencia responden e interactúan con música.

Lago (2006) señala que es importante hacer notar que cada vez son más conocidas las innumerables cualidades que el hombre puede desarrollar a través de la música con técnicas y actividades tan concretas como la audición musical, la improvisación instrumental y el canto colectivo, la utilización del cuerpo acompañado del sonido como recurso expresivo y comunicativo, etc. Todas y cada una de estas actividades, se centran en técnicas de apoyo y desarrollo integral muy favorables para el mantenimiento y trabajo en la enfermedad de Alzheimer, ya que son muchos y variados los parámetros que interactúan en el hombre a través de sonido, del silencio, del cuerpo, de la voz como medio de expresión y agente facilitador de la palabra o el canto.

En referencia a las emociones, Guzmán *et al.* (2014) indica que las emociones siguen vivas en los pacientes de Alzheimer, aún incluso de no saber o identificar que motivó esa emoción. En el

estudio realizado se indica que es necesario fomentar emociones positivas, por ejemplo: las visitas frecuentes, las interacciones sociales, el ejercicio, la música, la danza o las bromas son todas cosas simples que pueden tener un impacto emocional duradero en la calidad de vida de un paciente y el bienestar subjetivo.

De acuerdo a De Castro y Mercadal (2015) los sujetos que presentan una fase inicial o moderada del trastorno, esto es, cuando todavía preservan muchas de sus capacidades, las técnicas de musicoterapia pueden contribuir a mantener por más tiempo algunas habilidades físicas y cognitivas, entre ellas, la memoria, el lenguaje, la atención, la orientación y la coordinación de movimientos. En estos periodos iniciales de la enfermedad, las actividades musicoterapéuticas se desarrollan en grupo con el fin de reforzar también los aspectos psicológicos y relacionales de cada paciente. Cuando el Alzheimer ya se encuentra avanzado o muy avanzado, es decir, cuando la persona ha perdido el lenguaje, no puede recuperar sus recuerdos, presenta una funcionalidad reducida y los problemas conductuales se tornan persistentes e intensos, las técnicas musicoterapéuticas individuales contribuyen a mejorar algunos aspectos tales como: los trastornos de actividad. Svansdottir y Snaedal (2006) realizaron un estudio de control de caso para investigar los efectos de la musicoterapia en los síntomas conductuales y psicológicos de demencia en pacientes en fases moderada-grave y grave con la enfermedad Alzheimer, entre los resultados que muestra el estudio es que uno de los síntomas objetivo, los trastornos de actividad, pueden ser afectados positivamente por sesiones repetidas durante 6 semanas. Por otra parte, cuando se compilaron las puntuaciones de las subescalas que miden los trastornos de actividad, la agresividad y la ansiedad, hubo un cambio significativo en el grupo de terapia.

Diversos trabajos han hallado que las actividades de carácter individual ayudan a que los afectados recuperen recuerdos autobiográficos, vivan emociones positivas asociadas a ellos, se comuniquen con los familiares y cuidadores y que aumente su sensación de seguridad y calma (De Castro y Mercadal, 2015).

Es conveniente mencionar también que existen estudios que demuestran que hay ciertas regiones del cerebro en donde la memoria musical es preservada, aún en los pacientes con la enfermedad de Alzheimer en fase avanzada (Jacobsen *et al.*, 2015; Baird y Samson, 2009).

Otro de los aspectos importantes en esta relación musicoterapia y Alzheimer es la plasticidad neuronal, de la cual se hablará a continuación.

2.2.4. Plasticidad neuronal

Un concepto importante para el desarrollo de la presente investigación es la plasticidad neuronal (o neuroplasticidad). La neuroplasticidad es la capacidad del cerebro para aprender y adaptarse a la recepción de un estímulo apropiado. Se ha definido y utilizado desde diferentes enfoques, pero en esta sección se resaltan algunos autores que han puesto de manifiesto que la música favorece esta capacidad.

El término plasticidad fue introducido en 1890 por el psicólogo William James para describir la naturaleza modificable del comportamiento humano. En los últimos años del siglo XIX, Santiago Ramón y Cajal propuso que estas modificaciones comportamentales tendrían seguramente un sustrato anatómico. Tras la muerte de Cajal se adoptó una forma rígida de ver el sistema nervioso central adulto (Basco *et al.*, 2013). Sin embargo, existen autores que afirman que la plasticidad neuronal o neuroplasticidad desempeña un papel muy importante cuando el cerebro se lesiona por un golpe, un infarto o una enfermedad degenerativa (Mesulam, 2000).

La musicoterapeuta Karina Ferrari citada en (Cárdenas, 2010) afirma que: la actividad musical es una de las pocas que posee un carácter bi-hemisférico, en donde todo el cerebro, a partir de la plasticidad neuronal (ajuste o adaptación de un sistema sensorial o motor, a estímulos o requerimientos del medio), se pondrá en posesión de una experiencia musical.

Según Zamarrón, Tárraga y Fernández (2008) afirman que existe una amplia evidencia científica que demuestra cómo los pacientes con enfermedad de Alzheimer en etapas tempranas, conservan

ciertos niveles de plasticidad cerebral, mecanismos de compensación o adaptación y aunque de forma más limitada que una persona sana, capacidades de aprendizaje.

En la investigación desarrollada por Altenmüller y Schlaug (2015) sugieren que la plasticidad cerebral inducida a través de la creación de música puede producir múltiples beneficios. Esto no es sólo para cambiar y/o restaurar las redes cerebrales sensorio-motoras comprometidas, sino también para influir en el estado neurohormonal, así como los procesos cognitivos y emocionales en individuos sanos y enfermos/trastornados neurológicamente. De acuerdo a estos autores existen 2 importantes neurotransmisores: la dopamina y la serotonina para la plasticidad cerebral inducida por la música.

De esta forma se puede ver cómo los temas como la plasticidad neuronal y el tratamiento no farmacológico de la musicoterapia tienen un efecto positivo sobre los pacientes que padecen la enfermedad de Alzheimer, además es conveniente resaltar que la musicoterapia puede ser aplicada en cualquier estadio de la enfermedad.

2.3. e-Salud

Antes de profundizar en el término “*e-Salud*” se tratará el término “*Telemedicina*” como un concepto importante y un precedente a *e-Salud*. Existen antecedentes de que se intentaron diagnósticos a distancia casi desde la invención del teléfono. La *telemedicina* de acuerdo a Lin (1999) significa medicina practicada a distancia, incluyendo diagnóstico, tratamiento, así como también educación médica.

La *telemedicina* presta servicios como:

- Servicios complementarios e instantáneos a la atención de un especialista (obtención de una segunda opinión).
- Diagnósticos inmediatos por parte de un médico especialista en un área determinada.
- Educación remota de alumnos de las escuelas de enfermería y medicina.

- Servicios de archivo digital de exámenes radiológicos, ecografías y otros.

Un sistema de *telemedicina*, es por tanto un sistema de apoyo para las actividades médicas. En la actualidad, el “*medio de apoyo*”, son las ciencias de la computación y las telecomunicaciones, la característica principal es que son sistemas capaces de transmitir audio, video, imágenes y documentos por medio de diversos sistemas de telecomunicaciones.

En el cuidado de la salud los sistemas de manejo de salud personal tienen un rol importante y la integración de éstos implica la interconexión con sistemas de información de salud y registros de salud electrónicos (Gatzoulis *et al.*, 2007).

Actualmente existe una revisión del concepto "*telemedicina*", debido a que se considera que el término “*e-Salud*” es mucho más apropiado, en tanto que abarca un campo de actuación más amplio.

La práctica de la medicina asentada sobre la tecnología e Internet ha dado lugar a la utilización de nuevos términos de rápido éxito, como *e-Salud* o *e-Medicina*. *e-Salud* se considera en sentido amplio: como la utilización de técnicas de telecomunicaciones en la asistencia sanitaria (Yanguas *et al.*, 2007).

Avilés *et al.* (2012) señalan gracias al desarrollo tecnológico, los gobiernos han incorporado las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) en diversos servicios que ofrecen, con el objetivo de aumentar la transparencia, facilitar trámites administrativos, promover la participación ciudadana y proveer servicios de manera más eficiente. Los servicios relacionados al área de la salud, destacan debido a su importancia e impacto en el bienestar de la población. Como parte de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), la OMS ha hecho un llamado para desarrollar acciones encaminadas a asegurar el papel de liderazgo y facilitación de servicios de salud a nivel mundial, a través de diversas estrategias relacionadas con *e-Salud*.

Ramos (2007) indica que el enfoque de la última década ha sido explotar las nuevas tecnologías para proporcionar servicios de *e-Health* o *e-Salud*, enfatizando la participación activa, los autocuidados de la enfermedad/salud y la autonomía de decisión de los pacientes, a través de sensores, dispositivos y sistemas de comunicación se comunica constantemente con un profesional de salud, sus familiares y cuidadores principales, lo que le permite disfrutar de mayor libertad, calidad de vida y bienestar, así como desarrollar la delegación en los cuidados preventivos, especialmente respecto a complicaciones asociadas a la enfermedad, desarrollando, en paralelo, hábitos/estilos de vida saludables.

De acuerdo con Braun *et al.* (2004) los impactos positivos con los servicios de *e-Salud* se engloban en tres consideraciones importantes:

1. El empleo de la tecnología para proporcionar un mejor servicio de salud y reducir costos.
2. Una evolución de servicios hospitalarios y clínicas tradicionales donde los profesionales de salud proporcionan cuidados a pacientes que pasivamente reciben atención en salud con servicios de consulta externa y ambulatoria hacia el cuidado en hogares y comunidades, donde éste participa activamente en su cuidado.
3. Proporcionar servicios para intervenir después de presentarse una enfermedad a servicios preventivos y educativos.

Yanguas *et al.* (2007) señalan que la demanda y utilización de tecnología en relación con personas con necesidades especiales y, entre ellas, quienes presentan diversos grados de dependencia crece a un ritmo importante en consonancia con una sociedad cada vez más tecnificada y global. A este respecto, se puede distinguir tres aspectos en la tecnología:

- Tecnología del mercado general con diseño para todos.
- Entornos adaptables.
- Tecnología específica de apoyo (tecnología de la rehabilitación).

Un ejemplo de soluciones de *e-Salud* es el que está llevando a cabo la OMS, con el fin de apoyar a los miembros de la familia y amigos que cuidan a alguien que vive con demencia, la OMS está desarrollando *iSupport*, una solución de *e-Salud* que proporciona la educación basada en la

evidencia, la formación profesional y el apoyo social para los cuidadores de personas con demencia.

Según Wang (2012) el desarrollo de aplicaciones móviles (*apps*) está cambiando rápidamente la faz de la comunicación a nivel mundial y el desarrollo de dispositivos móviles inteligentes ha hecho que estas *apps* estén ampliamente disponibles. De acuerdo con los datos de *International Data Corporation* (IDC), más de 916 millones de dispositivos inteligentes (incluyendo ordenadores portátiles / de escritorio, *tablets* y teléfonos inteligentes) fueron enviados en todo el mundo en 2011. Ese número se prevé que aumente a 1.84 billones en 2016.

Sin embargo, ofrecer aplicaciones con alta calidad, agilidad y escalabilidad es extremadamente difícil pues las áreas de Tecnologías de la Información (TI) se enfrentan a 3 principales retos al momento de adentrarse en esta fase de innovación:

- Velocidad de implementación o desarrollo de aplicaciones ágiles
- Mejora de la experiencia del cliente
- Seguridad de la información

Hoy en día para ofrecer un conjunto servicios para personas con demencia tiene un papel muy importante las nuevas tecnologías y entre ellas: *e-Salud*. En el caso de la enfermedad de Alzheimer por desgracia, la investigación aún no ha sido capaz de dar con una cura definitiva contra esta enfermedad, ya que sólo existen tratamientos paliativos frente a ella. Sin embargo, las nuevas tecnologías pueden ayudar a mitigar una pequeña parte de los síntomas de este trastorno neurodegenerativo.

2.3.1. *m-Salud*

La comunicación móvil ofrece un medio eficaz de acercar los servicios de salud a los ciudadanos de países en desarrollo. Con los teléfonos de bajo costo y la penetración de las redes de telefonía móvil en todo el mundo, decenas de millones de ciudadanos que nunca habían tenido acceso regular a un teléfono fijo o un ordenador ahora utilizan los dispositivos móviles como herramientas diarias para la comunicación y transferencia de datos (VWC, 2009).

La Figura 14 ilustra cómo los ciudadanos del mundo en desarrollo tienen acceso abundante a los teléfonos móviles, incluso mientras otras tecnologías y la infraestructura de salud son escasas. Esta explosión del uso del teléfono móvil tiene el potencial de mejorar la prestación de servicios de salud en una escala masiva (VWC, 2009).

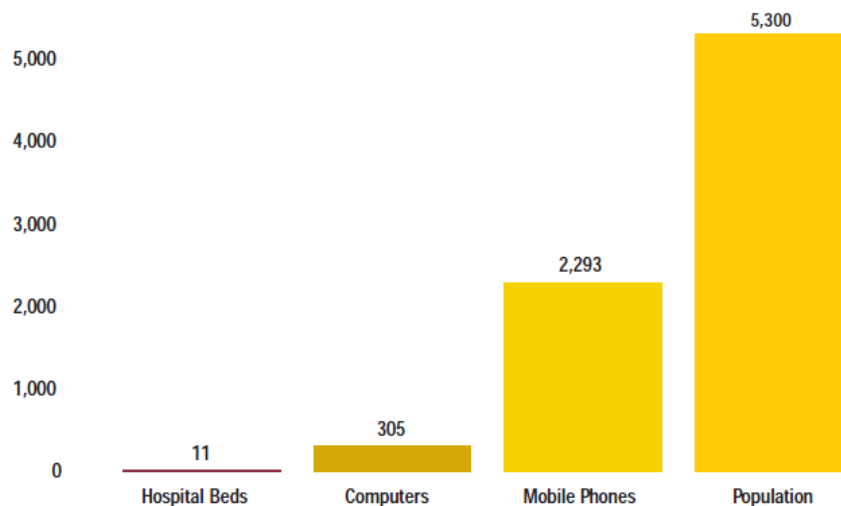


Fig. 14. La tecnología y las estadísticas relacionadas con la salud para los países en desarrollo, en millones (VWC, 2009).

La comunidad de salud pública se ha unido en torno a estas definiciones de trabajo (VWC, 2009):

- ***e-Salud (e-Health)***: El uso de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) - tales como ordenadores, teléfonos móviles y satélites de comunicaciones - para los servicios de salud e información.
- ***m-Salud (m-Health)***: El uso de las comunicaciones móviles - tales como PDAs y teléfonos móviles - para los servicios de salud e información.

Si bien hay muchos programas de salud móvil independientes, es importante tener en cuenta la posibilidad que *m-Health* sirve para el fortalecimiento de las iniciativas de *e-Health* más amplias.

En el reporte realizado por *Vital Wave Consulting* (2009) indica que el campo de *m-Salud* es muy dinámico, y la gama de aplicaciones que se está diseñando está en constante expansión. Las aplicaciones clave para *m-Salud* en los países en desarrollo son:

- Educación y sensibilización
- Recolección de datos remoto
- Monitorización remota
- Comunicación y entrenamiento de trabajadores de la salud
- Enfermedades y el seguimiento de brotes epidémicos
- Soporte de diagnóstico y tratamiento

En ese mismo informe (VWC, 2009) se detallan 51 programas de *m-Salud* ya sea que están operando o programado para su implementación en un futuro próximo, que se están llevando a cabo en 26 países en vías de desarrollo diferentes. Los programas de *m-Salud* son más frecuentes en algunos países que en otros, por razones que aún no han sido evaluadas por la literatura académica.

Para otros autores como Istepanian *et al.* (2004) el término *m-Salud* lo definen como "la informática móvil, sensores médicos y tecnologías de la comunicación para la atención de la salud." Este concepto emergente representa la evolución de los sistemas de salud electrónica de "telemedicina" tradicional de escritorio o plataformas en las configuraciones inalámbricas y móviles.

Istepanian *et al.* (2004) indicaban que el aumento de la disponibilidad, la miniaturización, rendimiento, velocidad de datos mejorada, y la convergencia esperada de futuras tecnologías de la comunicación y de redes inalámbricas en todos los sistemas de salud móviles acelerarían el despliegue de sistemas y servicios de *m-Salud* en la próxima década. Estos tendrían un fuerte impacto en algunos de los servicios de salud existentes y el cambio del perfil de algunos de los mecanismos de las rutas de entrega de servicios de salud existentes.

Señalaban además que estos sistemas podrían en última instancia, crear un ambiente *m-Salud* amplio y exitoso que pudiera establecer un marco de atención de la salud integral que trabajara a nivel mundial. Los principales objetivos serían los siguientes:

- 1) Adaptar las infraestructuras de salud actuales y las tecnologías médicas existentes con el fin de apoyar a los futuros servicios de *m-Salud* para que sean fiables, flexibles y rentables para el cuidado personalizado de la salud.
- 2) Para hacer frente a los problemas que están más allá de las disciplinas clásicas de salud y ampliar nuestra comprensión de la formación de la enfermedad y la correlación de problemas, como la genómica y los cambios del entorno.
- 3) Aumentar la comprensión de los efectos de las tecnologías de la salud emergentes sobre la vida humana y el acceso equitativo de servicios de salud y los servicios para la población mundial.

Se considera que estos objetivos aún son vigentes y que es necesario buscar sistemas que cubran parte de ellos.

Ahora bien en los últimos años se ha producido un incremento en el uso de teléfonos inteligentes entre la población de la tercera edad (Sánchez *et al.*, 2015). Son cada vez más numerosos los servicios que ofrecen los teléfonos inteligentes para esta población, especialmente en el ámbito de la salud: detección de caídas, botón de alerta, etc (Melander-Wikman *et al.*, 2008).

El hecho de que la mayoría de las personas mayores presenten diferentes problemas de salud o incluso varias enfermedades crónicas (comorbilidad), tales como: Alzheimer y diabetes (Anderson y Horvath, 2004) supone un importante desafío que puede ser abordado con las extraordinarias capacidades de los teléfonos inteligentes: portabilidad, flexibilidad y variedad de funciones (Sánchez *et al.*, 2015).

En el estudio realizado por Sánchez *et al.*, (2015) se efectuó la búsqueda de publicaciones científicas, relacionada con aplicaciones de dispositivos móviles en la población de la tercera edad, además se llevó a cabo un análisis en los mercados de aplicaciones más relevantes actualmente: *Google Play* y *App Store*. Para el caso de la enfermedad de Alzheimer y la

Demencia, varias de las aplicaciones y funcionalidades encontradas tratan de facilitar la vida cotidiana a las personas que sufren la enfermedad y sus cuidadores. En la Tabla 7 se reproducen los resultados encontrados por ese estudio, en ella se detalla información y características más relevantes de las aplicaciones que fueron encontradas.

Tabla 7. Características de las aplicaciones para el Alzheimer (Sánchez *et al.*, 2015).

Nombre	Mercados	Características clave Alzheimer y demencia	Categorías
AlzNav	G	-Fotos y nombres de las personas más cercanas para su localización de manera rápida y fácil	UTI
		-Radio de seguridad. Si la persona sale del radio se envía una notificación (SMS) a su persona a cargo.	
		-Indicaciones para ir a casa, siguiendo una flecha grande.	
		-Responde automáticamente a peticiones de localización enviadas por la persona a cargo	
Tweri	G/A	-Establece radio de seguridad. Cuando la persona supera el límite se envían alertas a su persona a cargo por email, con la posición geográfica del paciente.	UTI
		-El paciente puede pulsar un botón en todo momento para alertar a la persona a cargo de que se ha perdido.	
		-Notifica a la persona a cargo si el móvil se queda sin batería o se ha perdido la conexión GPS	
	G/A	-Hace una encuesta que obtiene puntuación inicial de salud del cerebro	INF ENT
		-Sugiere actividades y recomendaciones personalizadas (ejercicio, comida, exámenes médicos, control del tabaquismo, etc).	SEG
		-Ficha informativa todos los días	

Como puede observarse en la Tabla 7 se identificaron pocas aplicaciones que tratan de enlentecer el proceso de la enfermedad, o proporcionar ayuda médica para mejorar el estado del paciente. En ese ámbito se encuentran juegos para el cerebro, fomentando el uso de la memoria. En otro estudio con sujetos en una etapa avanzada de Alzheimer (De Leo *et al.*, 2011) se validó una

aplicación móvil que tomaba fotos cada cierto tiempo durante 12 horas a lo largo del día, creando después una presentación que se enviaba al paciente. Los individuos llevaban los móviles colgados del cuello y trataban cada día de recordar todas las imágenes de la presentación. El estudio confirmó que este ejercicio realizado de manera habitual conseguía mejorar los resultados de los pacientes, que con el tiempo recordaban cada vez más imágenes.

De acuerdo a Sánchez *et al.* (2015) las personas mayores consideran que la tecnología, y en concreto los teléfonos inteligentes, ofrecen unas características que pueden ser útiles e incluso necesarias en su vida cotidiana. El principal interés es el incremento de su seguridad proporcionado por sistemas de alarma, sistemas de monitorización y la propia gestión de la información personal. La gestión de la información personal y la recepción de información relacionada con la salud proporcionan un aumento de confianza en sí mismos y sensación de independencia. Ven importante reducir la necesidad de depender de los demás, y esperan que la tecnología ayude a ello por proporcionar mayor autonomía.

Finalmente se puede mencionar que los desarrollos actuales y futuros en las comunicaciones inalámbricas integradas con la evolución de tecnologías de difusión y portátiles tendrán un impacto en los sistemas de prestación de servicios de salud en el futuro. El campo de la *m-Salud* equipada con sensores médicos tiene el potencial de transformar la forma de prestar servicios de la salud como es realizado actualmente.

Capítulo 3: Estado del arte

En este capítulo se detalla el análisis del estado de arte mediante una revisión de la literatura científica en cuanto a las tecnologías habilitadoras que se han utilizado en el ámbito de la musicoterapia, además de las aplicaciones móviles comerciales en las tiendas electrónicas más reconocidas dentro de este ámbito. Finalmente se realiza un comparativo del trabajo relacionado y el trabajo propuesto.

3.1. Trabajos relacionados, revisión de la literatura científica

En esta sección se detalla el estudio realizado en donde se revisaron 10 años de investigación (iniciando en el año 2006 y finalizando en 2016) de aplicaciones móviles en el cuidado de la salud de pacientes con la enfermedad de Alzheimer, trabajos publicados en diferentes revistas de investigación y conferencias internacionales.

Posterior a la búsqueda y al filtrado de información de acuerdo a criterios de inclusión y exclusión, quedaron un total de 43 artículos. Para agrupar los artículos encontrados, se propuso la siguiente clasificación que consta de 3 categorías que cubren aspectos importantes de la enfermedad: 1) la prevención, 2) el diagnóstico y 3) cuidado de la salud. Finalmente se incluye una última categoría que agrupa todos los temas no cubiertos por las categorías anteriores, llamada “diversos”. En la Tabla 8 se presenta la clasificación propuesta.

Tabla 8. Clasificación de las aplicaciones encontradas y su alcance (Méndez, 2016).

Categorías del presente estudio	Alcance de cada categoría
Prevención	Se incluyen aplicaciones y apps que comprendan la prevención, predicción, así como los factores de riesgo de la enfermedad de Alzheimer.
Diagnóstico	Se incluyen temas relacionados con aplicaciones y apps que involucren el diagnóstico, detección, causas, determinación de síntomas de la enfermedad de Alzheimer así como detección del nivel de la enfermedad.
Cuidado de la salud	Hace referencia a aplicaciones y apps para el tratamiento, intervenciones, cuidado de la salud, monitoreo y atención a los pacientes con la enfermedad de Alzheimer.
Diversos	Aquí se incluyen todos los demás temas no cubiertos en las categorías anteriores.

La Figura 15 presenta la clasificación inicial realizada en el presente estudio, así como el del porcentaje de trabajos encontrados en cada categoría.

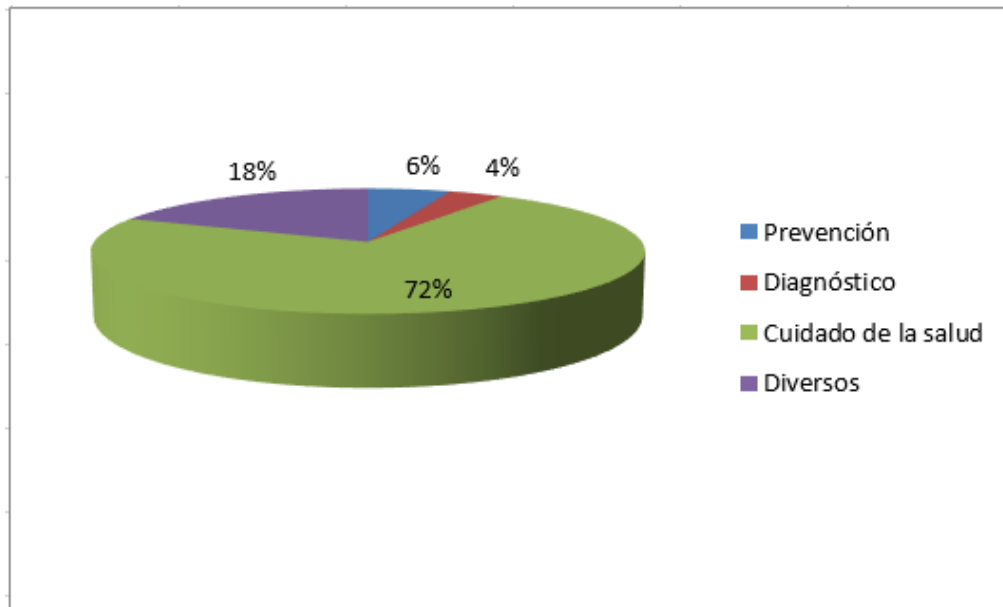


Fig. 15. Porcentaje de artículos por categoría (Méndez, 2016).

3.1.1. Discusión de los tópicos tratados por subcategorías

El objeto de estudio de la presente investigación son las publicaciones sobre la tercera categoría “cuidado de la salud”, por tanto, la distribución por categoría permitió acotar la muestra para realizar un análisis posterior más exhaustivo de cada uno de los trabajos localizados en esta categoría. Así que finalmente se seleccionó un grupo de 39 artículos que abordan específicamente la tercera categoría: el tratamiento y cuidados de pacientes con la enfermedad de Alzheimer.

Esta categoría se dividió en 3 sub-categorías, las cuales fueron:

- a) Cuidado de la salud a través de robots
- b) Cuidado de la salud a través de sensores y monitoreo
- c) Cuidado de la salud a través de tecnología asistencial

Para el contexto de este estudio las 3 sub-categorías identificadas en la categoría de Cuidado de la salud, permiten establecer los problemas relevantes, alrededor de los cuales se centran los esfuerzos de la comunidad científica en esta área.

El objetivo final en los trabajos de esta categoría es encontrar tratamientos, herramientas, sistemas, métodos y artefactos que atajen los procesos fundamentales de la enfermedad de Alzheimer e impidan su progresión hacia un estado de deterioro de la función cognitiva y de la calidad de vida, y para quienes ya padecen la enfermedad, lo más urgente es disponer de tratamientos que controlen los síntomas.

Cuidado de la salud a través de robots

En esta subcategoría se analizaron tres artículos.

Matarić (2014) y Tapus *et al.* (2009) describen la investigación en torno a la realización, el modelado y la dirección de la dinámica social, y la adaptación del usuario a largo plazo para la robótica de asistencia social (Socially assistive robotics, SAR). La investigación se basa en proyectos que involucran el análisis de datos de actividad multimodal, modelando la personalidad y el compromiso, formalizando el uso social del espacio y de la comunicación no verbal, y personalizando la interacción con el usuario durante un período de meses. Además presentan un nuevo sistema robótico adaptativo basado en la tecnología SAR que trata de proporcionar un protocolo de ayuda personalizada a través de la motivación, estímulos, y compañía a los usuarios que sufren de cambios cognitivos relacionados con el envejecimiento y/o la enfermedad de Alzheimer.

Se analizó además el trabajo de Manzi *et al.* (2016), el cual es un sistema basado en un robot, llamado KuBo, que utiliza los recursos de la nube para extender sus capacidades para la interacción humana y la detección del medio ambiente para proveer servicios para la vida independiente.

Cuidado de la salud a través sensores y monitoreo

Hay muchos trabajos desarrollados en esta subcategoría, a continuación describimos los agrupados en este estudio.

En el trabajo de Geddes y Warwick (2010) se describe que el objetivo de utilizar el GPS para los pacientes de Alzheimer es dar a los cuidadores y familias de los afectados por la enfermedad de Alzheimer así como todas las otras condiciones relacionadas con la demencia, un servicio que puede, a través de SMS mensaje de texto, notificarles que su ser querido salió de su casa.

Una plataforma de sensores mínimamente invasiva para la supervisión activa y pasiva de los movimientos humanos y las señales fisiológicas se describe en (Abbate *et al.*, 2012). Se necesita un sistema de tales características en los casos donde se requiere supervisión 24x7, al igual que en los adultos mayores con deterioro cognitivo, demencia y enfermedad de Alzheimer.

Martínez-Ballesté *et al.* (2015) explican un sistema que utiliza teléfonos inteligentes fuera de plataforma llevados por pacientes para detectar situaciones anómalas y para elevar las alarmas en consecuencia. Los autores describen el sistema, detallan sus características, y discuten su utilidad y relevancia tanto a nivel técnico como social. El sistema ha sido diseñado para pacientes que sufren de las primeras etapas de la enfermedad de Alzheimer y las personas que sufren de Deterioro Cognitivo Leve (*Mild Cognitive Impairment*, MCI) y demencia.

Las actividades sociales y al aire libre son cognitivamente demandantes y proveen apoyo emocional al mismo tiempo, por esta razón muchos trabajos han sido desarrollados en este sentido, como el de Koldrack *et al.* (2015) que explica que un sistema debe ser capaz de aprender y detectar estados de desorientación. Describen un estudio piloto para recoger datos sobre la movilidad de los pacientes con demencia, también examinan la calidad de los datos recogidos e investigan cómo detectar estados de desorientación dentro de los datos.

En el artículo de Bravo *et al.* (2008) fusionan dos tecnologías: identificación por radiofrecuencia (*Radiofrequency Identification*, RFID) y *Near Field Communications* (NFC) y aplican estas en un centro de día de Alzheimer. Para etiquetar el contexto y los lugares, con una interacción sencilla, que consiste en tocar las etiquetas con los teléfonos móviles, con ello es posible gestionar la información de forma sencilla.

Hay tres trabajos que presentan un sistema que introduce un protocolo: personalizado, temporal de cuatro niveles de seguimiento basado en perímetros virtuales, de alerta y notificación que incorpora un mecanismo de control de seguridad que opera sobre el Sistema Global para la red de Comunicaciones Móviles. Además se propone un nuevo tipo de intervención basado en la novedosa arquitectura de aplicación móvil para formar y dirigir una red de apoyo social de cuidadores para localizar y asegurar a pacientes errantes a la brevedad posible (Yüce *et al.*, 2012; Yüce *et al.*, 2013a; Yüce *et al.*, 2013b).

Barreto *et al.* (2014) describen un sistema que comprende un dispositivo capaz de controlar la temperatura ambiente y la humedad, la ubicación de pacientes usando el GPS, así como los movimientos del paciente, incluyendo caídas. El dispositivo envía esta información al cuidador a través de SMS y también a un servidor.

Una aplicación móvil en la nube relacionada con la salud que permite a las personas con discapacidad ir a dar un paseo con autonomía alrededor de una zona de confort previamente establecida es presentada en (Vergara *et al.*, 2015). Mientras tanto, los cuidadores son capaces de monitorearlos a través de su posición y ser informados cuando se produzca algún problema.

Ozen *et al.* (2015) presentan el diseño e implementación de un sistema de seguimiento y localización en tiempo real consiente de la energía basado en android (*energy aware real-time location tracking*, EWAREL) utilizando el sensor GPS. Introducido EWAREL que es una aplicación de salvamento especialmente para el seguimiento en tiempo real de personas de edad avanzada que sufren de la enfermedad de Alzheimer.

Un marco para apoyar el desarrollo de aplicaciones para monitorizar las personas con demencia basados en una infraestructura de computación ubicua, utilizando sensores y dispositivos móviles se presenta en (Nogueira *et al.*, 2013).

Wai Soon *et al.* (2015) presentan un sistema de seguimiento y monitoreo en tiempo real que utiliza la tecnología RFID, Wi-Fi, y el Sistema de Posicionamiento Global de Localización (*Global Location Positioning System*, GPS) que tiene como objetivo el seguimiento y monitoreo de la sociedad envejecida, tanto en ambientes interiores como en exteriores.

Un sistema cuidador virtual se presenta en Ugulino *et al.* (2012), una aplicación informática ubicua colaborativa. El sistema consolida datos obtenidos de sensores en un dispositivo portátil que permite el seguimiento colaborativo de los pacientes ancianos por familiares y profesionales de la salud mediante el uso de teléfonos inteligentes y las redes sociales.

Megalingam *et al.* (2014) proponen un sistema que tiene sensores para monitorear el ritmo cardíaco, la temperatura corporal, el ECG, la frecuencia respiratoria, la inclinación y las caídas. La presión arterial también puede ser medida. Los sensores están unidos al cuerpo del paciente de edad avanzada o en los límites de la casa en una forma usable. Los datos de los sensores pueden ser enviados a cualquier Smartphone que soporte Bluetooth. En situaciones críticas, al cuidador se le dará una notificación a través del Smartphone.

InCense es presentado en Castro *et al.* (2015) son un conjunto de herramientas para facilitar la recogida de datos sobre el comportamiento, agrupados por poblaciones de usuarios de teléfonos móviles. Estos componentes se describen y presentan los resultados de una campaña de detección en la que se usa InCense para la recogida de datos sobre el comportamiento de los adultos mayores.

Cuidado de la salud a través de tecnología asistencial

En esta subcategoría hay muchos trabajos también, un sistema de anotación ambiente (*Ambient aNnotation System*, ANS), destinado a ayudar a las personas que sufren de la enfermedad de Alzheimer y sus cuidadores es descrito por Quintana y Favela (2013).

Nezerwa *et al.* (2015) se centran en el desarrollo de aplicaciones móviles específicas para ayudar a las audiencias no atendidas con las tecnologías emergentes asequibles en las plataformas Android e iOS. Estas aplicaciones móviles abordan esferas como las necesidades médicas, sociales y prácticas de los consumidores, así como a sus cuidadores.

Una aplicación móvil de atención médica para detectar patrones errantes en interiores se presenta en Vuong *et al.* (2013). La aplicación aprovecha los dispositivos electrónicos de consumo, incluidos los puntos de acceso WiFi y teléfonos móviles y ha sido probada con éxito en un entorno doméstico.

Kowtko (2012) explora qué software de tecnología de asistencia está disponible para las personas mayores y las personas con discapacidad, en el campo emergente de la tecnología de asistencia de código abierto y cómo la tecnología de asistencia mejora la calidad de vida de estas personas.

El proyecto reportado por Nezerwa *et al.* (2014) involucra el desarrollo de una aplicación móvil para plataformas Android e iOS realizada por estudiantes, como equipo incluyeron la usabilidad para el documental llamado vivo en el interior (*Alive Inside*), creado para ayudar a las personas con enfermedad de Alzheimer y demencia para mejorar su calidad de vida. La aplicación móvil estimula la memoria de los que sufren de Alzheimer y demencia a través de la música de su juventud.

Otro desarrollo de aplicaciones móviles se informó en Yamagata *et al.* (2013) la investigación discute las aplicaciones móviles desarrolladas por estudiantes en el ámbito de ayudar a mejorar la calidad de vida de los pacientes con enfermedad de Alzheimer o demencia.

Hay dos trabajos (Reyes *et al.*, 2015; 2016) que presentan una aplicación móvil penetrante y ubicua para apoyar las intervenciones no farmacológicas en el envejecimiento de las personas que sufren enfermedades que causan deterioro cognitivo. El objetivo principal del sistema presentado es apoyar a los cuidadores y los profesionales de la salud en las terapias no farmacológicas directas en los pacientes en las etapas leve y moderada de Alzheimer.

Smith (2013) explica que las tecnologías cotidianas tienen un papel clave que intervienen en tres estrategias, así como educación y apoyo a los cuidadores. Primero las estrategias de prevención incluyen el desarrollo de la reserva cognitiva a través de programas de ejercicio cerebral computarizado. Segundo, la prevención involucra el desarrollo de las rutinas, incluyendo estrategias basadas en dispositivos móviles para compensar los déficits de memoria. Los enfoques de la *telemedicina* puede facilitar la tercera invención, los recursos de internet y la comunicación ayudan en el soporte y educación del cuidador.

Un sistema de apoyo en el entrenamiento cognitivo por medio de formas electrónicas de ejercicios y entrenamiento computarizado, basado en el concepto de la "*plasticidad*" para las personas con la enfermedad de Alzheimer es propuesto por Chaldogeridis (2015).

STAlz es un sistema basado en dispositivos móviles desarrollado para proporcionar a los cuidadores y los profesionales médicos una manera de estar en contacto y compartir información importante, además de proporcionar a los pacientes una herramienta que podría potenciar el ejercicio de sus funciones cognitivas (Moreira *et al.*, 2013).

Xenakidis *et al.*, (2014; 2015) presentan el diseño y desarrollo de un sistema que pretende apoyar a las personas con deterioro cognitivo. Un prototipo funcional de aplicación de asistencia ha sido desarrollado ya para la plataforma Android, con las características que ofrecen apoyo a las necesidades básicas de los cuidadores y las personas con deterioro cognitivo, dando un mayor énfasis en las personas con enfermedad de Alzheimer precoz.

ADcope es una aplicación integrada que incluye varios módulos, dirigida a los individuos con enfermedad de Alzheimer, usando dispositivos móviles. Se han desarrollado dos interfaces de usuario diferentes: basada en texto y basada en gráficos, y se llevó a cabo un estudio de la usabilidad para ambas interfaces (Zmily *et al.*, 2014).

Un trabajo que ilustra cómo la tecnología de teléfono inteligente puede ayudar a ejercitar la memoria autobiográfica en pacientes con la enfermedad de Alzheimer se describe en De Leo *et al.* (2011).

Griol y Molina (2015) presentan una aplicación multimodal para dispositivos móviles Android dirigidas a pacientes que sufren de Alzheimer. Esta aplicación les ayuda a mejorar su memoria y estimular sus capacidades cognitivas.

Un estudio exploratorio con el fin de evaluar si los dispositivos ubicuos podrían utilizarse para facilitar la terapia de reminiscencia centrada en la persona es llevado a cabo en Ancient *et al.* (2013).

Villarreal *et al.* (2014) presentan una propuesta que permite el desarrollo de una aplicación que ayuda a desarrollar actividades de fisioterapia a pacientes, desde su casa, ofreciendo análisis y recomendación de su médico.

3.2. Apps comerciales, revisión en tiendas electrónicas

En esta sección se detalla la investigación llevada a cabo para encontrar las *apps* disponibles en el mercado y que están relacionadas con la temática que nos ocupa, la búsqueda se realizó en dos de las principales tienda electrónicas: *Google Play* y *App Store*. En la estrategia de búsqueda se utilizaron los términos: “Alzheimer”, “Musicoterapia” o “Música”. Se detectaron 7 *apps* en *Google Play* y 15 en *App Store*.

Los criterios de inclusión fueron: Las *apps* deberían de incluir actividades o tareas de musicoterapia o música, dedicadas o no a pacientes con Alzheimer.

Los criterios de exclusión fueron: *apps* que fueran solo destinadas a cuidadores y/o personales de salud.

Posterior a la búsqueda y selección mediante los criterios anteriormente expuestos, quedaron 10 *apps* para un análisis más detallado. Las *apps* seleccionadas pueden verse en la Figura 16. Además se diseñó una tabla para el análisis de cada una de las *apps*, la información que contiene la tabla es: nombre de la *app*, descripción, desarrollador, idioma y plataforma.

En la Tabla 9 se muestran los resultados de la investigación y estudio de *apps* relacionadas con música y musicoterapia que pueden servir como herramientas que coadyuven en el tratamiento de pacientes con la enfermedad de Alzheimer y otras demencias.



Fig. 16. Apps seleccionadas para el análisis (los logos son propiedad de los desarrolladores de las *apps* disponibles en *App Store* y *Google Play*)

Tabla 9. Apps de música y musicoterapia de apoyo a pacientes con Demencia (Méndez, 2016).

No	App	Descripción	Desarrollador	Idioma	Plataforma
1	Music Therapy	Esta aplicación está diseñada para aquellos que están estresados y necesitan un poco de tranquilidad y relajación.	Subelapp	Inglés	Android
2	Musicothérpaie MUSIC CARE	MUSIC CARE es un método de terapia de música clínicamente probado elegido como la mejor aplicación en el tratamiento del dolor.	MUSIC CARE	Frances	Android / iOS
3	Music Therapy (Raga Therapy)	Aplicación que utiliza los efectos terapéuticos de raga. Raga es la secuencia de notas seleccionadas (swaras) que representan un adecuado 'estado de ánimo' o la emoción en una combinación selectiva.	Mobinet Innovations Pvt. Ltd.	Inglés	Android / iOS
4	Brainwaves	Aplicación con tonos isocrónicos de calidad superior y latidos binaurales combinados con música ambiente relajante y sonidos calmantes de la naturaleza.	MobLife Inc	Español Alemán Inglés	iOS / Android
5	GreyMatters	GreyMatters es una aplicación de tableta que su objetivo es mejorar la calidad de vida de personas con demencia y sus cuidadores. A través de un libro de vida interactivo unido con música y juegos.	GreyMatters Care LLC	Inglés	iOS
6	Music Therapy: Alzheimer	Ofrece una serie de programas personalizados clínicamente probados de musicoterapia, diseñada para apoyar a individuos y cuidadores a través del poder de la música.	Coro Health LLC	Inglés	iOS
7	SAM Sing Along Machine	SAM ha sido creada para ayudar a aquellos que tienen el temor de demencia o que en la actualidad sufren de demencia etapa temprana. Es una herramienta que le permite entrenar a su cerebro mediante la combinación de canto, jugando y adaptando diferentes canciones de diferentes estilos.	Universal Therapies Ltd.	Inglés	iOS
8	SingFit	Principalmente distribuido como una herramienta profesional de cuidado de la salud. Incluye el programa SingFit PRIME para cuidado de ancianos. SignFit es la tecnología móvil que digitaliza la evidencia basada en el protocolo de terapia musical.	U-SING LLC	Inglés	iOS
9	SPARK Memories Radio	Spark Memories Radio es una avanzada app de música en streaming diseñada por memorias "spark", un desencadenante de la actividad cerebral y para mejorar de la calidad de vida de personas con la enfermedad de Alzheimer y otras formas de demencia.	Active Minds Media Partners, LLC	Inglés	iOS / Android
10	Vital Tones Enfermedad de Alzheimer	Vital Tones Alzheimer sirve para la estimulación de ondas cerebrales a través de sonido para influir positivamente en la enfermedad de Alzheimer.	Ugur Dogan	Español Alemán Inglés, etc	iOS

A continuación mencionamos algunas de las limitaciones de estas *apps*:

1. Music Therapy es una *app* que está destinada para el público en general y que sólo accede a un conjunto de canciones para la relajación. Entre sus limitaciones se encuentra que está en inglés, es necesario tener una conexión a internet para la correcta utilización y que está sólo disponible para Android.

2. Music Care es una *app* que utiliza un conjunto de melodías dependiendo del efecto específico que se desea cubrir: adormecedor, relajante, dinamizante. Limitaciones: no es una *app*

dedicada a un tipo de paciente en particular, el idioma es francés y aunque la *app* está disponible para Android e iOS es una *app* de pago.

3. Music Therapy (Raga Therapy) en esta *app* es posible elegir diferentes categorías, en donde se seleccionan diferentes pistas dependiendo del efecto a perseguir. Limitaciones: es necesaria la conexión a internet para su correcto funcionamiento, el idioma es inglés y no incluye ninguna categoría para la enfermedad de Alzheimer.

4. Brainwaves es una *app* para relajación y aunque puede ser utilizada por personas enfermas su objetivo principal es la relajación. Limitaciones: no es una *app* dedicada para personas con algún tipo de enfermedad en particular.

5. GreyMatters aunque es una *app* dedicada específicamente para pacientes con demencia. La forma de evocar momentos y memorias es a través de un libro de la vida y aunque incluye melodías, no es una *app* de actividades de musicoterapia en específico. Además está en inglés y el contexto es totalmente diferente al latinoamericano. Disponible solo para iOS.

6. Music Therapy: Alzheimer esta *app* tiene programas dedicados de musicoterapia para personas con Alzheimer, pero estos programas son sólo una técnica de musicoterapia: la escucha de música. Además, está sólo disponible para iOS, está en inglés, necesita la conexión a internet para su correcto funcionamiento, es de pago y sólo disponible en el *store* estadounidense de *Apple*.

7. SAM Sing Along Machine esta *app* es de entretenimiento, se puede escuchar música y adaptar canciones, pero sólo está disponible para iOS, está en inglés y es de pago.

8. SingFit es una *app* que cuenta con un módulo o programa específicamente para gente con pérdida de memoria. Sirve para teléfonos inteligentes y *tablets*, esta *app* provee un entrenador de voz para guiarlo a través del canto. Pero con este módulo sólo es posible trabajar con el canto y la escucha de canciones. Otras limitaciones son que está en inglés, solo disponible

para iOS y sólo tiene un conjunto pequeño de canciones que son gratuitas, si se desean más canciones de las que no están incluidas, hay que pagar por ellas.

9. SPARK Memories Radio sólo utiliza un modelo de musicoterapia, el pasivo o receptivo y además es una *app* en idioma inglés y aunque está disponible tanto para Android como para iOS es necesaria la conexión a internet para el correcto funcionamiento de la *app*, además es de pago.

10. Vital Tones Enfermedad de Alzheimer es una *app* para estimular diferentes zonas del cerebro, pero es sólo mediante sonido. Aunque se encuentra en varios idiomas, está sólo disponible para iOS, además para tener acceso a todas las sesiones es necesario pagar.

3.3. Diferencias del trabajo relacionado con el trabajo propuesto, conjunto de aportaciones

En la sección 3.1 se describió la revisión de la literatura científica llevada a cabo en esta investigación. Sin embargo, de todo el conjunto de trabajos agrupados en la categoría de Cuidado de la salud, después del análisis realizado, se detectaron solamente 6 trabajos que están relativamente relacionados con el que aquí se propone. A continuación se presenta y profundiza en el análisis de cada uno de ellos:

Los trabajos de Nezerwa *et al.* (2014 y 2015) se centran en el desarrollo de aplicaciones móviles para plataformas Android e iOS realizadas por estudiantes. Estas aplicaciones móviles abordan esferas como las necesidades médicas, sociales y prácticas de los consumidores, así como de sus cuidadores.

- Dentro de ellas incluye la *app* ‘*Alive Inside*’ que es una *app* personalizada de música en *streaming* que está basada en el documental ganador llamado “Vivo en el interior” (*Alive Inside*), que estudia los efectos de la música en el subconsciente de los adultos mayores,

fue creado para ayudar a las personas con enfermedad de Alzheimer y demencia para mejorar su calidad de vida. Con esta *app* el equipo ofrece escucha de listas de música personalizada basada en la vida del usuario, la aplicación móvil estimula la memoria de los que sufren de Alzheimer y demencia a través de la música de su juventud. Los autores señalan que la diferencia con otras *apps* de música es que ésta ofrece al usuario listas de música personalizada basada en sus vidas personales. Esta *app* con respecto al enfoque que proponemos contiene sólo una técnica de musicoterapia, la escucha de música y aunque es música personalizada, sólo se enfoca en una sola técnica. En contraposición, el prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* hace hincapié en un enfoque holístico, esto es, integrando un conjunto de técnicas de musicoterapia y no solo una de ellas.

- Otra aplicación desarrollada por el equipo de Nezerwa es '*Pictural*' que es una aplicación orientada a los enfermos de Alzheimer y demencia para asistirlos con la terapia de reminiscencia a través del uso de imágenes familiares, fotos de familia y voces familiares. Sin embargo, esta *app* se centra en la terapia de reminiscencia y no en la musicoterapia, además aunque en la musicoterapia se emplea también la reminiscencia, haciendo alusión a la reminiscencia musical del paciente, en el caso del prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* se centra tanto en técnicas activas como pasivas de musicoterapia y no sólo una de ellas, por tanto se incluye la reminiscencia.
- Una aplicación más desarrollada por el equipo de Nezerwa es '*Total Eclipse of the Heart*' esta fue construida para los pacientes en los últimos estadios con demencia contiene escenas familiares y sonidos para ayudar con la ansiedad. Aunque esta *app* tiene ideas con relación a que la música y sonido ayudan con la demencia y el Alzheimer evocando sentimientos y sensaciones, por ejemplo los sonidos producidos por animales, esta *app* implementa solamente la escucha, una de las técnicas de musicoterapia. En el caso del prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* desarrollado también se contemplan módulos para los pacientes en los últimos estadios de la enfermedad, en concreto los módulos de escucha y relajación que sirven para ayudar a los pacientes con síntomas como la ansiedad y la agitación. Además de que el prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* integra esta técnica con otras para el apoyo de pacientes.

Los trabajos de Xenakidis *et al.* (2014, 2015) presentan el diseño y desarrollo de un sistema que tiene el objetivo de apoyar a personas con deterioro cognitivo. Utilizando la tecnología existente, el sistema presentado reemplaza parte de las herramientas actualmente disponibles, mientras al mismo tiempo puede ofrecer mejores funcionalidades. ‘*Alzminder*TM’ es una aplicación de asistencia móvil para dispositivos inteligentes como teléfonos móviles y tabletas. El primer prototipo ya fue desarrollado y contiene diversas funcionalidades como, un soporte de rutina diaria, musicoterapia y entretenimiento, recordando buenos momentos (a través de un álbum de fotografías), ejercicios de mejoramiento cognitivo entre otros. En particular la sección de musicoterapia y entretenimiento contiene música personalizada que comienza y termina con el clic de un botón. Esta aplicación ofrece apoyo a las necesidades básicas de los cuidadores y las personas con deterioro cognitivo, dando un mayor énfasis en las personas con enfermedad de Alzheimer precoz. Aunque la aplicación ‘*Alzminder*TM’ contiene un módulo de musicoterapia, solamente es escucha de música de canciones en sesiones que pueden ser programadas o bien a través de las indicaciones de los botones del teléfono móvil, en contraposición el prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* integra la técnica de escucha de canciones, además de otras técnicas para obtener una herramienta integral. Además como se mencionó anteriormente la aplicación ‘*Alzminder*TM’ se focaliza en las personas con enfermedad de Alzheimer precoz, en el caso del prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* es una herramienta que tiene la ventaja de que puede ser utilizada en cualquier estadio de la enfermedad.

Los trabajos de Reyes *et al.* (2015, 2016) involucran el desarrollo de un sistema en la nube para el apoyo a la realización de terapias no farmacológicas en pacientes con enfermedad de Alzheimer leve o moderada. El sistema propuesto está compuesto por dos componentes principales, el primero de ellos está conformado por dos aplicaciones cliente, una de ellas es una aplicación móvil que implementa un conjunto de terapias no farmacológicas para que sean ejecutadas por el paciente, bajo la orientación o supervisión del cuidador. La otra aplicación cliente, específicamente una aplicación web, está diseñada para que especialistas y cuidadores puedan guiar el proceso terapéutico y registrar el seguimiento realizado al paciente. El segundo componente del sistema utiliza infraestructura en la nube para almacenar la información que se envía desde el componente móvil. En los componentes del sistema se integran módulos basados

en diversas terapias no farmacológicas como lo son: terapia de orientación a la realidad, terapia de reminiscencia, terapia de entrenamiento cognitivo, entre otras. Aunque en los trabajos de Reyes *et al.* se incluyen varios tipos terapias no farmacológicas, no existe ningún módulo que contemple la musicoterapia, ni siquiera una de sus técnicas, en el caso del prototipo la *aplicación móvil de musicoterapia* ésta (la musicoterapia) es el tipo de terapia donde se centra el trabajo. Además aunque los trabajos de Reyes *et al.* llevan un registro del seguimiento realizado por el paciente no involucra la personalización de las terapias, característica que sí se incluye en el prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia*.

Ahora bien, como menciona Reyes *et al.* (2015) en el mundo de las aplicaciones móviles, existe una gran variedad de *apps* dirigidas a todo tipo de enfermedades y estilos de vida. La enfermedad de Alzheimer ha motivado al desarrollo de herramientas dirigidas a este tipo de demencia. Así, las personas que padecen esta enfermedad, sus cuidadores y familiares disponen de un número de aplicaciones cuyo uso permite, entre otras cosas, mejorar la autonomía del paciente y proporcionar tranquilidad y seguridad a sus familiares. En los últimos años se ha generalizado el uso de herramientas de localización GPS para todo tipo de dispositivos móviles y así mismo programas de estimulación cognitiva para retrasar la aparición de los síntomas de la enfermedad.

Sin embargo, las aplicaciones móviles enfocadas a las terapias no farmacológicas para pacientes con Alzheimer son muy pocas y menos aún en específico para la musicoterapia en estos pacientes. Como se puede observar en la sección 3.2 se realizó un análisis de las aplicaciones disponibles en el ámbito comercial y en la revisión se detectaron varias *apps* que aunque no son específicamente *apps* de musicoterapia, sí incluyen algunas actividades como el canto y la escucha de música, además hay que tener en cuenta que no todas ellas están enfocadas a pacientes con Alzheimer.

En el caso de la técnica de escucha de música y/o sonidos se encuentran varias aplicaciones, algunas de ellas contienen un solo módulo para esta actividad y otras son totalmente dedicadas a ello. Se pueden mencionar a: *Music Care*, *GreyMatters* (contiene una sección para la escucha de música), *Music Therapy:Alzheimer*, *Spark Memories Radio*, *Vital Tones EA*, *Alive Inside*, *Total*

Eclipse of the Heart y *AlzmindrTM*. Sin embargo, es conveniente resaltar que todas ellas sólo utilizan esta técnica de musicoterapia, y en el prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* se contempla tanto ésta como otras técnicas.

Existen varias *apps* enfocadas en la relajación a través de música, entre ellas se encuentran: *Music Therapy*, *Music Care*, *Raga Therapy* y *Brainwaves*, pero como en el caso de las *apps* anteriores solo aportan un solo tipo de técnica de musicoterapia.

Hay algunas *apps* disponibles para aprender música a través de cantar, entre ellas: *SAM Sing Along Machine* y *SingFit*, ambas contienen módulos específicos para personas con la enfermedad de Alzheimer, sin embargo sólo se trabaja una sola técnica de musicoterapia: el canto.

En el caso de la interpretación, improvisación se encuentra *MINWii* que es una herramienta para improvisar canciones predefinidas, pero sólo utiliza esta técnica de musicoterapia.

Otros trabajos que sirvieron para dar soporte a esta investigación son los siguientes:

El trabajo de Benveniste *et al.* (2010) sobre un proyecto llamado *MINWii* que es un juego de video orientado a pacientes con Alzheimer y con demencia, es una sencilla herramienta de terapia de música que puede ser utilizada por los cuidadores no entrenados. Su objetivo es mejorar la autoimagen de los pacientes para reducir los síntomas de comportamiento, que son una causa importante de la institucionalización. Con *MINWii*, los jugadores de edad avanzada usan *Wii* para improvisar o reproducir canciones predefinidas en un teclado virtual.

La interacción dinámica a través de interfaces reactivas en pacientes con demencia fue abordado por Laureano-Cruces *et al.* (2015) y es un trabajo en el que la interfaz reactiva permite el acceso a algunos ejercicios, e incorpora un perfil de usuario que permite predecir las posibles emociones que pueden ser experimentadas durante las sesiones de trabajo. Con el fin de lograrlo, una estructura cognitiva de las emociones se desarrolló para ser incluida en el perfil reactivo, con ello se pretende mejorar la interacción entre el sistema y el paciente.

Un proyecto que sirvió de orientación fue: *Música para “Despertar”* (Olmedo, 2014) que es un proyecto sin fines de lucro que ha conseguido dar la vuelta al mundo concientizando con algunos de sus videos, llegando a millones de personas en diferentes países. El proyecto es fundado y dirigido por Pepe Olmedo, Licenciado en Psicología en la Universidad de Granada y Máster en Psicología Clínica y de la Salud, el proyecto utiliza terapia musical para ancianos que se encuentran viviendo en hogares de adultos mayores.

Finalmente y no por eso menos importante, sino al contrario, hubo un documental que sirvió como fuente de inspiración y fundamento para este trabajo. Se trata del documental *Alive Inside* (Rossato-Bennett, 2014) en él ilustra el esfuerzo del trabajador social Dan Cohen quien brinda música a adultos mayores que viven en hogares de ancianos y muestra cómo las canciones del pasado personal de estos adultos pueden despertar memorias y emociones que han estado ‘dormidas’ por un largo periodo de tiempo.

3.3.1. La propuesta

Como puede observarse en el análisis anterior, existen algunas *apps* en el mercado y actualmente en desarrollo para el apoyo y soporte a pacientes con la enfermedad de Alzheimer, en el caso particular de México, algunas de estas *apps* no cubren el idioma español, además de que no están completamente enfocadas a programas de musicoterapia, ni tampoco algunas de ellas contemplan los estilos y costumbres de la cultura Latinoamericana. Estos inconvenientes hacen visible la necesidad de un desarrollo a la medida que contemple un enfoque integral de modelos y técnicas de musicoterapia, dedicados específicamente para pacientes con la enfermedad de Alzheimer.

La propuesta es crear un prototipo para una “*Aplicación móvil de musicoterapia*” la cual es multiplataforma y que lleva por nombre “*MusicAlz*”.

El trabajo toma en consideración algunos aspectos y características anteriormente descritos con el objetivo de proponer un artefacto que apoye a los pacientes con Alzheimer. El objetivo principal

de la herramienta es apoyar a los cuidadores y los profesionales de la salud en la terapia no farmacológica de musicoterapia en los pacientes con la enfermedad de Alzheimer.

Entre las diferencias fundamentales que se plantea esta solución, es que con respecto a los trabajos y *apps* descritas en las secciones anteriores, engloba un conjunto de técnicas de Musicoterapia en el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer. La solución como anteriormente mencionamos es desarrollar un prototipo de una “*Aplicación móvil de Musicoterapia*” y las aportaciones desde la perspectiva del desarrollo de tecnología es que esta solución es una herramienta holística de musicoterapia para el tratamiento de pacientes con la enfermedad de Alzheimer en cualquier estadio de la misma, aspecto no abordado en todos los trabajos anteriores. Sin embargo, el estudio y análisis de resultados sólo se contempló para pacientes con la enfermedad en las etapas leve a moderada que asisten a centros de día. Existen además algunos otros elementos que sería conveniente mencionar, por ejemplo en esta propuesta se incluye la personalización (no sólo en las listas de canciones, sino en las canciones sugeridas con base en los gustos del paciente y en las interfaces gráficas desarrolladas para la mejor utilización), detalle importante que en algunas de las *apps* descritas no se contempla. Por otro lado, se lleva un registro de las actividades realizadas y se contempla un módulo de resultados que incluye gráficas de seguimiento de los avances en sus tareas. Además, se incluye un módulo afectivo que tiene inmerso una estructura cognitiva de las emociones, esto brinda una opción de retroalimentación al paciente para que logre realizar todas las tareas planteadas en cada una de las sesiones de terapia. Por otro lado, cabe mencionar que varias de las formas de evaluación de las actividades de musicoterapia en la forma tradicional son llevadas a cabo posteriormente a las sesiones; en cambio, con una herramienta como la que se propone, el registro de las actividades y la evaluación de las mismas es en el momento de la ejecución, permitiendo llevar un registro más puntual. Otra ventaja de esta herramienta es que el trabajo puede realizarse “fuera de línea” es decir no es necesaria la conexión a internet para la utilización correcta de la aplicación, ya que toda la información está dentro de la misma y los resultados son almacenados en el dispositivo móvil. Aunado a lo anterior, con el poder de los dispositivos ubicuos la musicoterapia se centrará en la persona, brindando una terapia personalizada a través del uso de sus canciones preferidas y actividades enfocadas, esto podría facilitar la interacción con el paciente.

El prototipo desarrollado estará disponible para descarga gratuita, por tanto desde la perspectiva económica como desde el riesgo o efectos secundarios a los que se somete al paciente, la utilidad es alta, ya que este desarrollo es muy accesible a grandes poblaciones de personas sin que suponga un incremento en el costo de implantación en un centro de día, una residencia o una clínica diaria.

A manera de síntesis se puede mencionar que el contexto en el que se desarrolla la investigación se centra en la Musicoterapia y el Alzheimer, en la que se han buscado plataformas y aplicaciones móviles que integren técnicas de musicoterapia. Existen diversas técnicas de musicoterapia, algunas de ellas son: el canto, relajación, movimiento, interpretación, improvisación, escucha de música y sonidos entre otras. En la Figura 17 se muestra el mapa del estado del arte, existen diversas investigaciones y desarrollo de *apps* en estas técnicas. Sin embargo, la propuesta que se hace no ha sido abordada por alguno de los autores que se analizaron en este capítulo. Los recuadros en naranja se muestran las *apps* desarrolladas para la técnica de canto, el recuadro gris ilustra las *apps* desarrolladas para la técnica de relajación, el recuadro en azul muestra la *app* en desarrollo para la técnica de improvisación / interpretación, el recuadro en color verde ilustra las *apps* desarrolladas para la técnica de escucha de música y/o sonidos, como puede observarse no se encontró ninguna *app* para la técnica de movimiento. En morado se muestra la propuesta que se realiza la cual implica un enfoque holístico de todas las técnicas de musicoterapia que mencionamos anteriormente. Estas técnicas se intersectan con la integración de una aplicación móvil como un mecanismo de apoyo a las pacientes de Alzheimer.

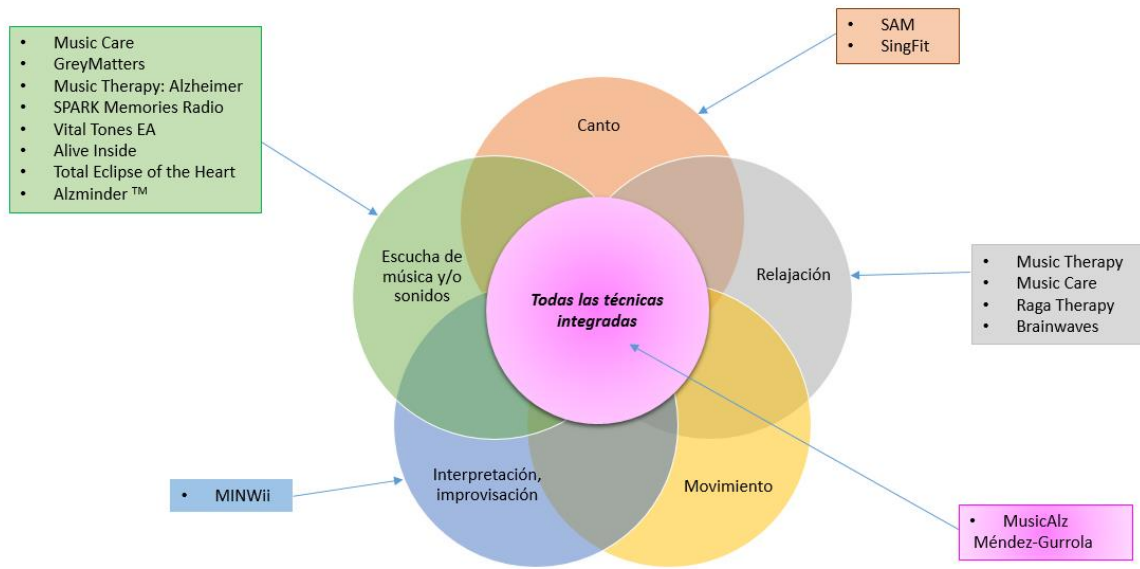


Fig. 17. Técnicas y apps consideradas en el estado del arte de la investigación (Méndez, 2016).

Capítulo 4: Análisis y diseño de la aplicación

Esta tesis tiene como actividad central el uso de las tecnologías móviles sobre *e-Salud (e-Health)* y es importante mencionar que la motivación de este proyecto nace con la necesidad de promover el bienestar y la independencia de las personas que sufren diversos tipos de limitaciones debido a la enfermedad de Alzheimer. En el presente capítulo se describen tanto la metodología utilizada, así como las fases de análisis y diseño para el desarrollo del prototipo de la aplicación móvil de musicoterapia propuesta.

4.1. Metodología para el desarrollo de la aplicación móvil

Para llevar a cabo este proyecto se realizó una adaptación de la metodología Mobile-D. La metodología Mobile-D se desarrolló como parte de un proyecto finlandés, ICAROS. Para conocer más con relación a la metodología consultar Mobile-D (2016). La aproximación de Mobile-D se ha apoyado en muchas otras soluciones conocidas y consolidadas: *eXtreme Programming (XP)*, *Crystal methodologies* y *Rational Unified Process (RUP)*. Los principios de programación extrema se han reutilizado en lo que se refiere a las prácticas de desarrollo, las metodologías *Crystal* proporcionaron entradas o inicios muy valiosos en términos de la escalabilidad de los métodos y el RUP es la base para el diseño completo del ciclo de vida.

El ciclo del proyecto en la metodología Mobile-D se divide en cinco fases: exploración, inicialización, “productización”, estabilización y prueba del sistema (Figura 18). En general, todas las fases (con la excepción de la primera fase exploratoria) contienen tres días de desarrollo distintos: planificación, trabajo y liberación. Se añaden días para acciones adicionales en casos particulares (se necesitarán días para la preparación del proyecto en la fase de inicialización, por ejemplo).



Fig. 18. Ciclo de desarrollo de la metodología Mobile-D (traducido de Mobile-D, 2016).

A continuación se menciona brevemente en qué consiste cada una de las fases de la metodología Mobile-D de acuerdo a Blanco *et al.* (2009):

La fase de exploración, siendo ligeramente diferente del resto del proceso de producción, se dedica al establecimiento de un plan de proyecto y los conceptos básicos por lo tanto, se puede separar del ciclo principal de desarrollo. Los autores de la metodología ponen además especial atención a la participación de los clientes en esta fase.

Durante la fase de inicialización, los desarrolladores preparan e identifican todos los recursos necesarios. Se preparan los planes para las siguientes fases y se establece el entorno técnico (incluyendo el entrenamiento del equipo de desarrollo). Los autores de Mobile-D afirman que su contribución al desarrollo ágil se centra fundamentalmente en esta fase, en la investigación de la línea arquitectónica. Esta acción se lleva a cabo durante el día de planificación. Los desarrolladores analizan el conocimiento y los patrones arquitectónicos utilizados en la empresa (extraídos de proyectos anteriores) y los relacionan con el proyecto actual. Se agregan las

observaciones, se identifican similitudes y se extraen soluciones viables para su aplicación en el proyecto. Finalmente, la metodología también contempla algunas funcionalidades nucleares que se desarrollan en esta fase, durante el día de trabajo.

En la fase de "productización" se repite la programación de tres días (planificación-trabajo-liberación) se repite iterativamente hasta implementar todas las funcionalidades. Primero se planifica la iteración de trabajo en términos de requisitos y tareas a realizar. Se preparan las pruebas de la iteración de antemano (de ahí el nombre de esta técnica de *Test-Driven Development, TDD*). Las tareas se llevan a cabo durante el día de trabajo, desarrollando e integrando el código con los repositorios existentes. Durante el último día se lleva a cabo la integración del sistema (en caso de que estuvieran trabajando varios equipos de forma independiente) seguida de las pruebas de aceptación.

En la fase de estabilización, se llevan a cabo las últimas acciones de integración para asegurar que el sistema completo funciona correctamente. Esta es la fase más importante en los proyectos multi-equipo con diferentes subsistemas desarrollados por equipos distintos. En esta fase, los desarrolladores realizan tareas similares a las que deben desarrollar en la fase de "productización", aunque en este caso todo el esfuerzo se dirige a la integración del sistema. Adicionalmente se puede considerar en esta fase la producción de documentación.

La última fase (prueba y reparación del sistema) tiene como meta la disponibilidad de una versión estable y plenamente funcional del sistema. El producto terminado e integrado se prueba con los requisitos del cliente y se eliminan todos los defectos encontrados.

Existen diversos proyectos que han sido llevados a cabo con esta metodología, se pueden encontrar varios desarrollos y casos de estudio en la página oficial de Mobile-D. Además un análisis de diversas metodologías en particular Mobile-D contra otras de desarrollo ágil se comparan en los trabajos de Amaya Balaguera, 2013; Blanco *et al.*, 2009; y Flora *et al.*, 2014. En ellos se menciona por qué es importante incorporar metodologías ágiles al desarrollo de aplicaciones móviles.

La adaptación realizada para llevar a cabo este proyecto se muestra en la Figura 19. El esquema consta de las cinco etapas que componen la metodología Mobile-D: exploración, inicialización, “productización”, estabilización, y finalmente prueba y reparación del sistema.

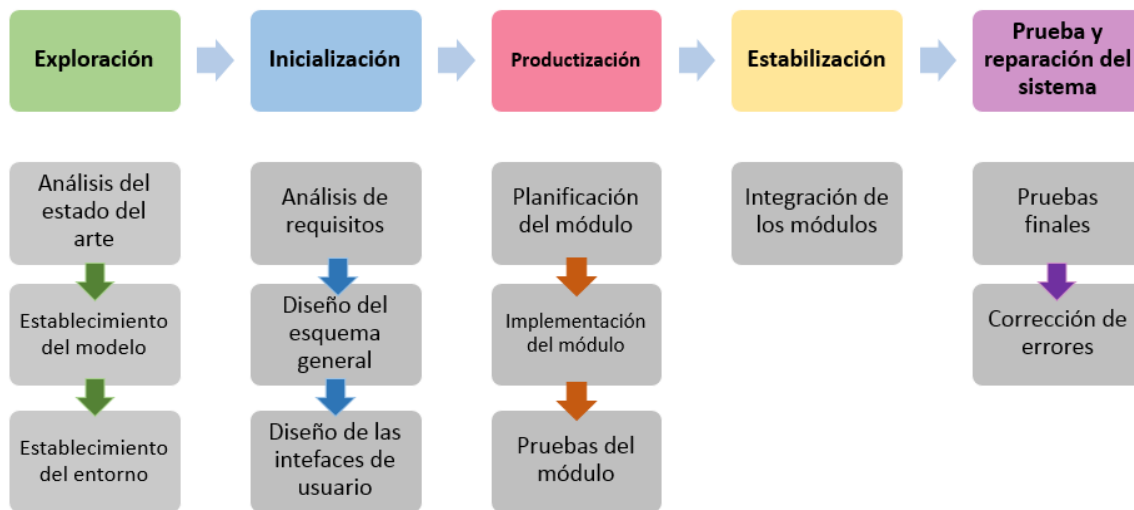


Fig. 19. Ciclo de desarrollo adaptado de Mobile-D (Méndez, 2016).

Durante la fase de exploración se realizó un análisis del estado del arte y de los principales problemas a resolver en la propuesta de solución, especialmente problemas que afectan a toda la aplicación, como son: la arquitectura y las técnicas a utilizar. Además, de establecer los conceptos básicos y el modelo que se propone donde se enmarca la solución.

En la fase de inicialización, se efectuó un análisis de requisitos de los usuarios que derivan en los requisitos funcionales del sistema. Se especificaron además los módulos que deben implementarse para que la aplicación móvil cumpla las funcionalidades definidas, así como el diseño de las interfaces de usuario.

La tercera fase, “productización”, se itera constantemente hasta concluir todos los módulos. En cada una de esas iteraciones se lleva a cabo la planificación del módulo especificado, su

implementación y finalmente se realizan una serie de pruebas sobre él para verificar su correcto funcionamiento.

Durante la fase de estabilización se realiza la integración de todos los módulos desarrollados.

Finalmente, durante la fase de prueba y reparación del sistema se realizan las pruebas finales del mismo como un conjunto con las correspondientes correcciones en caso de que éstas fueran necesarias.

En las secciones 4.2, 4.3 y 4.4 se describen tanto el análisis como el diseño del prototipo de la aplicación móvil y las interfaces gráficas de usuario.

4.2. Análisis de la aplicación móvil

En el capítulo 3 se llevó a cabo el análisis del estado del arte, en el cual se destacó el área de oportunidad en el desarrollo de aplicaciones móviles de musicoterapia para el tratamiento de pacientes con la enfermedad de Alzheimer.

En esta sección se realiza el establecimiento del modelo y del entorno en el cual se desarrolla esta investigación.

4.2.1. Establecimiento del contexto

La aplicación móvil de musicoterapia es una herramienta que toma en consideración dos dominios: Alzheimer y Musicoterapia. Estos dominios no se consideran como áreas aisladas sino que se intersectan para dar fundamento a la aplicación desarrollada. (Ver Figura 20).

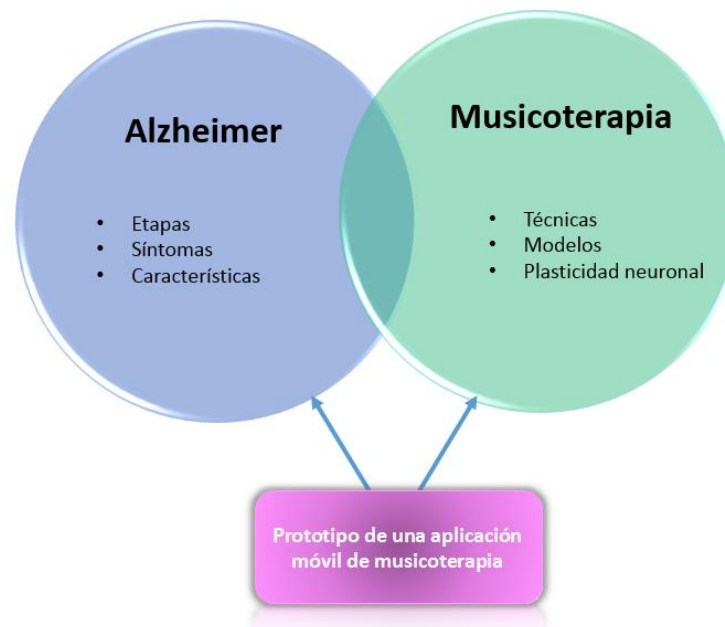


Fig. 20. Dominios relacionados con el prototipo de la aplicación móvil (Méndez, 2016).

Los dominios relacionados son:

- Alzheimer: se trata sobre la información y conocimiento de la enfermedad. Para más detalles ver sección 2.1.
- Musicoterapia: base de técnicas, modelos y metodologías sobre musicoterapia. Para más detalles ver sección 2.2.

Además:

- Tecnología: abarca el empleo de las TIC y los desarrollos sobre *e-Salud* y *m-Salud*. Para más detalles ver sección 2.3.

Como puede observarse en la Figura 20 se consideran en este proyecto dos amplios dominios como lo son el Alzheimer y la Musicoterapia, y lo que se propone es crear un artefacto que involucre ambos dominios, en concreto el prototipo de una *aplicación móvil de musicoterapia* para apoyar a los pacientes con enfermedad de Alzheimer.

4.2.2. Establecimiento del entorno

Como lo menciona Sánchez de Antuñano (2006) el entorno, o sea la realidad existente que me rodea y que comparto con todo lo vivo, es uno. La realidad terrestre, los artefactos, los seres humanos, el clima, las plantas y otros animales y más, son el entorno humanizado, la geografía humanizada, la realidad terrestre humanizada, las relaciones con otros seres vivos humanizadas. Los seres humanos diseñamos (modificamos nuestro entorno) a través de proyectos (lo que aún no está ahí) todo aquello que promueva nuestras acciones, y la manera particular de hacer estas acciones.

James J. Gibson mencionado en (Sánchez de Antuñano, 2006) describe “el concepto de entorno como el entorno-environment incluye lugares, superficies, organización, movilidad, eventos, animales, gente, objetos y artefactos como aquello que percibo abierta a la acción en lo que me rodea”.

Los entornos pueden ser internos o externos y existe un traslape de unos sobre otros, los entornos internos influyen en los entornos externos y viceversa (Figura 21).

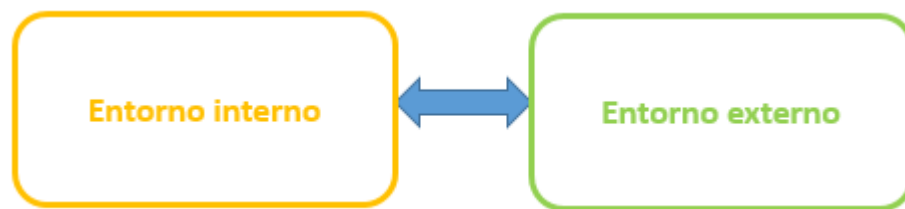


Fig. 21. Interacción entre los entornos interno y externo (Méndez, 2016 información Sánchez de Antuñano, 2006).

Sánchez de Antuñano (2006) sugiere que el objeto de estudio del diseño es fundamentalmente la modificación de entornos específicos con el propósito de que éstos apoyen de la manera más satisfactoria a las acciones humanas. Esto es, se modifican entornos específicos introduciendo nuevas propuestas de artefactos.

Con esta idea en mente es que se creó el prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* (Ver Figura 22).

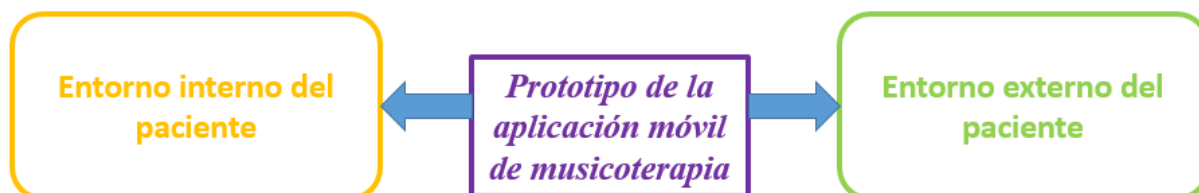


Fig. 22. Propuesta de la introducción de un nuevo artefacto (Méndez, 2016).

En una sesión de musicoterapia tradicional son necesarios al menos tres elementos: un lugar físico, material necesario y equipamiento mínimo. A continuación se mencionan brevemente cada uno de ellos de acuerdo a Mateos (2009). En cuanto al lugar físico es una sala de trabajo donde los pacientes realizan las actividades de las sesiones de musicoterapia al tiempo que se relacionan con los demás, según Mateos si se logra asociar esta sala a emociones positivas, las sesiones se encadenarán mejor unas con otras y serán percibidas como un continuo. Por otro lado, los materiales de trabajo en musicoterapia son muy variados. Es necesario tener en cuenta que para que sean un medio efectivo de intervención han de gustarle a los destinatarios y han de estar adaptados a sus capacidades. Como instrumento principal para el uso del musicoterapeuta es preferible disponer de un instrumento armónico -piano, guitarra, violín, etc.- además de su propia voz. Finalmente según Mateos en la parte de equipamiento, suele dividirse en mínimo, adecuado y óptimo. El equipamiento mínimo abarca al menos un instrumento líder para el musicoterapeuta (guitarra, piano, etc) y un instrumento de percusión por participante, además de un equipo de música. Paulatinamente se tendrá que ir elaborando un cancionero con las canciones preferidas de cada persona que acude a las sesiones de musicoterapia, y se irán compilando las grabaciones correspondientes a esas canciones.

Mateos (2009) afirma que en definitiva, existen muchos recursos musicoterapéuticos que además están aumentando exponencialmente gracias al desarrollo de las nuevas tecnologías. Y es aquí donde se introduce la propuesta, modificar el entorno externo donde se desarrollan las sesiones de

musicoterapia, ingresando un nuevo elemento de apoyo, un prototipo de una *aplicación móvil de musicoterapia (MusicAlz)*, la cual es un artefacto que brinda apoyo a las sesiones de musicoterapia para de esta manera tratar de actuar en el entorno externo en el que se desenvuelve el paciente. Este prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* engloba un enfoque diferente que ofrece una nueva forma de interacción del paciente y su entorno externo.

Cabe señalar que aunque las sesiones de musicoterapia son llevadas a cabo en una sala de trabajo como ya se mencionó anteriormente, existen otros entornos externos donde puede ser utilizado el prototipo de la aplicación móvil, estos otros entornos externos se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Entornos externos de utilización del prototipo la aplicación móvil de musicoterapia (Méndez, 2016).

Entornos externos	Descripción
Hospital de día y centro de día	El hospital de día y el centro de día son un servicio diurno, integrado en la comunidad y en los diferentes recursos existentes. Ofrecen atención mientras la persona sigue viviendo en su domicilio, disminuye el peso de la carga familiar, mejora la calidad de vida del paciente, facilita el alta hospitalaria y retarda o evita la institucionalización prematura.
Domicilio	El domicilio es el entorno habitual del paciente y en éste se procura que permanezca el mayor tiempo posible, teniendo cubiertas todas las necesidades que se plantean en las distintas etapas de la enfermedad.
Residencia	La residencia es un: “Centro gerontológico abierto de desarrollo personal y atención socio-sanitaria interprofesional en el que viven temporal o permanentemente personas mayores con algún grado de dependencia” (IMSERSO, 1995) citado en (Yanguas <i>et al.</i> , 2007).

Como menciona Sánchez *et al.* (2015) la enfermedad de Alzheimer y otras enfermedades crónicas supone un importante desafío que puede ser abordado con las extraordinarias capacidades de los teléfonos inteligentes: portabilidad, flexibilidad y variedad de funciones.

Por lo cual, una de las ventajas de las soluciones *m-Salud* es la ubicuidad, ya que estas soluciones implantadas en dispositivos móviles pueden ser utilizadas tanto en centros de día, hospitales de día, residencias incluso en el domicilio, este proyecto busca particularmente la atención de los pacientes en centros de día (un centro de día que nos ha brindado apoyo es “Alzheimer México, I.A.P: Una esperanza de vida” y un posible centro que pudiera estar interesado sería “Secuoya Centro de Día”, ambos en la Ciudad de México), pero el prototipo desarrollado de la aplicación móvil puede ser utilizado también en el domicilio, o en cualquier entorno externo anteriormente mencionado.

4.2.3. Tipos de usuarios a los que van dirigidos los programas de musicoterapia

De acuerdo a Mateos *et al.* (2012) el perfil idóneo de usuario de sesiones de musicoterapia es aquella persona con Enfermedad de Alzheimer que más necesita apoyo socio-emocional para afrontar las dificultades inherentes a su enfermedad. Y en general, cualquier persona con alteraciones en la atención, la memoria, el lenguaje y la motricidad pueden beneficiarse de esta terapia. Igualmente es muy recomendable que puedan participar en los programas de musicoterapia aquellas personas que se encuentren en las primeras fases de la enfermedad.

Aunque la musicoterapia puede aplicarse a pacientes en cualquier estadio de la enfermedad de Alzheimer, el perfil en el cual nos enfocamos en este trabajo de investigación es sobre pacientes con la enfermedad de Alzheimer en centros de día en las etapas de leve a moderada.

4.3. Diseño y esquema general del prototipo de la aplicación móvil

Retomando a David Aldridge (2005) en su investigación muestra algunas iniciativas para el trabajo terapéutico con personas que sufren demencia mencionando que el trabajo se puede realizar de forma grupal o individual, utilizando técnicas de canto, escucha musical, improvisación o movimiento corporal.

El prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* ha sido diseñado para pacientes que sufren cualquier etapa de la enfermedad de Alzheimer, con esto en mente se han propuesto 6 módulos que contemplan diversas técnicas de musicoterapia, incluyendo las descritas por David Aldridge. El esquema general de la aplicación móvil se muestra en la Figura 23.

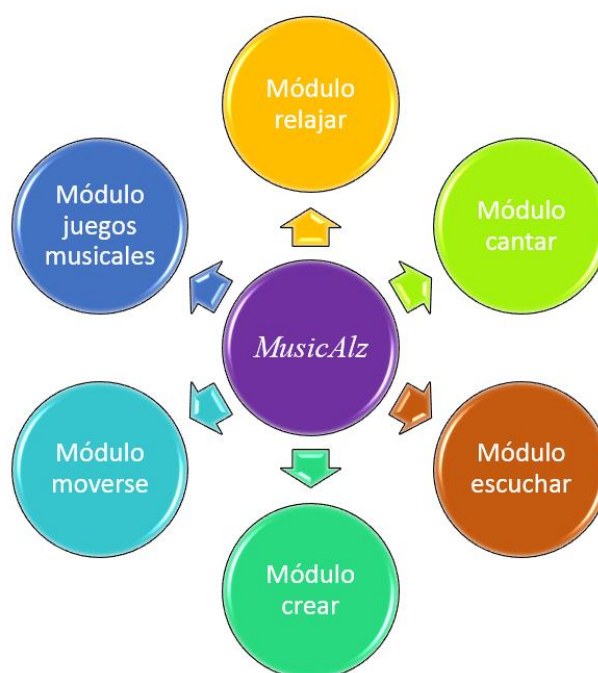


Fig. 23. Esquema general del prototipo de la aplicación móvil de musicoterapia (Méndez, 2016).

Los módulos propuestos establecen un plan de tratamiento integral individualizado, en cada una de las fases de la enfermedad, atención terapéutica continuada en los aspectos físicos, psíquicos y sociales. Los módulos en esta aplicación tienen una versión individual que permite a un paciente entrenar él solo o con la ayuda del cuidador o terapeuta.

De acuerdo a Martín (2011) en musicoterapia se utilizan tanto técnicas activas como receptivas. Dentro de las primeras, están las diferentes técnicas de improvisación, canto, creación y composición de canciones, actividades de movimiento y baile, así como audiciones activas. Dentro de las segundas, están las técnicas de relajación, envolturas sonoras, escucha de música grabada, ensueños dirigidos, GIM/Música e imagen guiada, entre otras.

En el prototipo de la aplicación móvil se han considerado tanto técnicas activas como receptivas. En cuanto a las técnicas activas se han diseñado cuatro módulos, a) Módulo cantar, b) Módulo crear, c) Módulo moverse y) Módulo juegos musicales. Para las técnicas pasivas se han creado dos módulos: d) Módulo escuchar y e) Módulo relajar.

4.3.1. Áreas de desarrollo del paciente

Estos 6 módulos abarcan y estimulan varias áreas de desarrollo del paciente. Como se mencionó en el capítulo dos sección 2.2 existen básicamente 4 áreas principales donde influyen los tratamientos no farmacológicos, las áreas: cognitiva, conductual, socio-emocional y físico-motriz. Además en la sección 2.2.2 se describieron algunos de los beneficios de la musicoterapia en estas 4 áreas de acuerdo a diversos autores.

Adicionalmente, en el trabajo de Mateos *et al.* (2012) realizan una clasificación de 4 áreas principales para crear un sistema de evaluación musicoterapéutica, este sistema está enfocado en particular para los pacientes que padecen Alzheimer y otras demencias. Las áreas que definen en el sistema de evaluación son: psicomotriz, comunicación y lenguaje, perceptivo-cognitiva, y

socio-emocional, además realizan una revisión de diversos autores en todas las áreas, haciendo hincapié en mostrar relación entre el Alzheimer y la musicoterapia y cómo ésta ha tenido una influencia positiva. En las Tablas 11, 12, 13 y 14 se resumen los resultados de la investigación de estos autores. Se retoman estas cuatro áreas descritas por Mateos *et al.* para el desarrollo del prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia*.

Tabla 11. Influencia de la musicoterapia en pacientes con Alzheimer en el área psicomotriz (Matos *et al.*, 2012).

Área psicomotriz
<p>La musicoterapia puede ofrecer a las personas con Enfermedad de Alzheimer una oportunidad de reactivar habilidades psicomotoras de muy diversa índole que pueden estar mermadas o aparentemente desaparecidas. Bailar, compartir instrumentos, cantar, participar de una danza folclórica, etc. pueden ser oportunidades excelentes para activar el cerebro psicomotor de estas personas de una forma normalizada y motivadora (Matos <i>et al.</i>, 2012).</p> <p>Existen diversas investigaciones que han detectado correlaciones de mejora en la salud física de las personas con Enfermedad de Alzheimer cuando participan de sesiones de musicoterapia de forma sistemática (Lindenmuth, G., Patel, M., Chang, P., 1992), (Clair A, Tebb S, Bernstein B., 1994), (Ragneskog H, Brane G, Karlsson I, Kihlgren, M., 1996), (Fukui H, Toyoshima K., 2008), (Okada K, Kurita A, Takase B, Otsuka T, Kodani E, Kusama Y, Atarashi H, Mizuno K., 2009).</p>

Tabla 12. Influencia de la musicoterapia en pacientes con Alzheimer en el área de comunicación y lenguaje (Matos *et al.*, 2012).

Área de comunicación y lenguaje

La Musicoterapia encuentra múltiples posibilidades de trabajo en el desarrollo de la comunicación y el lenguaje en cualquier persona que participe en un programa orientado hacia esta área.

Entre los beneficios más frecuentes que aporta la musicoterapia a la comunicación y lenguaje de las personas con Enfermedad de Alzheimer están los siguientes:

- Aumento de la intencionalidad comunicativa y recuperación de formatos comunicativos (Smith-Marchese, K. (1994), (Clair, A. Ebberts, A., 1997).
- Aprendizaje y recuerdo de nuevas palabras (Prickett y Moore, 1991).
- Mejora del contenido y de la fluidez del lenguaje (Brotons y Koger, 2000).
- Mejora de la autorregulación comunicativa
- Disminución de las interrupciones verbales (1994).
- Aumento de la interacción verbal de personas con Enfermedad de Alzheimer: (Bannan N, 2008), (Beyer M., 2008).
- Etc.

Tabla 13. Influencia de la musicoterapia en pacientes con Alzheimer en el área perceptivo-cognitiva (Matos *et al.*, 2012).

Área perceptivo-cognitiva

En la intervención musicoterapéutica orientada a la estimulación perceptivo-cognitiva incluye una serie de técnicas que tienen como objetivo mantener y/o mejorar las capacidades cognitivas y perceptivas y así lograr una mayor autonomía personal.

Los programas de estimulación y actividad perceptivo-cognitiva a través de actividades musicales se centran en activación y/o mantenimiento de diferentes capacidades cognitivas. En éste tipo de programas musicoterapéuticos de entrenamiento cognitivo se incluyen actividades musicales de estimulación de la memoria, la comunicación verbal, el reconocimiento, la coordinación, la atención y escucha mantenida, etc.

En este tipo de intervenciones se estimulan una serie de procesos cognitivos básicos tales como la atención, percepción, memoria, lenguaje, orientación, etc. Por ejemplo, se puede trabajar la percepción ya que las actividades musicoterapéuticas se pueden encaminar a ejercitar la capacidad de analizar y discriminar la información y favorecer la agilidad perceptiva mediante la discriminación de sonidos, localización auditiva y visual, elementos de figura-fondo, etc.

Existen estudios de investigación que se centran en cómo la intervención musicoterapéutica favorece el aprendizaje, activa y desarrolla la memoria en personas con Enfermedad de Alzheimer: (Bruer RA, Spitznagel E, Cloninger CR., 2007), (Provencher V, Bier N, Audet T, Gagnon L., 2009).

Tabla 14. Influencia de la musicoterapia en pacientes con Alzheimer en el área socio-emocional
(Matos *et al.*, 2012).

Área socio-emocional
<p>El desarrollo de las habilidades socio-emocionales en personas con Enfermedad de Alzheimer permite, en fases iniciales y moderadas de la enfermedad, un mejor afrontamiento y aceptación de la enfermedad y una mejora en su bienestar personal y social, reduciendo considerablemente la sintomatología depresiva y de ansiedad, así como los problemas conductuales.</p> <p>Como ya comentamos en el capítulo 2 de la presente obra, existen muchas evidencias de la eficacia de la Musicoterapia para la atención a las variables socio-emocionales y conductuales de los personas con Enfermedad de Alzheimer. Algunos de estos estudios de investigación analizan el efecto de la musicoterapia en el tratamiento de los síntomas conductuales y psicológicos de la demencia (BPSD) (Raglio, 2008). O de alguno de ellos, como el estudio de investigación de Guetin, por ejemplo, que analiza el impacto de la musicoterapia en la ansiedad, en la depresión de personas con Enfermedad de Alzheimer y en el sentimiento de estrés, de estar “quemado” de los cuidadores. Otros estudios como la investigación de Ledger y Baker (2007), sugieren que la intervención musicoterapéutica a largo plazo reduce los niveles de agitación de las personas con Enfermedad de Alzheimer. Estos factores y otros repercuten en el bienestar tanto de las personas con Enfermedad de Alzheimer como de sus familiares: (Cohen, D. Eisdorfer, C., Gorelick, P, Pavez, G., Luchins, D. J. Freels, S., Ashford, J. W, Semla, X., Levy, P., Hirshman, R.,1993), (Brotons M, & Pickett-Cooper, 1996), (Clair A (1996), (Radocy, R. & Boyle, J. D., 1997), (Bonanomi, C, & Gerosa, M. C., 2002), (Takahashi, T. Matsushita, H., 2006), (Sung HC, Chang AM, Abbey J., 2006), (Ledger AJ, Baker FA., 2007), (Raglio A, Bellelli G, Traficante D, Gianotti M, Ubezio MC, Villani D,Trabucchi M., 2008), (Massimi M, Berry E, Browne G, Smyth G, Watson P, Baecker RM., 2008), (Guetin S, Portet F, Picot MC, Pommié C, Messaoudi M, Djabelkir L, Olsen AL, Cano MM, Lecourt E, Touchon J. 2009).</p>

En la Tabla 15 se muestra el emparejamiento de los módulos del prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* con relación a las áreas que se trabajan, estas cuatro áreas de desarrollo involucran las diferentes competencias que estos pacientes pueden llegar a desempeñar.

Tabla 15. Módulos y áreas que se trabajan en cada uno (Méndez, 2016).

Módulos / Áreas	Psicomotriz	Comunicación y Lenguaje	Perceptivo-Cognitiva	Socio-Emocional
Cantar	X	X	X	X
Juegos musicales		X	X	X
Crear			X	
Moverse	X	X	X	
Escuchar	X	X	X	X
Relajar		X	X	X

4.3.2. Roles de aplicación

Existen en la aplicación móvil 5 roles identificados: paciente en etapa leve, paciente en etapa moderada, paciente en etapa grave, cuidador y profesional de la salud. Estos roles fueron identificados y definidos de acuerdo a las etapas de la enfermedad de Alzheimer, las cuales fueron descritas en la sección 2.1.1. Los roles determinan qué funciones pueden realizar dentro del prototipo de la aplicación móvil y a su vez la información que pueden visualizar dentro de la misma (Ver Tabla 16).

Para cada rol se establecieron los módulos del prototipo de la aplicación móvil que puede utilizar, en el caso de los pacientes se toma en cuenta la etapa de enfermedad en que se encuentren.

Tabla 16. Módulos a utilizar por cada rol (Méndez, 2016).

Rol	Módulos a utilizar
Paciente en etapa leve	Para estos pacientes que aún conservan casi todas sus capacidades, sólo que un poco disminuidas, podrán utilizar los 7 módulos del prototipo de la aplicación móvil (cantar, escuchar, crear, moverse, relajar, juegos musicales y resultados).
Paciente en etapa moderada	Para estos pacientes que sus capacidades y facultades ya están más mermadas, podrán utilizar 4 módulos del prototipo de la aplicación móvil (cantar, escuchar, moverse y relajar).
Paciente en etapa grave	Para estos pacientes que son casi totalmente dependientes de su cuidador, podrán utilizar sólo 2 módulos del prototipo de la aplicación móvil (escuchar y relajar).
Cuidador	Podrá acceder a la información del perfil del paciente y al módulo de resultados.
Profesional de la salud	Podrá acceder a la información de perfil de los pacientes y revisar el módulo de resultados, esto con el objetivo de poder dar un seguimiento y control del avance de la enfermedad.

4.3.3. Modelo de interacción

El prototipo de la aplicación móvil fue diseñado para cubrir las tres etapas de la enfermedad de Alzheimer (Leve, Moderada, Grave) de acuerdo a la clasificación descrita en la sección 2.1.1, punto importante del desarrollo de este trabajo, ya que ninguna de las herramientas analizadas lo contempla.

Los módulos del prototipo de la aplicación estarán visibles u ocultos de acuerdo a la etapa en la cual se encuentra el paciente de acuerdo a la Tabla 16. El paciente antes de utilizar el prototipo de la aplicación cuenta con un diagnóstico previo hecho por los profesionales de la salud, por tanto

cuando se utiliza por primera vez el prototipo, en el registro de la información del paciente se especifica la etapa en la cual se encuentra, esta información sirve para habilitar o deshabilitar los módulos específicos. En la Figura 24 se muestra la disponibilidad de los módulos de acuerdo a los roles de los pacientes.

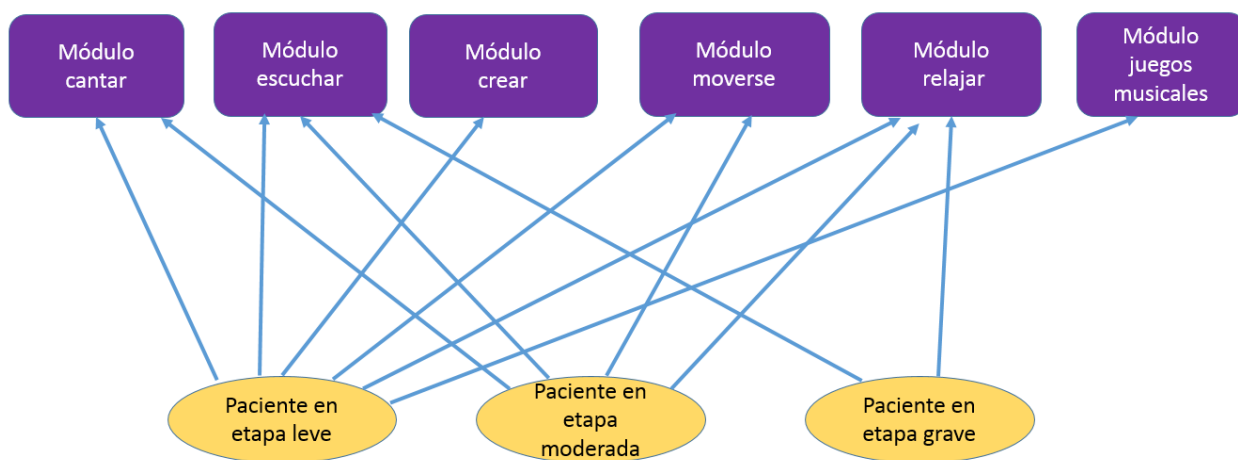


Fig. 24. Modelo de interacción de módulos del prototipo de la aplicación móvil de musicoterapia (Méndez, 2016).

Adicionalmente a estos 6 módulos de musicoterapia se han añadido dos módulos más, el primero de ellos es el módulo de resultados y el segundo un módulo afectivo.

4.3.4. Tareas y su evaluación

En este trabajo definimos una tarea como una secuencia de actividades que un usuario sigue para conseguir su objetivo.

Para cada uno de los módulos se plantean diferentes tareas, compuestas por un conjunto de actividades. En la Tabla 17 se describen las tareas a realizar en cada módulo.

Tabla 17. Módulos y tareas a realizar (Méndez, 2016).

Módulo	Tarea	Tiempo aproximado
Cantar	Grabación de 5 canciones	20 min
Juegos musicales	Realización de 1 juego	15 min
Escuchar	Escuchar 5 canciones	20 min
Relajar	Escuchar 1 bloque de relajación	25 min
Crear	Creación de 5 melodías	20 min
Moverse	Realización de 5 ejercicios	20 min

El tiempo de las sesiones de musicoterapia en la modalidad tradicional es flexible. Una estimación orientativa puede ser 50 minutos para sesiones de grupo, y 30 para sesiones individuales (Mateos *et al.*, 2012). Esta referencia ha servido para establecer el conjunto de actividades que se pueden realizar en cada tarea de cada uno de los módulos, se contempla que el uso máximo de la herramienta será de 30 minutos por sesión, puesto que es una intervención individual.

Ahora bien, para la evaluación de cada actividad se tomó en cuenta en qué grado la actividad fue completada (Ver Tabla 18), se ha definido el siguiente criterio:

Tabla 18. Puntuación de las actividades (Méndez, 2016).

Grado de realización	Puntos
Actividad completada	10
Actividad realizada en forma parcial	5
Actividad no realizada	0

4.3.4.1 Marco de evaluación para las competencias de desarrollo

De acuerdo a (Mateos *et al.*, 2012) la evaluación y la intervención forman una unidad en el trabajo en musicoterapia. En la forma tradicional cada sesión se evalúa mediante una ficha individual en la que se registran las conductas más significativas, generalmente estas fichas son llenadas al final de cada sesión manualmente por el musicoterapeuta.

Mateos Hernández, del Moral Marcos y San Romualdo Corral (2012) elaboraron el Sistema de Evaluación Musicoterapéutica para Personas con Alzheimer y otras Demencias (SEMPA), el cual es un sistema que trata de evaluar las áreas adaptativas del desarrollo más susceptibles de ser trabajadas en las sesiones de musicoterapia con personas con Enfermedad de Alzheimer u otras demencias.

En el SEMPA se seleccionaron y elaboraron diversos ítems que detectan las competencias de desarrollo en cada una de las cuatro áreas propuestas. Para la evaluación de cada ítem se dispone de caracterizaciones (opciones), éstas fueron establecidas en 6 categorías de respuesta que reflejan dos variables:

- Grado de consecución del ítem:
 - Sí, siempre.
 - Sí, a veces.
 - No.
- Necesidad/ no necesidad de ayuda para su consecución:
 - "Sin mediación" (SM).
 - "Con mediación" (CM).

Las 6 categorías quedan especificadas en la Tabla 19.

Tabla 19. Categorías de evaluación de competencias (Matos *et al.*, 2012).

Sí siempre		A veces		No	
SM	CM	SM	CM	SM	CM

En el caso del prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* la evaluación de cada ítem se lleva a cabo sólo mediante las mismas categorías de respuesta, pero sólo se especifican ciertos ítems que es posible evaluar en cada uno de los módulos.

En el SEMPA los diversos ítems fueron clasificados como ya se mencionó en 4 áreas y cada ítem dispone de un código asociado.

Por ejemplo:

Tabla 20. Ejemplo de ítem y código asociado (Matos *et al.*, 2012).

Código	Ítem
CL 1.2.a	Dirige voluntariamente la atención hacia estímulos comunicativamente significativos del musicoterapeuta

En este ítem, CL se refiere al Área de Comunicación y Lenguaje, el 1 es el subárea primera denominada *Funciones básicas de la comunicación*, el 2 se refiere a la dimensión o competencia denominada *Atención a la comunicación*, y por último, la letra "a" se refiere al ítem número 1.

Se ha explicado brevemente cómo están clasificados los ítems en el SEMPA y cómo es su evaluación, debido a que en el prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* fueron retomados algunos de estos ítems que reflejan en cierta parte cada una de las competencias que pueden ser evaluadas con la utilización de cada módulo.

A continuación se describen cada uno de los módulos del prototipo de la aplicación móvil, contemplando los 8 módulos indicados, además de la selección de ítems idóneos con relación al SEMPA para la evaluación de las competencias que el paciente puede desarrollar.

4.3.5. Módulo cantar

Las investigaciones han mostrado que cantar o entonar palabras y frases habladas puede facilitar la salida de voz en los pacientes con afasia no fluida (Wan *et al*, 2010).

Según Bernard (2015) el canto estimula la autoconsciencia y el contacto con los demás. El canto no sólo beneficia la psique, sino que también aporta vigor al organismo. Entre otros efectos, la respiración se vuelve más profunda, y gracias al tempo, más regular.

De acuerdo Robert Zatorre (2005) al escuchar o interpretar música se produce una activación y conjunción de cada función cognoscitiva. Por ejemplo, en una tarea musical aparentemente simple como tararear una melodía familiar, es necesaria la utilización de procesamiento complejo del modelo auditivo, atención, memoria, recuperación e integración sensorio-motora, entre otros.

Según Joan Deus (2006), mediante la exposición a canciones propias de la época de la edad del paciente, la potenciación de actividades rítmicas, auditivas y de coordinación, se contribuye a la cognición en aspectos motrices como en agnosia auditiva, memoria retrógrada, autobiográfica, lenguaje expresivo, tanto como en la disminución de alteraciones conductuales, el incremento de la capacidad de lenguaje expresivo, la fluidez verbal y la disminución de los síntomas de alteración afectiva.

Basados en estos principios se diseñó el módulo cantar, el cual está formado por un conjunto de canciones que es posible reproducir, además de poder grabar la voz del paciente cuando está cantando. Adicionalmente cuenta con una opción de una guía de voz para recordar la letra de la canción. Esta actividad representa una oportunidad para ejercitar distintas funciones cognitivas relacionadas con la memoria como lo menciona Bernard, Zatorre y Deus.

Este módulo se apoya en la interfaz gráfica de usuario que ayuda a los pacientes en el entrenamiento de tareas de canto. Para ello el paciente puede seleccionar una canción de su preferencia de acuerdo a la lista de reproducción.

El prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* realiza una búsqueda de entre el conjunto de canciones, basada en 2 criterios: el intérprete y el género musical de la selección anterior, para posteriormente mostrar al paciente la sugerencia de la siguiente canción.

Ahora bien, la tarea a resolver en este módulo es de acuerdo a la Tabla 17 la siguiente:

- ❖ Tarea: Grabación de 5 canciones
- ❖ Tiempo aproximado: 20 min

La evaluación de cada actividad (es decir, la grabación de cada canción representa una actividad) en este módulo se realiza conforme al mecanismo de puntuación descrito en la Tabla 18.

La evaluación de las competencias a desarrollar en este módulo a través de los ítems se resume en las Tablas 21, 22, 23 y 24, articulando las cuatro áreas de desarrollo de acuerdo al SEMPA.

4.3.6. Módulo escuchar

El escuchar música genera efectos beneficiosos como mejorar el estado de ánimo y contribuye a que el cuerpo libere endorfinas, sustancias que alivian el dolor.

Existen trabajos como el de Cárdenas (2010) que hacen una extensa investigación sobre la memoria episódica, la cual es un tipo de memoria que contiene los recuerdos del pasado reciente y remoto de la historia de la persona, y que sus contenidos tienen al mismo tiempo un sinnúmero de implícitos emocionales. Teniendo en cuenta que la música posee en sí misma la capacidad de evocar emociones, la autora señala que podría pensarse que la interrelación de estos tres elementos: recuerdos, emoción y música, podría facilitar la recuperación de información y la evocación de recuerdos de la historia personal y cotidiana de los pacientes.

Para Sacks el poder evocador de la música facilita la reminiscencia de recuerdos en pacientes con demencia tipo Alzheimer, permitiéndoles realizar asociaciones de su pasado con música familiar (Sacks, 2006).

Una lista de música personalizada en el dispositivo móvil es una forma de terapia no farmacológica efectiva para promover bienestar y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Se pueden mencionar básicamente tres tipos de sistemas de recomendaciones para la escucha de música.

- a) Recomendación de canciones completamente aleatoria. Esto simula los sistemas de recomendación tradicional durante una etapa de inicio fija.
- b) Recomendación de canciones con una categoría de contexto inferida por un sistema automáticamente. Esto puede ser un modo automático de una aplicación
- c) Recomendación de canciones con una categoría de contexto seleccionada manualmente por los usuarios. Esto puede ser el modo manual de una aplicación.

El módulo escuchar del prototipo de aplicación móvil consiste en un conjunto de canciones que el paciente puede seleccionar de acuerdo a su preferencia, posteriormente y mediante una búsqueda de entre el conjunto de canciones basada en 2 criterios: el intérprete y el género musical de la selección anterior; el prototipo de la aplicación automáticamente muestra al paciente la sugerencia de la siguiente canción. Se puede entonces decir que el prototipo de la aplicación utiliza el sistema de recomendación de canciones con una categoría de contexto inferida automáticamente, la segunda forma de recomendaciones.

Este módulo se apoya en una interfaz gráfica de usuario que facilita a los pacientes la escucha de sus canciones preferidas. Para ello es posible seleccionar manualmente un conjunto de canciones basadas en sus preferencias, o bien, el prototipo de la aplicación sugiere ciertas canciones basadas en sus anteriores selecciones.

Ahora bien, la tarea a resolver en este módulo es de acuerdo a la Tabla 17 la siguiente:

- ❖ Tarea: Escuchar 5 canciones
- ❖ Tiempo aproximado: 20 min

Las canciones incluidas en el prototipo de la aplicación móvil fueron seleccionadas porque corresponden a una época pasada, teniendo en cuenta que quienes serán los usuarios de este prototipo son adultos mayores de 65 años, por lo general estas canciones corresponden a épocas en las cuales ellos vivieron escuchándolas en su juventud, sin embargo, estas listas son sólo un ejemplo de las canciones que pueden ser incluidas en el prototipo de la aplicación.

La evaluación de cada actividad (es decir, la escucha de cada canción representa una actividad) en este módulo se realiza conforme al mecanismo de puntuación descrito en la Tabla 18.

La evaluación de las competencias a desarrollar en este módulo a través de los ítems se resume en las Tablas 21, 22, 23 y 24, articulando las cuatro áreas de desarrollo de acuerdo al SEMPA.

4.3.7. Módulo crear

A lo largo de la enfermedad de Alzheimer, en un individuo se van deteriorando diversas habilidades y capacidades, como la memoria, la atención, los movimientos adquiridos con una finalidad práctica o la orientación espacial y temporal, entre otros. Sin embargo existen estudios que demuestran que hay ciertas regiones del cerebro en donde la memoria musical es preservada, aún en los pacientes con la enfermedad de Alzheimer en fase avanzada (Jacobsen *et al.*, 2015; Baird *et al.*, 2009).

Mateos (2009) destaca como instrumentos musicales especialmente recomendados para las personas con Enfermedad de Alzheimer, los siguientes: las arpas de mano, sanzas, ranas, güiros, *Octoblocks*, cajas chinas, orugas, *keseng keseng*, *kese kese*, *shekerés*, coronas de címbalos, maracas, huevos sonoros, *boomwhakers* Diatónicos, cascabeles con pinzas, *ocendrum* (“pandero

de mar”), palos de lluvia, chimes de una nota, *darboukas*, cajas de reclamos, xilófonos, metalófonos, carrillones, congas, *steel-drums*, etc.

El módulo crear consiste en un conjunto de instrumentos musicales simulados, que el paciente puede seleccionar para crear melodías a partir de ellos. Siguiendo las recomendaciones anteriores los instrumentos que el paciente puede seleccionar en el prototipo de la aplicación son: **piano, tambor, maracas, flauta, pandero, claves y palo de agua, cascabeles con pinzas, arpas de mano.**

Este módulo se apoya en la interfaz gráfica de usuario que muestra el listado de instrumentos descritos en el párrafo anterior, posterior a la selección de algún instrumento el prototipo de la aplicación muestra un conjunto de botones que contienen el sonido de notas musicales o sonidos propios de los instrumentos, con ellos los pacientes pueden crear sus propias melodías. Además, este módulo cuenta con la posibilidad de grabar sus propias melodías construidas.

Ahora bien, la tarea a resolver en este módulo es de acuerdo a la Tabla 17 la siguiente:

- ❖ Tarea: Creación de 5 melodías
- ❖ Tiempo aproximado: 20 min

La evaluación de cada actividad (es decir, la creación de cada melodía representa una actividad) en este módulo se realiza conforme al mecanismo de puntuación descrito en la Tabla 18.

La evaluación de las competencias a desarrollar en este módulo a través de los ítems se resume en las Tablas 21, 22, 23 y 24, articulando las cuatro áreas de desarrollo de acuerdo al SEMPA.

4.3.8. Módulo moverse

Pese a su aparente simplicidad, la capacidad de moverse al ritmo de la música requiere una compleja red de conexiones entre diversas áreas cerebrales responsables de la percepción del ritmo y de su duración, de la planificación y del control de los movimientos, así como de los procesos de integración entre la percepción y la acción (Dalla y Tillmann, 2015).

La simple escucha de un fragmento de música estimula las áreas cerebrales motoras. Por lo tanto utilizar la música como método para reeducar el movimiento en personas que lo tengan deteriorado, es una forma de mejorar sus capacidades de movimiento. Además el ritmo de la música puede ayudar a reactivar o a mejorar la motilidad en personas con trastornos motores sin necesidad de moverse (Dalla y Tillman, 2015).

En el área psicomotriz, el deterioro en habilidades motrices es una característica de las demencias. La música ha demostrado ser una actividad excelente de las funciones cerebrales relacionadas con el ritmo, elemento musical muy relacionado con las funciones motrices, el ritmo por tanto influye positivamente promoviendo el movimiento autónomo (Gutiérrez, 2014).

Basados en estos elementos se ha creado el módulo moverse, en el cual el paciente puede seleccionar de entre una lista de ejercicios el que más le guste, o de acuerdo a sus posibilidades. Posterior a la selección el prototipo de la aplicación muestra una pantalla donde se darán las instrucciones para moverse al ritmo de la música o sonidos específicos, las instrucciones serán indicadas mediante voz. Estos ejercicios sirven para estimular predominantemente el área físico-motora del paciente. Entre los ejercicios que cuenta la aplicación están: a) movimiento en forma libre, b) movimiento en forma indicada, c) caminar al ritmo de la música, d) pasos coreográficos, e) movimiento con pelota, f) movimiento con cuerda. Como puede observarse, estos ejercicios están ordenados en el prototipo de la aplicación de menor a mayor grado de dificultad.

Ahora bien, la tarea a resolver en este módulo es de acuerdo a la Tabla 17 la siguiente:

- ❖ Tarea: Realización de 5 ejercicios
- ❖ Tiempo aproximado: 20 min

La evaluación de cada actividad (es decir, la realización de un ejercicio representa una actividad) en este módulo se realiza conforme al mecanismo de puntuación descrito en la Tabla 18.

La evaluación de las competencias a desarrollar en este módulo a través de los ítems se resume en las Tablas 21, 22, 23 y 24, articulando las cuatro áreas de desarrollo de acuerdo al SEMPA.

4.3.9. Módulo relajar

Cierto tipo de música puede funcionar como efecto terapéutico y relajante aunado a sonidos calmantes de la naturaleza. Diversas secuencias de notas y canciones seleccionadas pueden reducir la ansiedad o liberar el *stress*, también sirven para incrementar la capacidad de meditar más profundamente. Dependiendo de la música a escuchar estas canciones tienen un efecto relajante y colocan al escucha en un buen estado de ánimo.

Con base en estas ideas se ha creado el módulo relajar, el cual está formado por una lista de programas, que son un conjunto de canciones que influyen positivamente en la relajación del paciente. Posterior a la selección del programa elegido, el paciente podrá escuchar todo el programa, detenerlo y continuarlo cuando lo considere conveniente. Entre los programas con que cuenta el prototipo de la aplicación móvil están: a) música andina, b) música clásica, c) música instrumental, d) música con flauta, e) música con sonidos de la naturaleza.

Ahora bien, la tarea a resolver en este módulo es de acuerdo a la Tabla 17 la siguiente:

- ❖ Tarea: Escuchar 1 bloque de relajación
- ❖ Tiempo aproximado: 25 min

La evaluación de cada actividad (es decir, la escucha de un bloque representa una actividad) en este módulo se realiza conforme al mecanismo de puntuación descrito en la Tabla 18.

La evaluación de las competencias a desarrollar en este módulo a través de los ítems se resume en las Tablas 21, 22, 23 y 24, articulando las cuatro áreas de desarrollo de acuerdo al SEMPA.

4.3.10. Módulo juegos musicales

En los pacientes que presentan una fase leve o moderada de la enfermedad, esto es, cuando todavía preservan muchas de sus capacidades, las técnicas de musicoterapia entre ellas los juegos musicales, contribuyen a mantener por más tiempo algunas habilidades físicas y cognitivas, como la memoria, el lenguaje, la atención, la orientación y la coordinación de movimientos (De Castro y Mercadal, 2015).

El módulo juegos musicales consiste en dos tipos de juegos que el paciente puede seleccionar para ejercitar su memoria. Los juegos que el paciente puede seleccionar en el prototipo de la aplicación son: a) secuencias y b) adivinar la canción.

Este módulo se apoya en la interfaz gráfica de usuario que muestra las dos opciones anteriormente descritas (los dos juegos que el paciente puede seleccionar), posterior a la selección de alguna opción el prototipo de la aplicación muestra el juego.

En el caso de la opción “secuencias”, el paciente tiene que escuchar y observar el orden en que son reproducidos algunos sonidos asociados a círculos de diferente color, se contará al menos con tres intentos para reproducir la secuencia correcta. Cuando se haya completado correctamente la secuencia se pasará al siguiente ejercicio con una secuencia diferente. El juego consta de al menos 5 secuencias diferentes. En este juego se trabajan las siguientes habilidades cognitivas y físicas: la atención, la memoria y la coordinación de movimientos.

En el caso de la opción “adivinar la canción”, el paciente reproducirá la canción presentada y posteriormente se le muestran tres opciones del título de la canción, el paciente deberá seleccionar la correcta, se contará al menos con tres intentos para adivinar el título correcto. Cuando se haya adivinado el título de la canción se pasará a la siguiente canción. El juego consta de la menos 5 canciones diferentes. En este juego se trabajan las siguientes habilidades cognitivas: la atención y la memoria.

Ahora bien, la tarea a resolver en este módulo es de acuerdo a la Tabla 17 la siguiente:

- ❖ Tarea: Realización de 1 juego
- ❖ Tiempo aproximado: 15 min

La evaluación de cada actividad (es decir, la realización un ejercicio representa una actividad) en este módulo se realiza conforme al mecanismo de puntuación descrito en la Tabla 18.

La evaluación de las competencias a desarrollar en este módulo a través de los ítems se resume en las Tablas 21, 22, 23 y 24, articulando las cuatro áreas de desarrollo de acuerdo al SEMPA.

4.3.11. Acoplamiento de las competencias de cada área por módulo

Como ya se ha mencionado anteriormente, el prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* se basa en 4 áreas principales, la aplicación del marco conceptual descrito en la sección 4.3.1 se concreta en la relación que existe entre cada uno de los ítems que describen cierta competencia y los módulos del prototipo de la aplicación móvil. Tales relaciones quedan reflejadas en las Tablas 21, 22, 23 y 24, enumerando los ítems para el área psicomotriz, comunicación y lenguaje, perceptivo-cognitiva y socio-emocional respectivamente. Existen algunas pocas modificaciones a los ítems de la Tabla 21, éstas están representadas entre paréntesis; son básicamente con respecto al cambio de “un instrumento musical”, por “un dispositivo móvil”.

Tabla 21. Ítems del área psicomotriz que son posibles evaluar en cada módulo (Méndez, 2016 adaptado de Matos *et al.*, 2012)

Código	Ítems	Módulos
PSM 1.1.a	Es capaz de mantenerse en equilibrio mientras está sentado.	Cantar Escuchar Relajar Crear
PSM 1.1.b	Es capaz de mantener el equilibrio al levantarse de la silla.	Escuchar Moverse
PSM 1.1.c	Es capaz de mantener el equilibrio al sentarse en la silla.	Moverse
PSM 1.1.d	Es capaz de mantener el equilibrio tras levantarse de la silla.	Moverse
PSM 1.1.e	Es capaz de mantener el equilibrio al iniciar la marcha.	Moverse
PSM 1.2.b	Realiza una tarea motriz ya conocida ante una consigna sonora.	Moverse
PSM 1.2.c	Realiza una tarea motriz nueva ante una consigna sonora.	Moverse
PSM 1.2.d	Es capaz de relacionar un movimiento con un parámetro del sonido: intensidad, duración, frecuencia, etc.	Moverse
PSM 1.3.a	Activa su cuerpo, de la manera que sea, ante estímulos sonoro-musicales que presentan estructura rítmica.	Cantar Escuchar Relajar Moverse
PSM 1.3.b	Es capaz de atender a un sonido y al movimiento mediante el seguimiento del pulso rítmico.	Moverse
PSM 1.4.a	Es capaz de juntar las manos y/o los pies en la línea media de su eje corporal	Moverse
PSM 1.4.b	Es capaz de aplaudir	Cantar Escuchar Moverse
PSM 2.1.d	Es capaz de mover las partes del cuerpo que se le pide	Moverse
PSM 2.2.a	Se desplaza por la sala libremente	Cantar Escuchar Moverse
PSM 2.2.b	En los desplazamientos tiende a ocupar todo el espacio	Cantar Escuchar Moverse
PSM 3.2.a	Es capaz de agarrar un instrumento que el musicoterapeuta coloca entre	Todos

	sus manos (agarrar un dispositivo móvil es la variante)	
PSM 3.3.b	Es capaz de manipular instrumentos empleando predominantemente los dedos. (manipular un dispositivo móvil es la variante)	Todos
PSM 4.1.a	Es capaz de tocar instrumentos musicales con intencionalidad de producir sonidos musicales. Por ejemplo. melodías, ritmos, etc. (Tocar instrumentos simulados es la variante)	Crear
PSM 4.1.b	Es capaz de realizar movimientos manuales con precisión, orientados a un objetivo.	Todos
PSM 4.2.a	Es capaz de realizar la secuencia gestual de distintos movimientos al tocar instrumentos musicales. (Tocar instrumentos simulados es la variante)	Crear Juegos musicales
PSM 4.2.b	Es capaz de coreografiar con sus movimientos corporales un baile o danza conocida	Cantar Escuchar Moverse

Tabla 22. Ítems del área de comunicación y lenguaje que son posibles evaluar en cada módulo
(Méndez, 2016 adaptado de Matos *et al.*, 2012)

Código	Ítem	Módulos
CL 2.1.a	Expresa peticiones	Todos
CL 2.1.b	Expresa Rechazo/Negación/Oposición al adulto o tarea	Todos
CL 2.1.c	Da información que se necesita en el contexto	Todos
CL 2.1.d	Demanda información	Todos
CL 2.1.f	Narra o describe vivencias presentes incluyendo sentimientos y/o emociones propios: auto-actualización	Cantar Escuchar Relajar
CL 2.1.g	Narra o describe vivencias del pasado como medio de evocación emocional	Cantar Escuchar Relajar
CL 2.1.h	Narra o describe vivencias del pasado como medio de estimulación de la memoria y de la propia identidad	Cantar Escuchar Relajar Juegos musicales
CL 2.3.a	Se expresa de forma corporal no convencional	Moverse

CL 2.3.c	Se expresa mediante signos manuales y/o gráficos	Cantar Escuchar Relajar Moverse
CL 2.3.d	Se expresa oralmente	Cantar Escuchar Relajar
CL 2.3.e	Se expresa con diferentes medios comunicativos indistintamente	Cantar Escuchar Relajar Moverse
CL 4.3.a	Canta las letras de las canciones mientras las escucha	Cantar Escuchar Relajar
CL 4.4.c	Relata experiencias pasadas	Cantar Escuchar Relajar Juegos musicales
CL 4.4.d	Describe un dibujo, una escena o una canción	Cantar Escuchar Relajar Juegos musicales
CL 4.4.e	Explica y expresa opiniones sobre una canción elegida	Cantar Escuchar Relajar
CL 4.5.a	Comprende la consigna dada por el musicoterapeuta	Todos
CL 5.2.a	Es capaz de leer palabras	Todos
CL 5.2.b	Es capaz de leer frases completas	Todos
CL 5.3.a	Es capaz de leer comprensivamente palabras	Todos
CL 5.3.b	Es capaz de leer comprensivamente frases completas	Todos

Tabla 23. Ítems del área perceptivo-cognitiva que son posibles evaluar en cada módulo (Méndez, 2016 adaptado de Matos *et al.*, 2012)

Código	Ítems	Módulos
COG 1.1.a	Es capaz de responder a estímulos visuales	Juegos musicales
COG 1.1.b	Es capaz de localizar visualmente un estímulo	Juegos musicales
COG 1.1.f	Es capaz de reconocer diferentes objetos	Juegos musicales
COG 1.1.g	Es capaz de reconocer diferentes imágenes	Todos
COG 1.2.a	Es capaz de responder a estímulos auditivos	Escuchar Relajar Moverse
COG 1.2.b	Es capaz de localizar de manera auditiva una fuente sonora	Crear Juegos musicales
COG 1.2.d	Es capaz de discriminar dos o más sonidos diferentes	Crear Juegos musicales Moverse
COG 1.2.e	Es capaz de discriminar entre diferentes sonidos de manera simultánea: figura-fondo	Crear Moverse
COG 1.2.f	Es capaz de discriminar la intensidad de diferentes estímulos auditivos: parámetros del sonido	Crear Juegos musicales Moverse
COG 3.1.a	Realiza un movimiento o acción cada vez que oye uno o varios sonidos determinados	Crear Juegos musicales Moverse
COG 3.1.b	Realiza una acción al escuchar un estímulo sonoro	Crear Juegos musicales Moverse
COG 3.1.d	Es capaz de conectarse de manera visual, auditiva y/o corporal con las actividades musicales	Todos
COG 3.2.a	Es capaz de localizar diferentes estímulos auditivos	Crear Juegos musicales
COG 3.2.b	Es capaz de localizar diferentes estímulos visuales	Juegos musicales
COG 3.3.b	Da muestras de responder a un ritmo musical mediante el seguimiento del pulso rítmico aplaudiendo u otro indicador que lo evalúe	Cantar Escuchar Moverse

COG 3.3.c	Es capaz de adecuar su propio ritmo al ritmo de la canción	Cantar Escuchar Relajar Moverse
COG 3.3.d	Es capaz de mantener la atención durante las actividades musicales	Todos
COG 4.1.c	Es capaz de reconocer la música de al menos una canción escuchada con anterioridad	Cantar Escuchar Relajar Juegos musicales
COG 4.1.d	Es capaz de reconocer la letra de al menos una canción escuchada con anterioridad	Cantar Escuchar Relajar Juegos musicales
COG 4.1.e	Es capaz de recordar episodios significativos de su vida de manera espontánea	Cantar Escuchar Relajar Juegos musicales
COG 4.1.k	Es capaz de evocar canciones recordando la época	Cantar Escuchar Relajar
COG 4.1.l	Es capaz de evocar canciones recordando el cantante	Cantar Escuchar Relajar
COG 4.1.m	Es capaz de evocar canciones recordando la letra	Cantar Escuchar Relajar
COG 4.2.f	Es capaz de cantar las letras de las canciones	Cantar Escuchar Relajar
COG 5.a	Es capaz de memorizar patrones rítmicos	Cantar Escuchar Relajar Juegos musicales Crear
COG 5.b	Es capaz de memorizar patrones melódicos	Cantar

		Escuchar Relajar
COG 5.c	Es capaz de memorizar patrones rítmico-melódicos	Cantar Escuchar Relajar
COG 5.d	Es capaz de recordar el título de la canción que se cantó en ese momento	Cantar
COG 5.e	Es capaz de recordar el autor de la canción que se cantó en ese momento	Cantar
COG 5.f	Es capaz de recordar la consigna de la actividad	Todos
COG 5.g	Al finalizar la sesión es capaz de recordar las actividades musicales que se realizaron	Todos
COG 5.h	Al finalizar la sesión es capaz de recordar las actividades musicales que se realizaron con referencia temporal	Todos
COG 6.2.a	Es capaz de planificar dos o más praxias consecutivas. P.ej. <i>"después de tocar el tambor quiero tocar la guitarra"</i>	Crear
COG 6.2.c	Es capaz de proponer, espontáneamente o a petición, la secuencia de actividades musicales que querría hacer en la propia sesión	Todos
COG 6.2.d	Es capaz de proponer, espontáneamente o a petición, la secuencia de actividades musicales que querría hacer en próximas sesiones.	Todos

Tabla 24. Ítems del área socio-emocional que son posibles evaluar en cada módulo (Méndez, 2016 adaptado de Matos *et al.*, 2012)

Código	Ítems	Módulos
SE.1.1.a	Es capaz de expresar alegría	Cantar Escuchar Relajar
SE.1.1.b	Es capaz de expresar entusiasmo / euforia	Crear Juegos musicales Moverse
SE.1.1.c	Es capaz de expresar amor	Cantar Escuchar Relajar
SE.1.1.d	Es capaz de expresar felicidad	Todos
SE.6.3.a	Expresa satisfacción o realiza comentarios positivos sobre sí mismo/a por una o varias tareas realizadas previamente: se percibe capaz	Todos
SE.6.3.b	Expresa satisfacción o realiza comentarios positivos sobre sí mismo en relación a una o varias tareas nuevas: se percibe capaz	Todos
SE.7.1.a	Realiza comentarios positivos sobre la/s tarea/s	Todos

4.3.12. Módulo afectivo

Como se ha descrito en los módulos anteriores, es decir los módulos de musicoterapia, en todos ellos es posible evaluar si una tarea ha sido completada, realizada en forma parcial o no realizada, de acuerdo a la Tabla 18. El módulo afectivo que se describe en esta sección tiene acceso a las actividades de cada uno de los módulos y evalúa el grado en que la tarea ha sido realizada, posteriormente predice las posibles emociones que puede tener un paciente durante las sesiones de musicoterapia al realizar la tarea, evaluando estas emociones e insertando acciones en la interfaz reactiva que le permitan al paciente completar una tarea específica. Para ello se tomó como base y se adaptó la estructura cognitiva de las emociones (ECE) desarrollada en (Laureano-Cruces *et al.*, 2015).

El principal objetivo de detectar las posibles emociones del usuario es crear una interacción que aumente el uso de la herramienta, eliminando las dificultades que pudieran surgir en la realización de una tarea en particular.

Para reconocer estas emociones con precisión, debe hacerse un análisis de datos psicológicos del usuario, tales como la frecuencia cardíaca y respiratoria, las expresiones faciales y la postura (Laureano-Cruces y Hegmann-González, 2011). Sólo el uso de los tiempos y evaluación del grado de avance de las tareas que realiza el paciente restringe sustancialmente la capacidad de reconocimiento del módulo afectivo, pero es un primer nivel de aproximación que no requiere que el paciente utilice dispositivos especiales para poder realizar las terapias. Es por ello que en este módulo, el diseño se concentra en la adaptación de una estructura cognitiva de las emociones.

El módulo afectivo tiene un mecanismo que mide en intervalos de 2 minutos el grado de avance de la actividad, el tiempo invertido sirve para llevar un monitoreo constante de lo que está realizando el paciente. Por ejemplo en el módulo cantar, después de 5 minutos el paciente debería haber terminado la primera actividad, dando clic a la siguiente canción sugerida.

Otros aspectos a considerar para evaluar si las tareas han sido completadas o no, además de medir el grado de avance, son algunos aspectos de la motivación. La *motivación* es aquello que proporciona energía (intensidad) y dirección (meta) a una conducta (Reeve, 2001). Los aspectos de la motivación considerados son los siguientes: *elección* (poder elegir una tarea entre varias propuestas por el prototipo), *expresión corporal* (aspecto no considerado), *probabilidad* (el número de intentos que dispone para realizar una tarea), la *expresión facial* (aspecto no considerado), *esfuerzo* (esfuerzo requerido por la tarea acorde al nivel incremental, por ejemplo en el módulo moverse), *latencia* (el tiempo que tarda en empezar la tarea propuesta) y *persistencia* (no renunciar a terminar la tarea propuesta). Existen trabajos como los de Mora-Torres (2015) que involucran estos aspectos pero enfocados a la evaluación de tareas en el ámbito educativo.

Fueron retomados y adaptados los modelos mentales descritos en (Laureano-Cruces *et al.*, 2015) que especifican el comportamiento de una interfaz reactiva (Figuras 25 y 26). Un modelo mental es una representación del conocimiento procedimental que implica al mundo exterior y que permite deducir información acerca de ese mundo y elegir cursos de acción (Johnson-Laird, 2005).

A partir de estos modelos se determinaron las metas y los acontecimientos que afectan a estas metas. La interfaz reactiva incorpora los eventos dinámicos que serán interpretados a través de la ECE (Figura 27) así como las estrategias de respuesta que incluyen las emociones inferidas.

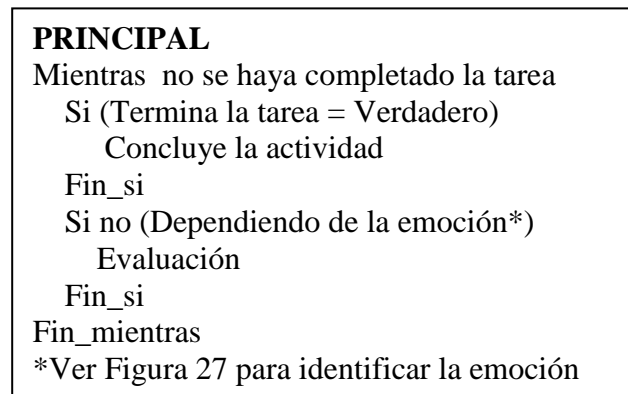


Fig. 25. Modelo mental principal del comportamiento del módulo afectivo (Adaptado de Laureano-Cruces *et al.*, 2015).

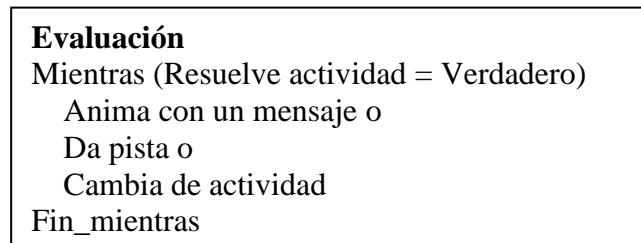


Fig. 26. Modelo mental secundario del comportamiento de la módulo afectivo (Adaptado de Laureano-Cruces *et al.*, 2015).

El modelo mental principal implica terminar una tarea, el objetivo final que se persigue es que el paciente pueda tener la capacidad de: tener sentimiento de identidad y seguridad, recuperar recuerdos autobiográficos, mejorar la comunicación con la familia.

Las emociones que se manejan son: tristeza-alegría, ansiedad-calma, frustración-triunfo. El rango de la intensidad de estas emociones incluye valores positivos y negativos, siendo tristeza y alegría, ansiedad y calma, frustración y triunfo respectivamente los puntos extremos de esos rangos.

Las variables necesarias para lograr inferir la emoción, a partir de su relación con los acontecimientos del entorno, son 1) sentido de la realidad y 2) excitación. Estas dos variables forman parte de la teoría de Ortony, Clore y Collins (Teoría OCC) (Ortony *et al.*, 1996).

El sentido de la realidad es una variable global de la teoría OCC. Esta variable se refiere al grado en que el acontecimiento, agente u objeto que subyace a la reacción afectiva parece real a la persona que experimenta la emoción.

La excitación es una variable global de la teoría OCC. Se define como la excitación fisiológica que experimenta un individuo.

Los pacientes que se encuentran en etapa leve pueden utilizar todos los módulos del prototipo la aplicación móvil. Sin embargo, en este apartado solo describimos dos de los módulos donde se insertó el módulo afectivo: el módulo cantar y el de juegos musicales. Para pacientes en etapa leve se considera que las canciones propias de su época les permiten tener un mayor o menor sentido de la realidad, si no les es posible completar la actividad se asume que ya no forman parte de su conocimiento, por lo que se infiere la emoción de tristeza.

Por otra parte con relación a los juegos musicales, las emociones de ansiedad y frustración estarán presentes y ello implica excitación, esto es, entre más errores cometa el paciente más excitación sentirá. La forma de evaluarla será a través del número de veces que se le tenga que dar retroalimentación; pudiéndose encontrar excitación positiva y negativa (Laureano-Cruces y Hegmann-González, 2011).

Dependiendo de cada emoción se lanzará una acción diferente, para que el paciente pueda completar la tarea. Para establecer las acciones que el módulo afectivo toma en respuesta a cada emoción inferida del paciente, se adaptó la estructura de valoración descrita en (Laureano-Cruces *et al.*, 2015) basada en la Teoría de OCC, la estructura modificada se muestra en la Figura 27.

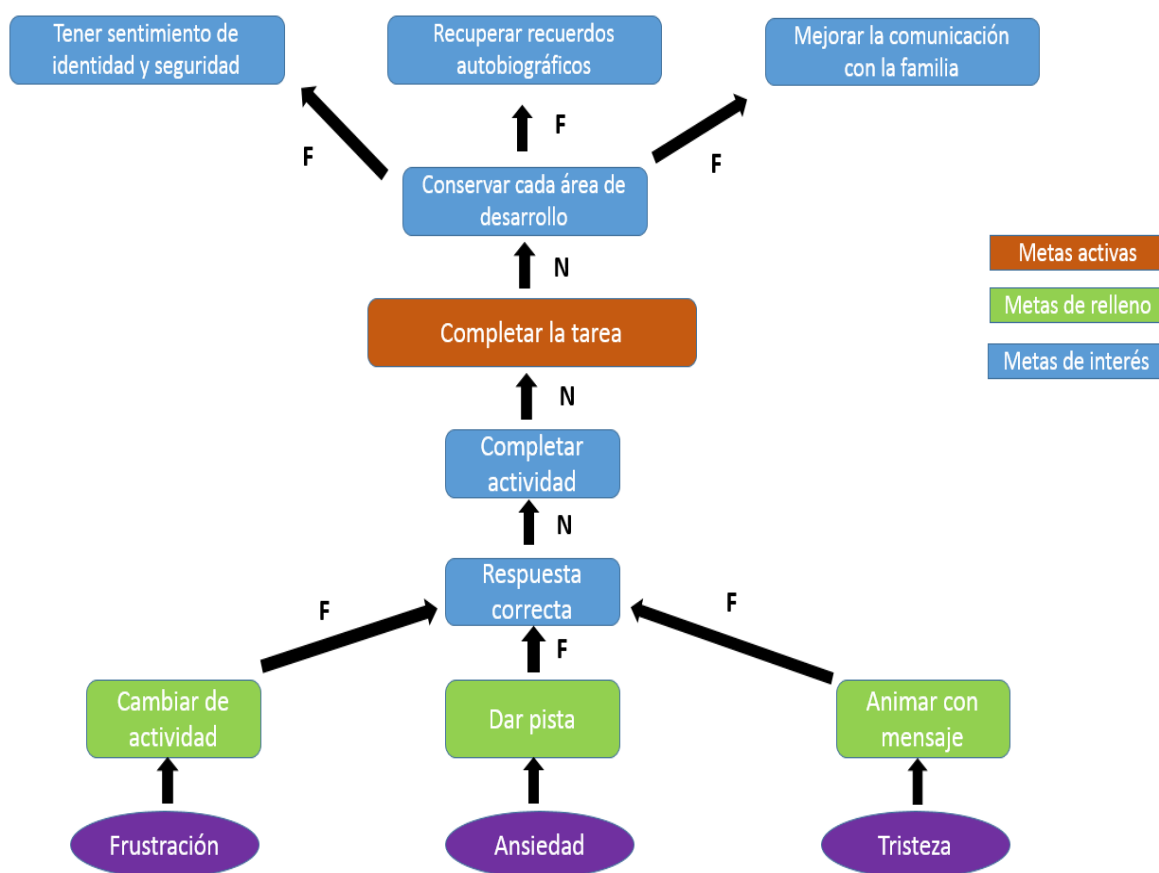


Fig. 27. Estructura cognitiva de emociones del comportamiento completar tarea (Adaptado de Laureano-Cruces *et al.*, 2015).

Cada cuadro de la estructura representa una meta y la meta principal de la aplicación es completar una tarea definida, esta es una meta activa; las metas activas representan el tipo de cosas que uno quiere tener hechas. Las tres metas en color verde (metas de relleno) definen las acciones que la aplicación puede tomar para alcanzar la meta principal; éstas son metas que tienen naturaleza cíclica. Las metas en azul son las metas de interés, estas metas representan el tipo de cosas que uno desea ver suceder. Por otro lado, los enlaces señalados con la letra F, significa que estos enlaces son facilitadores, por ejemplo los que conectan metas de relleno con una meta de interés indican que las metas de relleno facilitarán el llevar a cabo la meta de interés. En el caso de los enlaces señalados con la letra N, significa que todas las metas asociadas son necesarias en alguna medida, no siendo suficiente ninguna de ellas.

El mecanismo de inferencia de las emociones, descrito anteriormente, busca identificar la ocurrencia de la meta principal. Sobre la base de este reconocimiento, el módulo afectivo decidirá qué acciones debe mostrar para alcanzar la meta principal, como se describe en Tabla 25.

Tabla 25. Acciones que toma el módulo afectivo para cada una de las emociones del paciente (Méndez, 2016).

Emoción	Acción
Tristeza	Animar con mensaje, Dar una pista.
Ansiedad	Dar una pista, Cambiar de actividad.
Frustración	Animar con mensaje, Dar una pista, Cambiar de actividad.

La versión actual del prototipo de la aplicación móvil utiliza mensajes emergentes en pantalla para el conjunto de acciones descritas en la Tabla 25. Sin embargo, la capacidad de la inserción de audio hace posible extender la funcionalidad del prototipo de la aplicación para incorporar además audio e imágenes dentro de las acciones.

A manera de ejemplo se describe una actividad del módulo cantar y una actividad en el módulo juegos musicales.

Ejemplo de actividad en el módulo cantar (Figura 28)

Áreas que estimula mayormente: Lenguaje y comunicación, socio-emocional

Nivel de dificultad: Media

Periodicidad: 3 veces por semana

Instrucciones: Cante y grabe la canción

Nota adicional: El paciente puede auxiliarse de un guía para recordar la letra (que es una voz pregrabada que se escucha antes de cada párrafo de la canción, solo hay que activarla mediante el botón de guía de letra).

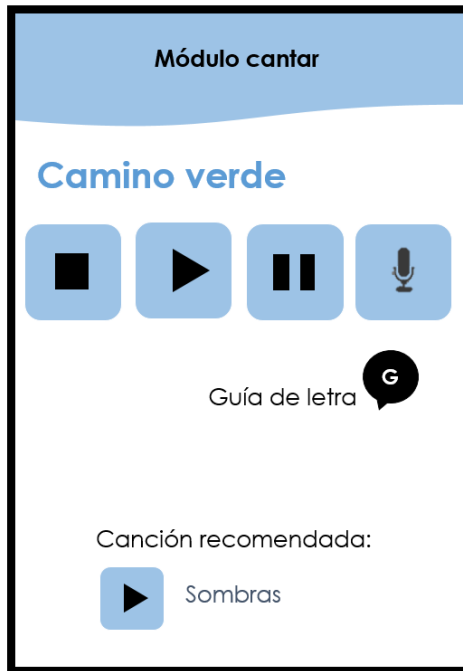


Fig. 28. Actividad en el módulo cantar (Méndez, 2016).

Emociones posibles y acciones del módulo reactivo

Emoción: *Tristeza*

Acciones:

- Animar con mensaje
- Dar pistas de la letra de la canción

Emoción: *Ansiedad*

Acciones:

- Dar pistas de la letra de canción
- Cambiar de canción

Ejemplo de actividad en el módulo juegos musicales (Figura 29)

Áreas que estimula mayormente: Perceptivo-cognitiva, socio-emocional

Nivel de dificultad: Media

Periodicidad: 3 veces por semana

Instrucciones: Visualice y escuche la secuencia de sonidos, después repita la secuencia



Fig. 29. Actividad en el módulo juegos musicales (Méndez, 2016).

Emociones posibles y acciones del módulo afectivo

Emoción: *Ansiedad*

Acciones:

- Dar pista para indicar cuál es la secuencia correcta
- Cambiar de actividad, presentando otra secuencia

Emoción: *Frustración*

Acciones:

- Animar con mensaje
- Dar la respuesta correcta
- Cambiar de actividad

Este módulo permite obtener con ayuda de la interfaz reactiva, la información relacionada con el estado emocional del paciente durante la realización de tareas específicas, lo cual permite optimizar las actividades en cada uno de los módulos.

4.3.13. Módulo resultados

Se ha mencionado anteriormente que la evaluación de las tareas en cada uno de los módulos es llevada a cabo mediante los criterios de la Tabla 18. El prototipo de la aplicación móvil cuenta con un mecanismo que mide en intervalos de 2 minutos el grado de avance de la actividad, el tiempo invertido sirve para llevar un monitoreo constante de lo que está realizado el paciente. Por ejemplo en el módulo cantar, después de 5 minutos el paciente debería haber terminado la primera actividad, dando clic a la siguiente canción sugerida.

En este tipo de terapia siempre se busca el refuerzo positivo al esfuerzo, se trabaja con las capacidades que aún se mantienen y lo más importante no es el resultado, es decir, la puntuación en una tarea, si no el esfuerzo, por tanto no se corrige, ni se resaltan los errores, simplemente se indica si la tarea ha sido completada o no, así como indicar el total de tareas completadas en cada módulo del prototipo de la aplicación.

Este módulo permite visualizar los resultados que los pacientes tienen en los módulos de musicoterapia, así como el tiempo invertido en cada uno. Además se puede observar la evolución de los pacientes en el tiempo (es decir en cada sesión), de esta manera será posible tomar decisiones para adecuar la terapia a las necesidades actuales del paciente.

El usuario de este módulo podrá visualizar:

- El tiempo invertido en la aplicación móvil
- El tiempo invertido por mes
- El tiempo invertido diario
- El total de canciones grabadas
- El total de melodías creadas
- El total de ejercicios de movimiento realizados
- El promedio de tareas completadas
- El módulo más utilizado
- Los tiempos por módulo
- La evolución del paciente, mediante gráficas de seguimiento

4.4. Diseño de las interfaces de usuario

Una de las fases importantes durante la realización de cualquier aplicación que deba interactuar con un usuario, especialmente si se trata de una aplicación móvil, es su interfaz. Se ha comprobado en múltiples ocasiones que los usuarios prefieren aplicaciones que sean sencillas de utilizar con interfaces de usuario intuitivas (Amador, 2013).

Para el diseño de las interfaces de usuario en este trabajo se tomaron en consideración temas como la ergonomía cognitiva, de acuerdo a Cañas (2003) cuando se combinan los términos Cognición y Ergonomía se hace para indicar que el objetivo es estudiar los aspectos cognitivos de la interacción entre las personas, el sistema de trabajo y los artefactos que se encuentran en él, con el objeto de diseñarlos para que la interacción sea eficaz.

Según Cañas (2003) en ergonomía cognitiva, un buen diseño es aquel en el que se tiene en cuenta que la persona que debe trabajar con la máquina tiene una serie de características cognitivas que imponen limitaciones en su capacidad de procesar información y tomar decisiones. Considerado así el diseño, el componente de la máquina más importante para un ergónomo cognitivo es la

interfaz con la que interactúa el operario. De una forma simple, se puede decir que una interfaz es el “medio” a través del cual se comunican la persona y la máquina. Esta comunicación se establece en las dos direcciones. Por tanto, al hablar de una interfaz se debe incluir el medio por el cual la máquina presenta información a la persona y el medio por el cual la persona introduce información en la máquina (Cañas, 2003). En el caso particular que nos ocupa las personas que interactúan con el prototipo de la aplicación son los pacientes que padecen la enfermedad de Alzheimer, estas personas tienen una serie de limitaciones muy características de la enfermedad y las cuales ya han sido abordadas en capítulos anteriores.

Otros autores señalan que el diseño de una aplicación para uso de personas con demencia necesita considerar no solo los efectos de la propia condición, sino también los cambios que naturalmente ocurren en la persona al paso de los años. Adicionalmente a esto, como un grupo de personas de diversa edad, sus necesidades individuales llegan a ser muy diversas (Gregor *et al.*, 2002).

Ancient *et al.* (2013) resaltan que debido al deterioro en la memoria a corto plazo de las personas con demencia, las aplicaciones han de ser diseñadas reduciendo el volumen de información que necesita ser recordada.

Simplificando la funcionalidad en cada pantalla e incrementado el tamaño de los elementos, la carga cognitiva será reducida y los usuarios no estarán abrumados con el número de posibles operaciones disponibles para ellos (Sayago y Blat, 2010).

La interfaz gráfica que se diseñó toma en cuenta las anteriores consideraciones además de estar centrada en el usuario, se pretendió que la visualización de la información se realizara mediante una interfaz limpia y sencilla, con un diseño fácil y *amigable*, tratando de reducir la cantidad de información mostrada en la misma.

Cuando se realiza el diseño de las interfaces es importante conocer las funcionalidades que ofrece la aplicación para organizarlas de forma que simplifique su empleo al usuario. El prototipo de la

aplicación consta básicamente de 7 funcionalidades, cada uno de los módulos de musicoterapia y el de resultados.

Para el diseño de las interfaces gráficas del prototipo de la aplicación móvil se tomó en consideración además la teoría del color, la cual consiste en un grupo de reglas básicas en la mezcla de colores para conseguir el efecto deseado combinando colores de luz o pigmento. Brescané (2015) menciona que está comprobado que el color tiene implicaciones psicológicas que deben contemplarse a la hora de preparar un entorno de una persona con demencia. Menciona que dadas las características del deterioro cognitivo asociado a la enfermedad de Alzheimer, se sugiere que los colores presentes en su entorno sean colores relajantes y tranquilizadores. La autora señala que en una gama de colores básicos siempre se sugiere los colores más suaves (azules claros y verdes) también se pueden incluir colores cálidos (crema, amarillo suave, verde claro, celeste, rosa pálido y miel). Varios estudios realizados citados en Yañez (2016) señalan que el color preferido por los usuarios en general es el color azul, además señala que los colores que provocan un mayor grado de atracción en los adultos mayores son el azul, verde y morado. Por tanto, en el diseño de la mayor parte de las interfaces gráficas del prototipo de la aplicación móvil se seleccionaron varios tonos de azul. En el caso de la interfaz para el módulo de resultados fue necesario incluir otros colores para mostrar algunas gráficas, sin embargo las gráficas de seguimiento están dirigidas a las profesionales de salud y no a los pacientes.

Con relación a la tipografía, lo mejor es utilizar una fuente sin tantos adornos, que sea lo más clara y recta posible, para facilitar la lectura al paciente. Farage *et al.* (2012) hacen un concentrado de los principios de diseño que pretenden la inclusión de los adultos mayores, entre estos principios se señala el texto y en específico el tipo de fuente, indicando que las mejores fuentes para la lectura son en Sans Serif: Arial, Helvetica y Century Gothic; y las Serif: Times, Bookman, Book Antigua. De entre las fuentes señaladas, se eligió la Century Gothic para el diseño de los prototipos de las interfaces de la *aplicación móvil de musicoterapia*.

Con el fin de maximizar la lectura en la interface, los diseñadores necesitan considerar el color del fondo de pantalla en relación con el texto de primer plano. Las investigaciones sugieren que debería haber un gran contraste entre el fondo de pantalla y los colores de primer plano (Dickinson *et al.*, 2005). Lo anterior sugiere que los mejores colores a ser utilizados son el negro para el texto y el blanco para el fondo (Hawthorn, 2000), así también lo señalan Farage *et al.* (2012). En el prototipo de la aplicación móvil un fondo blanco ha sido escogido para maximizar la lectura y el color de texto ha sido negro. Adicionalmente el tamaño del texto ha sido tan grande como ha sido posible, según lo señala Farage *et al.* (2012) el tamaño de la fuente debe ser como mínimo 12 puntos.

Para el diseño de las interfaces otro tema que se tomó en consideración fue la semiótica, la cual estudia los diferentes tipos de símbolos creados por el ser humano en diferentes y específicas situaciones. El signo refiere algo y remite a una imagen mental de ello. En el prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* se han empleado un conjunto de símbolos que representan por ejemplo, la opción de reproducir una canción (símbolo de *play*), la de detener la canción (símbolo de *stop*), la de poner pausa a una canción (símbolo de *pause*), entre otros. Estos símbolos son constantemente utilizados en todos los dispositivos móviles actuales y en otro tiempo estaban especificados en los artefactos para reproducir música, como las grabadoras y los *walkman* entre otros.

Entre los objetivos que se persiguieron al diseñar la interfaz, es que cuente con los atributos de usabilidad y utilidad. Usabilidad y utilidad son dos atributos que tienen una relación de mutua dependencia. La usabilidad es el grado en el que el usuario puede explotar o aprovechar la utilidad de un producto, al tiempo que un producto será usable en la medida en que el beneficio de usarlo (utilidad) justifique el esfuerzo necesario (Hassan, 2015).

Según Constantine (2000) la usabilidad viene del modo en que se adecua la arquitectura de una interfaz con aquello que los usuarios están tratando de conseguir. Esto significa entender el trabajo que los usuarios están haciendo y adecuar estos aspectos a las características de una aplicación tecnológica.

Otro de los objetivos fue que la interfaz no tuviera más de dos clic para llegar a la actividad requerida. Además, para evitar las distracciones, la interface fue diseñada tan simple como fue posible y con un diseño claro. Para lograr lo anterior se emplearon las leyes Gestalt que ayudan a construir un esquema organizativo global.

En una interfaz visualmente usable los elementos están organizados, relacionados y agrupados de forma lógica e inmediatamente reconocible, para lograr esta organización se usaron las Leyes Gestalt. El término Gestalt puede ser traducido como 'forma', 'figura' o 'estructura', y tiene su origen en la teoría de la Gestalt (Gestalttheorie) surgida en Alemania a principios del siglo XX (Hassan, 2015).

De acuerdo a Hassan (2015) de todas las leyes de la Gestalt, las que tienen mayor relevancia y aplicación en el diseño de interfaces son:

1. Ley de la proximidad: nos dice que los elementos próximos tendemos a percibirlos como una unidad
2. Ley de la semejanza: nos permite relacionar los elementos que deben percibirse como una unidad, utilizando las diferencias de atributos gráficos.
3. Ley de cierre: contornear los elementos con una línea se percibirán agrupados.
4. Ley de continuidad: dice que los elementos que se sitúan siguiendo algún tipo de alineación se perciben como un conjunto.
5. Ley de contraste: indica respetar un contraste mínimo entre figura y fondo, ya que si no se respeta no se percibirá con la suficiente claridad.
6. Ley de la experiencia: describe la importancia de tener en cuenta la experiencia previa del usuario.

A continuación se muestran los prototipos creados para cada uno de los módulos, implementando los conceptos descritos en esta sección.

4.4.1. Prototipo de la pantalla principal

Se diseñó una pantalla principal que consta de 7 botones, que implican las 7 funcionalidades para que el usuario pueda seleccionar el módulo que desea utilizar (Ver Figura 30). La aplicación móvil cuenta con 7 pantallas diferentes de acuerdo al módulo seleccionado.



Fig. 30. Prototipo de la pantalla principal (Méndez, 2016).

4.4.2. Prototipos de las pantallas del módulo cantar

En la Figura 31(a) puede observarse la lista de canciones que el paciente puede seleccionar. Al pulsar sobre un elemento del listado abrirá otra pantalla (Figura 31 b) que contiene los elementos y botones necesarios para el módulo cantar. Es decir, el paciente en este módulo tiene la posibilidad de reproducir la canción, grabar su propia voz, además de contar con un guía para recordar la letra. En la parte inferior de esta misma pantalla el prototipo de la aplicación móvil sugiere la siguiente canción, basada en algunos elementos de su selección anterior.

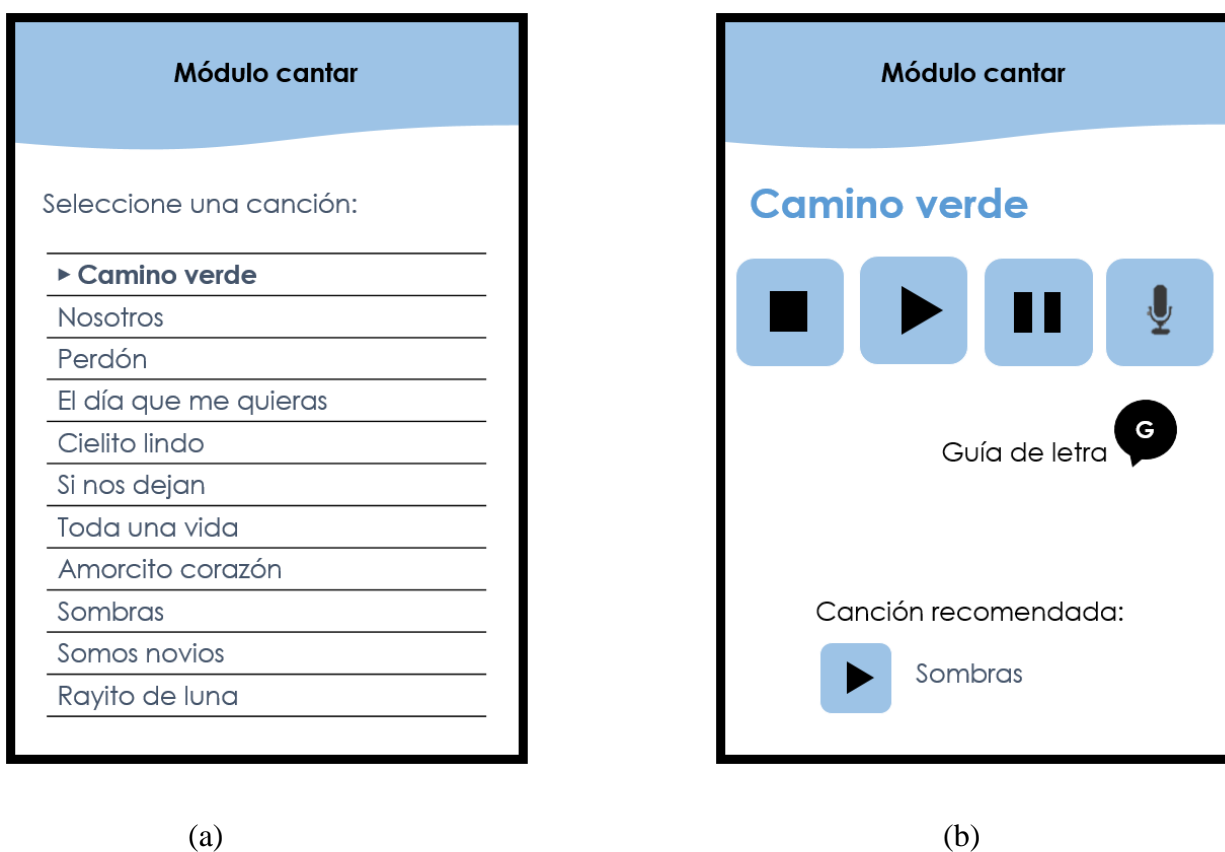
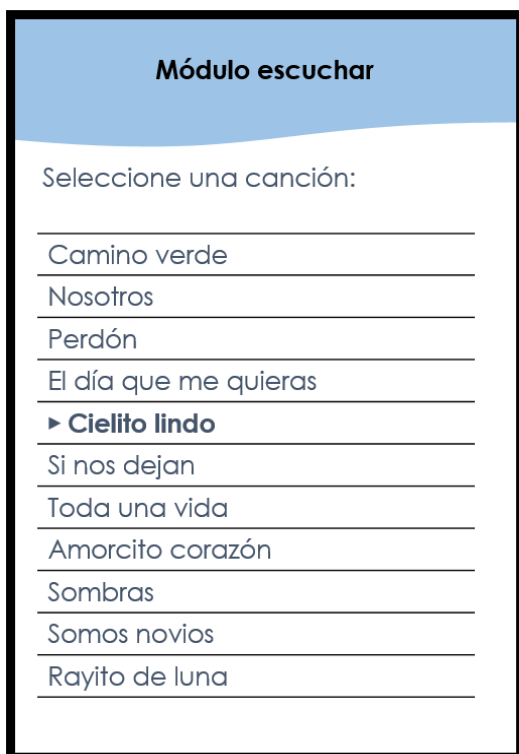


Fig. 31. Prototipos de las pantallas del módulo cantar (Méndez, 2016).

4.4.3. Prototipos de las pantallas del módulo escuchar

En la Figura 32(a) puede observarse la lista de canciones que el paciente puede seleccionar. Al pulsar sobre un elemento del listado abrirá otra pantalla (Figura 32 b) que contiene los elementos y botones necesarios para el módulo escuchar. Es decir, el paciente en este módulo tiene la posibilidad de escuchar la canción seleccionada. Como en el módulo de canto, este módulo cuenta en la parte inferior de la pantalla con una sección donde se muestra la canción sugerida por el prototipo de la aplicación móvil, la siguiente canción es escogida con base en algunos elementos de la selección anterior.



(a)

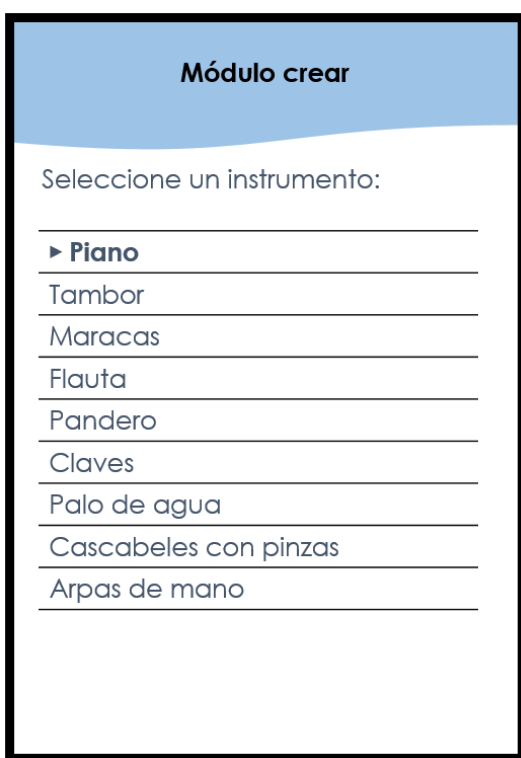


(b)

Fig. 32. Prototipos de las pantallas del módulo escuchar (Méndez, 2016).

4.4.4. Prototipos de las pantallas del módulo crear

En la Figura 33(a) puede observarse la lista de instrumentos que el paciente puede seleccionar. Al pulsar sobre un elemento del listado abrirá otra pantalla (Figura 33 b) que contiene los elementos y botones necesarios para el módulo crear de acuerdo al instrumento seleccionado. Es decir, el paciente en este módulo tiene la posibilidad de crear sus propias melodías a partir de los sonidos de cada instrumento, además de poder grabar las melodías creadas.



(a)

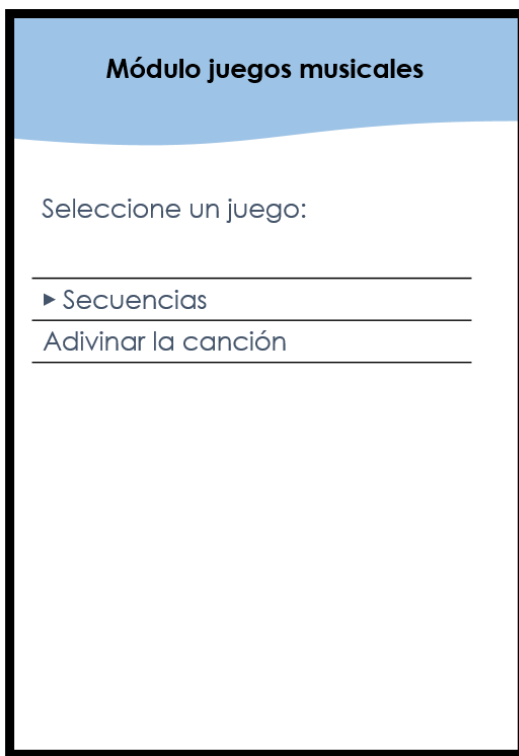


(b)

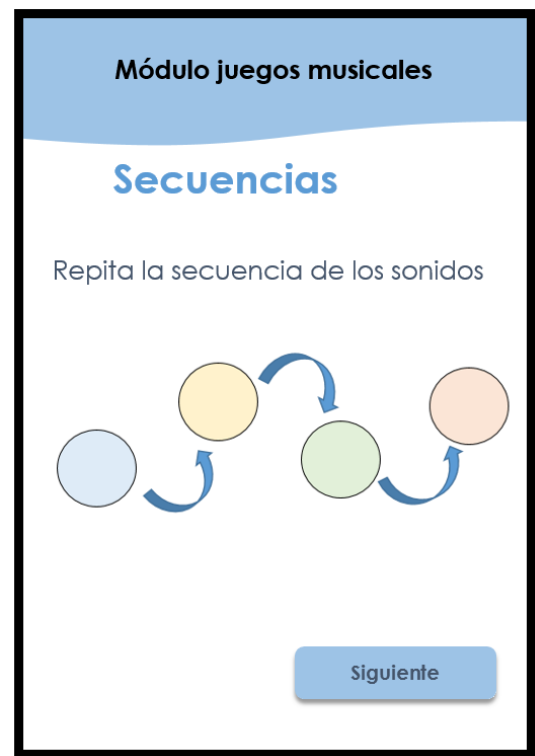
Fig. 33. Prototipos de las pantallas del módulo crear (Méndez, 2016).

4.4.5. Prototipos de las pantallas del módulo juegos musicales

En la Figura 34(a) puede observarse la lista de juegos musicales que el paciente puede seleccionar. Al pulsar sobre un elemento del listado abrirá otra pantalla (Figura 34 b) que contiene el juego anteriormente seleccionado. Es decir, el paciente en este módulo tiene la posibilidad de ejercitar su memoria, atención, entre otras, mediante la memorización de secuencias de sonidos o adivinar canciones.



(a)



(b)

Fig. 34. Prototipos de las pantallas del módulo juegos musicales (Méndez, 2016).

4.4.6. Prototipos de las pantallas del módulo relajar

En la Figura 35(a) puede observarse la lista de programas de relajación que el paciente puede seleccionar. Al pulsar sobre un elemento del listado abrirá otra pantalla (Figura 35b) que contiene los elementos necesarios para poder escuchar el programa de relajación seleccionado. Es decir, el paciente en este módulo tiene la posibilidad de relajarse mediante bloques de canciones previamente seleccionados para su mayor comodidad.

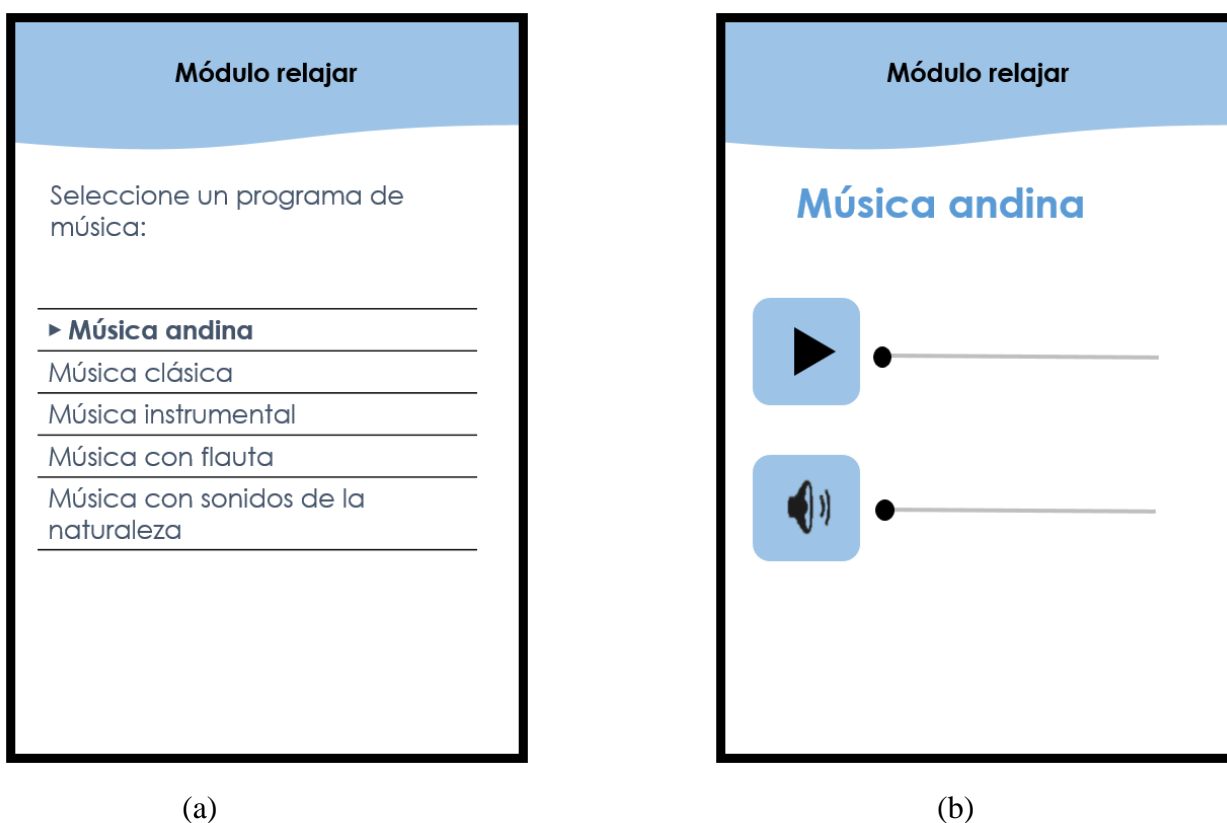


Fig. 35. Prototipos de las pantallas del módulo relajar (Méndez, 2016).

4.4.7. Prototipos de las pantallas del módulo moverse

En la Figura 36(a) puede observarse la lista de actividades de movimiento que el paciente puede seleccionar. Al pulsar sobre un elemento del listado abrirá otra pantalla (Figura 36 b) que contiene los elementos necesarios para poder realizar su actividad de movimiento seleccionado. Es decir, el paciente en este módulo tiene la posibilidad de escuchar las instrucciones de la actividad mediante el primer botón para posteriormente escuchar la música que deberá ir acompañada de los movimientos previamente indicados en las instrucciones.

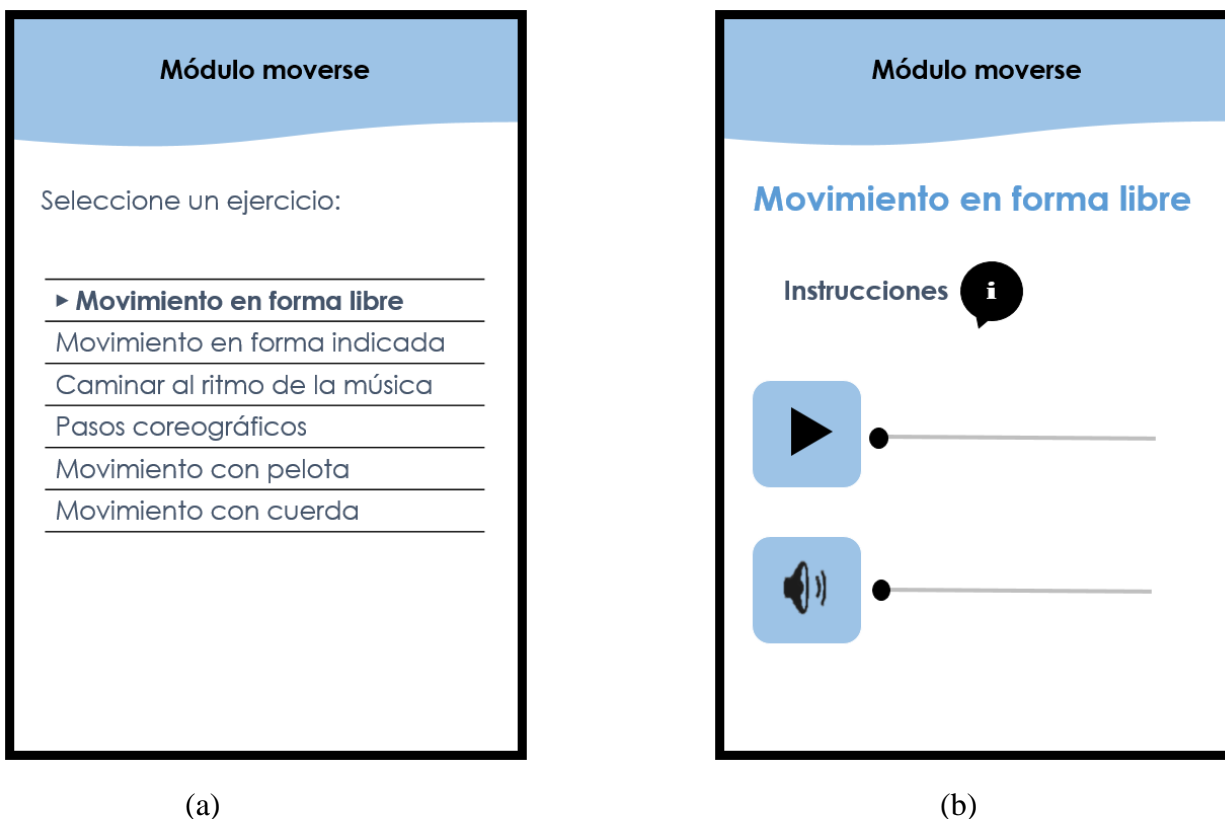
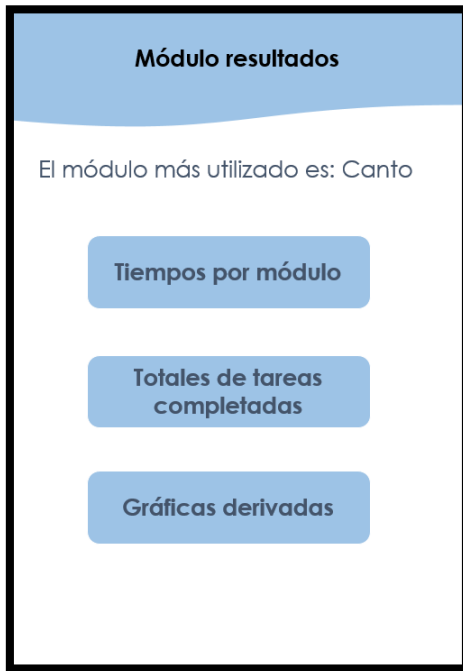


Fig. 36. Prototipos de las pantallas del módulo moverse (Méndez, 2016).

4.4.8. Prototipos de las pantallas del módulo resultados

En la Figura 37(a) puede observarse primeramente el módulo más utilizado del prototipo de la aplicación, posteriormente 3 botones que sirven para mostrar los resultados de la utilización del prototipo de la aplicación móvil. Al pulsar el botón de “Tiempos por módulo” se abrirá otra pantalla (Figura 37 b) que muestra una tabla en la cual se concentran los resultados de los tiempos invertidos en cada módulo. Para ver los datos graficados solo es necesario darle clic en el botón “Graficar”, con ello se mostrarán las gráficas del tiempo total invertido, el tiempo por mes y el tiempo por día de los diferentes módulos de la aplicación. Al pulsar el botón de “Total de tareas completadas” se abrirá otra pantalla (Figura 37 c) que muestra una tabla en la cual se concentra el total de canciones grabadas por mes. Para ver los datos graficados solo es necesario darle clic en el botón “Graficar”; con ello se mostrarán las gráficas del total de tareas completadas por módulo, así como el total de canciones grabadas por mes y el total de melodías creadas por mes. Al pulsar el botón de “Gráficas derivadas” se abrirá otra pantalla (Figura 37 d) que muestra las gráficas que es posible obtener con la utilización de la aplicación y mediante el módulo afectivo, en la que muestra las gráficas de emociones inferidas durante la realización de las actividades de cada uno de los módulos.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 37. Prototipos de las pantallas del módulo resultados (Méndez, 2016).

Capítulo 5. Desarrollo e integración de componentes

En el presente capítulo se describe brevemente el desarrollo y la integración de los componentes del prototipo de la aplicación móvil, donde se define el esquema lógico general, además del modelo de implementación utilizando el patrón de diseño MVP (Modelo-Vista-Presentador), por tanto, se plasma parte del desarrollo de cada uno de los módulos que integran el prototipo la *aplicación móvil de musicoterapia*, además se incluyen las interfaces gráficas de usuario desarrolladas para la herramienta.

El prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* es una herramienta de tecnología asistencial para dispositivos inteligentes como teléfonos móviles y tabletas. Ha sido desarrollado para dispositivos basados en el sistema operativo *Android*, debido a su bajo costo y la enorme utilización de estos dispositivos. En el caso de México los usuarios prefieren *Android*, el 79% utiliza este sistema operativo, mientras el 21% se decanta por *iOS*, según estudios realizados por ComScore y Lamudi (Peña, 2014). Además, *Android* es una plataforma abierta para desarrolladores que sirve para construir, extender o innovar aplicaciones.

Android es un sistema operativo móvil basado en *Linux*, enfocado principalmente a aplicaciones móviles. Está desarrollado por la *Open Handset Alliance*, empresa liderada por *Google*. Tiene una gran comunidad de desarrolladores escribiendo aplicaciones para extender la funcionalidad de los dispositivos. Se estima que se han sobrepasado ya las 600,000 aplicaciones disponibles en la tienda *Google Play*, de las cuales 400,000 son gratuitas (SI, 2013). Así, *Android* ha demostrado ser la plataforma móvil de más rápido crecimiento y con más evoluciones.

5.1. Estructura principal de clases

Para el desarrollo del prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* fue necesario contar con algunos diagramas como el diagrama estructural de la aplicación, el diagrama de clases, entre otros.

5.1.1. Diagrama estructural del prototipo de la aplicación

El diagrama estructural del prototipo la aplicación proporciona una representación esquemática de la estructura del contenido de la aplicación, indicando los principales conceptos incluidos en el dominio y las interrelaciones que existen entre ellos. (Ver Figura 38)

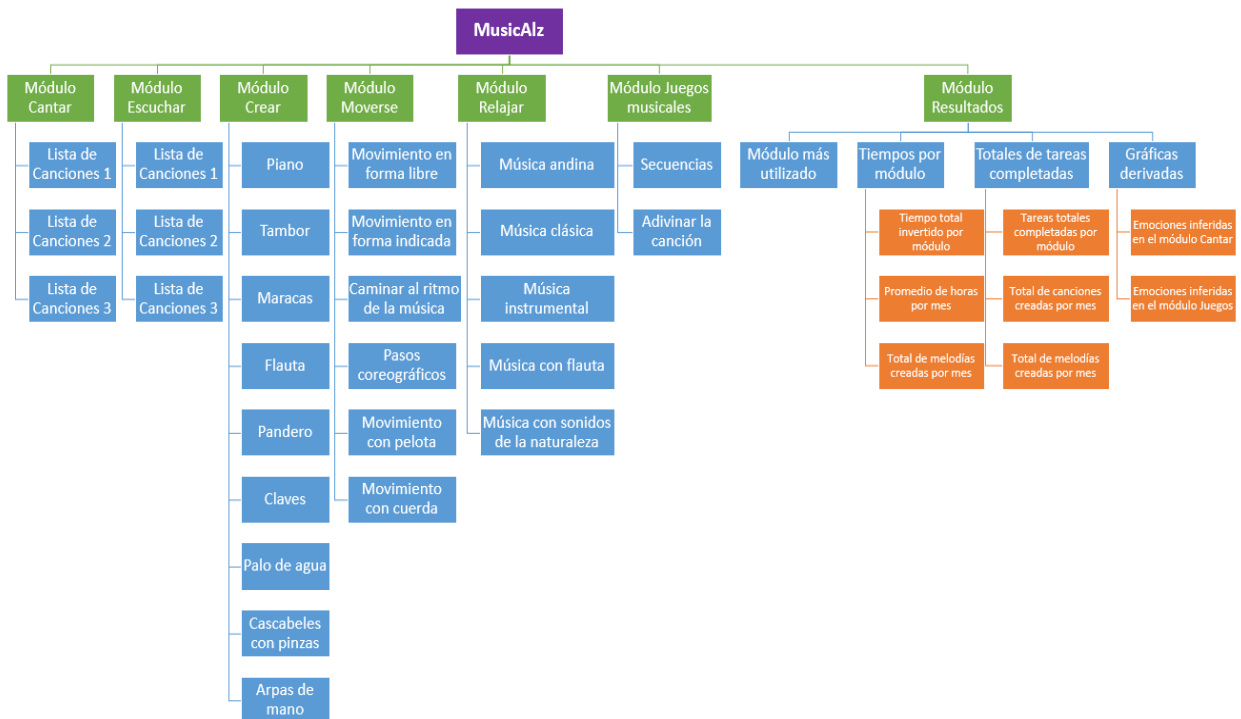


Fig. 38. Diagrama estructural de MusicAlz (Méndez, 2016).

5.1.2. Estructura principal de clases

El diagrama de clases representa las clases principales de la aplicación. Cabe señalar que en este diagrama no se visualizan todas las clases implementadas, solo la estructura principal (Ver Figura 39).

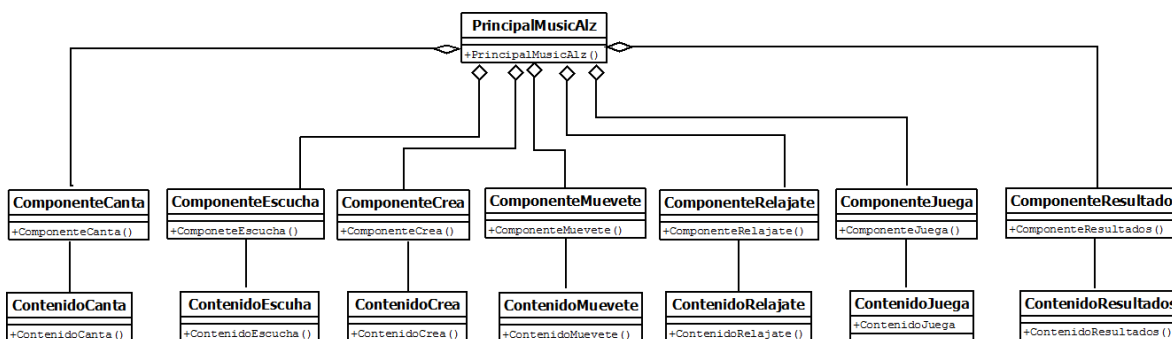


Fig. 39. Estructura principal de clases de MusicAlz (Méndez, 2016).

5.2. Modelo de implementación

El modelo de implementación del prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* se muestra en la Figura 40.

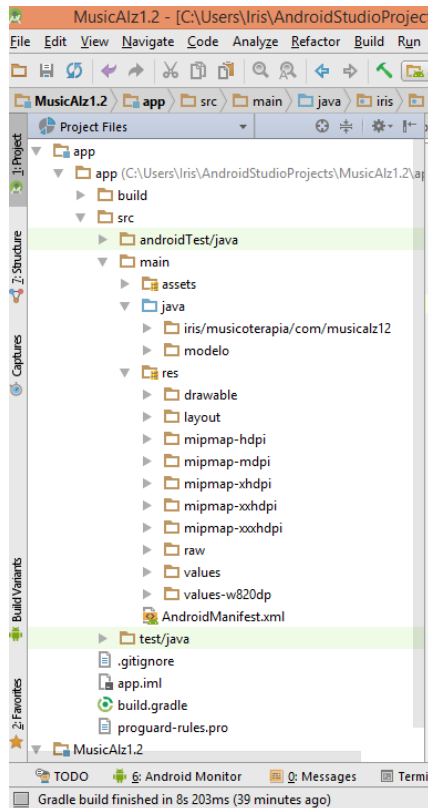


Fig. 40. Modelo de implementación del prototipo de la aplicación móvil (Méndez, 2016).

Para trabajar las interfaces gráficas de usuario en *Android* se eligió el patrón de diseño Modelo-Vista-Presentador (MVP). Este patrón de diseño es concretamente un patrón arquitectónico ya que ofrece una arquitectura para la creación de cualquier proyecto *Android*, indicando cómo pueden ser relacionadas sus partes (vistas, lógicas, etc) y por tanto utilizados.

El patrón MVP funciona parecido al MVC (Modelo-Vista-Controlador), pero con la diferencia de no existir una relación directa entre el Modelo y la Vista. Toda comunicación ha de pasar necesariamente por el Presentador (Invarato, 2014).

La programación en *Android* se realizó en:

- Java: para programar dinámicamente. Para la lógica del programa (por ejemplo, para hacer el qué es lo que ocurre cuando se pulsa un botón); siguiendo el patrón MVP para el presentador y el modelo.
- XML: para programar estáticamente. Para la parte visual (por ejemplo, para dibujar el botón en pantalla); siguiendo el patrón MVP para la vista. También para información estática (como fueron los textos e instrucciones de la aplicación).

En la Figura 41 se muestra la aplicación de la parte del modelo, la vista y el presentador en el prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia*.

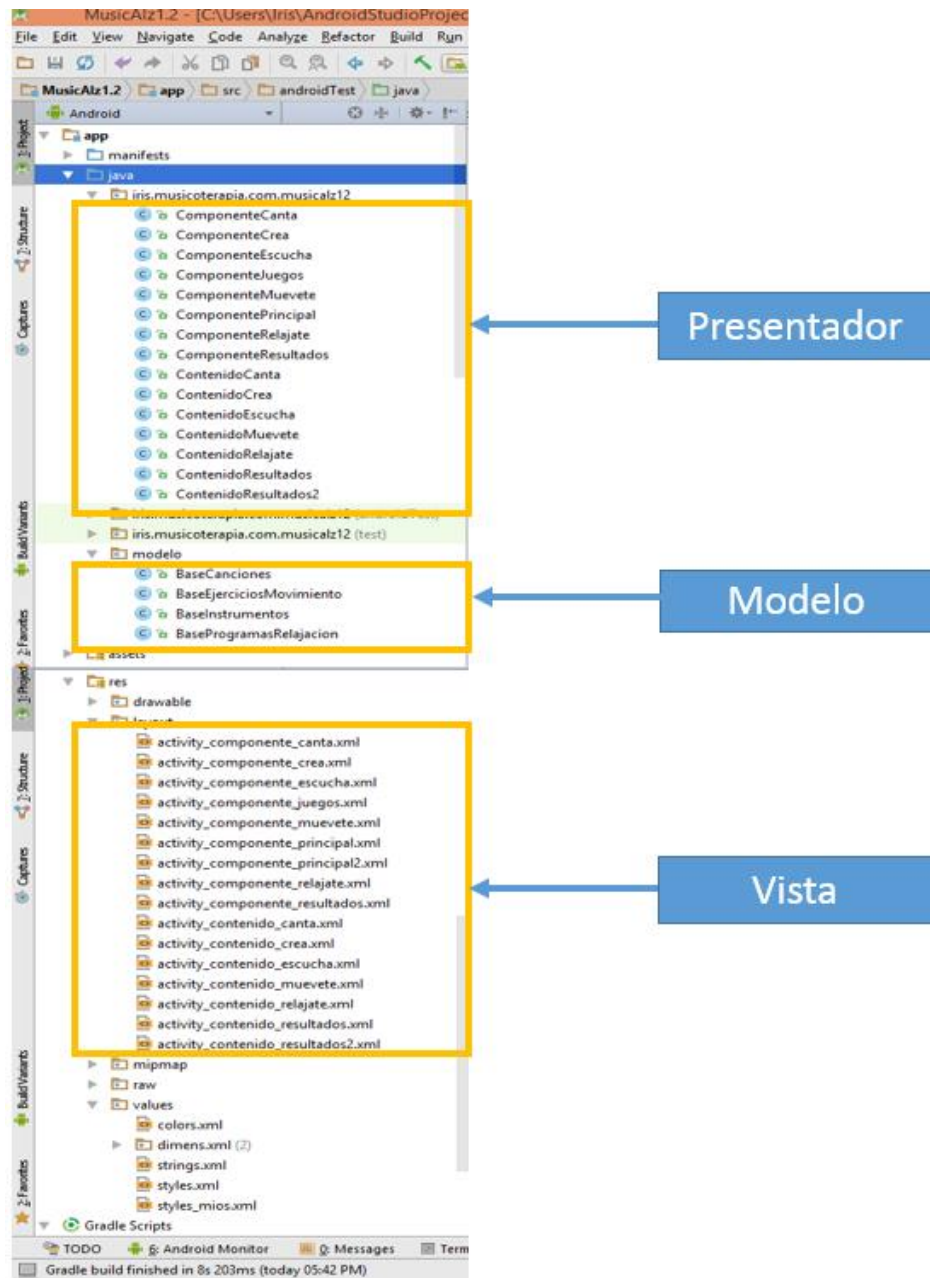


Fig. 41 Aplicación del patrón MVP en el prototipo de la aplicación móvil de musicoterapia (Méndez, 2016).

En la parte del presentador se siguió la estructura de clases que se encuentra especificada en la Figura 39.

En las siguientes secciones se muestran las interfaces gráficas de usuario de cada uno de los módulos, las interfaces gráficas de usuario son la vista de la aplicación; el medio mediante el cual el paciente se comunica con la aplicación móvil.

5.3. Interfaz gráfica principal

En la Figura 42 se observa la interfaz gráfica principal.

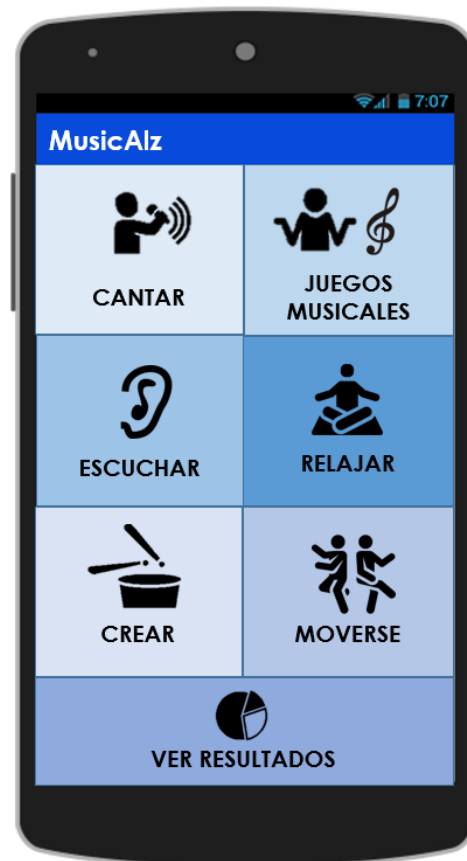


Fig. 42. Interfaz gráfica principal (Méndez, 2016).

5.4. Interfaces gráficas del módulo cantar

Interfaces para seleccionar la canción y posteriormente cantar y grabar la canción (Figura 43).



Fig. 43. Interfaces gráficas del módulo cantar (Méndez, 2016).

5.5. Interfaces gráficas del módulo escuchar

Interfaces para seleccionar la canción y posteriormente escucharla (Figura 44).



Fig. 44. Interfaces gráficas del módulo escuchar (Méndez, 2016).

5.6. Interfaces gráficas del módulo crear

Interfaces para seleccionar un instrumento y posteriormente crear melodías (Figura 45).



Fig. 45. Interfaces gráficas del módulo crear (Méndez, 2016).

5.7. Interfaces gráficas del módulo juegos musicales

Interfaces para seleccionar un juego y posteriormente interactuar con el mismo (Figura 46).



Fig. 46. Interfaces gráficas del módulo juegos musicales (Méndez, 2016).

5.8. Interfaces gráficas del módulo relajar

Interfaces para seleccionar un programa de relajación y posteriormente escucharlo (Figura 47).



Fig. 47. Interfaces gráficas del módulo relajar (Méndez, 2016).

5.9. Interfaces gráficas del módulo moverse

Interfaces para seleccionar un ejercicio de movimiento y posteriormente ejecutarlo (Figura 48).



Fig. 48. Interfaces gráficas del módulo moverse (Méndez, 2016).

5.10. Interfaces gráficas del módulo resultados

Interfaces que muestran los resultados y las gráficas de seguimiento (Figura 49).



Fig. 49. Interfaces gráficas del módulo resultados (Méndez, 2016).

5.11. Validación del prototipo

Existen básicamente 3 puntos de vista distintos en una interfaz de usuario: el del usuario, el del programador y el del diseñador. Cada uno tiene un modelo mental propio de la interfaz, que contiene conceptos y expectativas de la misma, desarrollados a través de su experiencia.

Los niveles de prototipado son: a) prototipos estáticos, b) prototipos dinámicos, c) prototipos robustos. En el caso de la aplicación móvil propuesta se desarrollaron los tres niveles de prototipado, a continuación describimos cada uno de ellos.

Prototipos Estáticos: son aquellos que no permiten la alteración de sus componentes, pero sirven para identificar y resolver problemas de diseño. En esta categoría se incluyen las presentaciones sobre reproductores, papel u otro medio de visualización. Para este nivel en el caso que nos ocupa se desarrollaron varias propuestas que se imprimieron en papel, una versión de estas primeras versiones de los prototipos de las se localizan en la sección 4.4.

Prototipos Dinámicos: permiten la evaluación de un modelo del sistema sobre una estación de trabajo o una terminal. Estos prototipos involucran aspectos de diseño mas detallados que los prototipos estáticos, incluyendo la validación del diseño del sistema en términos de requerimientos no funcionales, por ejemplo de performance. En este nivel, se desarrollaron los prototipos que se encuentran en las secciones de la 5.3 a la 5.11, estas interfaces fueron evaluadas en la simulación de mediante una presentación interactiva de power point.

Prototipos Robustos: deben ser relativamente completos en la simulación de las características dinámicas de la interfaz (presentación de mensajes de error, entrada y edición de datos, etc.). Esta categoría puede ser utilizada para validar los objetivos de diseño. Para este nivel, se desarrollaron los componentes necesarios en un entorno de desarrollo integrado: Android Studio. Se crearon las vistas de la aplicación mediante código XML, y mediante un simulador de un teléfono inteligente fueron probadas ciertas funcionalidades del prototipo.

Ahora bien, para la elaboración de los prototipos se tomó en consideración el diseño centrado en el usuario, que involucra según Travis (2009) tres secretos.

El primero es: el foco temprano y continuo en el usuario y sus tareas

- Identificación de los usuarios
- ¿Qué quieren hacer los usuarios con el producto?
- Crear un perfil de usuario
- Priorizar

El segundo es: medición empírica del comportamiento del usuario)

Aquí se realizan las pruebas de usabilidad para medir:

- La efectividad: cuanta gente logra completar la ruta crítica exitosamente
- La eficiencia: cuanto tiempo le toma a la gente completar la tarea
- La satisfacción: como se siente la gente con respecto al diseño

El tercero es: Diseño interactivo

- Bocetar en papel varios diseños
- Hacer prototipaje en papel
- Hacer varios diseños y probarlos

Para la evaluación de los prototipos y para realizar las pruebas de usabilidad se elaboró una encuesta que contempló tres etapas: 1) recolección de datos generales y gustos, 2) Evaluación de colores, imágenes, botones, es decir la apariencia de la interfaz, 3) las pruebas de usabilidad. Cabe señalar que la encuesta fue contestada por 10 sujetos en un rango de edad entre 65 y 88 años, los cuales no padecen la enfermedad de Alzheimer, sin embargo, como otro de los usuarios que pueden utilizar el prototipo de la aplicación móvil son los cuidadores, está es la razón de la elección de estos usuarios que fungen o pueden fungir como cuidadores de los pacientes con Alzheimer.

Entre los resultados de las pruebas de usabilidad se encuentran los siguientes:

Se seleccionó como tarea crítica: Realizar la secuencia de acciones para cantar y grabar una canción en el módulo de cantar.

- 1) En cuanto a la efectividad: Todos los usuarios lograron completar esta tarea.
- 2) En cuanto a la eficiencia: Se tomó el tiempo para completar la tarea, la mayoría de ellos logró completar la tarea en menos de 1 minuto.
- 3) En cuanto a la satisfacción: Se realizó la pregunta expresa si le gustaría tener una herramienta como la que se presentó, todos los usuarios contestaron que sí.

Capítulo 6. Resultados

En este capítulo se describen las características de la herramienta construida, las formas en las cuales el paciente puede llevar a cabo la personalización del prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia*, las gráficas de seguimiento que pueden ser generadas con la utilización de la herramienta y finalmente los trabajos que han sido realizados y publicados en diversos congresos nacionales como internacionales, así como la publicación en algunas revistas internacionales, siendo productos de investigaciones parciales que se han llevado a lo largo del desarrollo de esta investigación; en sus diferentes facetas hasta llegar a su estado actual.

El prototipo de la aplicación móvil permite al paciente realizar su terapia en un centro de día o en una residencia, donde se encuentre en compañía de otros pacientes; o bien desde su propio domicilio. El musicoterapeuta es un actor principal en el proceso de intervención, ya que son ellos los que determinan la frecuencia y tipo de técnicas/módulos a utilizar. Cabe señalar que este prototipo de la aplicación móvil es una herramienta de apoyo al proceso de intervención.

Las características del prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia*:

- Movilidad: ya que permite utilizarla en cualquier espacio físico.
- Trabajar fuera de línea: para el correcto funcionamiento de la aplicación no es necesario estar conectado a internet.
- Funcionar como portafolio: ya que permite almacenar las grabaciones de las canciones y de las melodías creadas. Teniendo así un archivo personal dentro del dispositivo móvil.
- Personalización de la aplicación: la personalización logra darse en varios sentidos, en cuanto a la interfaz gráfica y en cuanto a las preferencias en el gusto de canciones de cada paciente.
- Participativa: debido a que el paciente tiene que interactuar con el prototipo para de este modo llevar un registro de sus tareas realizadas.

6.1. Personalización del prototipo de la aplicación móvil

En esta sección se detallan las características y elementos que intervienen en el prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* con el objetivo de lograr su personalización. A este respecto se señalan tres formas en la cuales se realizará esta personalización.

La primera de ellas es en cuanto a la modificación de la interfaz con relación a los roles de aplicación. De acuerdo a los roles de aplicación descritos en la sección 4.3.2 y el modelo de interacción de la sección 4.3.3, se definen para cada rol de paciente los módulos que puede utilizar, en el caso del rol de los pacientes con etapa leve, la interfaz que pueden visualizar es la de la Figura 50(a), para el caso del rol de los pacientes con la etapa moderada pueden visualizar la interfaz de la Figura 50(b) y en el caso del rol de los pacientes en etapa grave, los cuales necesitan una ayuda constante, la interfaz a visualizar es la de la Figura 50(c).



Fig. 50. Modificación de la interfaz principal de acuerdo a los roles de aplicación (Méndez, 2016).

En segunda instancia de personalización se da en la modificación de la interfaz gráfica en cuanto a la forma de presentar la interfaz principal, aquí el paciente puede seleccionar que los botones de la aplicación aparezcan con texto (Figura 51a), con imágenes (Figura 51b) o con texto e imágenes (Figura 51c). Esto debido a que algunos pacientes les será más fácil identificar imágenes y a otros texto. Esta modificación de la interfaz puede verse en la Figura 51.



Fig. 51. Modificación de la interfaz principal de acuerdo a forma de presentación (Méndez, 2016).

La tercera forma de personalización es a través de la detección de la música preferida del paciente, esto se logra con el uso constante de la herramienta. En los módulos de Cantar (Figura 52a) y de Escuchar (Figura 52b), se cuenta con una zona en la parte inferior de la pantalla donde se sugiere la siguiente canción. Esta sugerencia se logra a través del número de veces que el paciente ha seleccionado una canción, es decir, entre más veces repita esa canción se asume que

le gusta, por tanto, la herramienta buscará de entre la base de canciones aquellas del mismo género o cantante.



Fig. 52. Personalización a través de la música preferida (Méndez, 2016).

6.2. Gráficas de seguimiento

De acuerdo a Ayyub y Klir (2006) la visualización es cualquier técnica para crear imágenes, diagramas o animaciones para comunicar un mensaje que puede ser utilizado con el propósito de tomar decisiones. Un diagrama es una representación visual simplificada y estructurada de conceptos, ideas, construcciones, relaciones, datos estadísticos, anatomía, etc., utilizados en todos los aspectos de las actividades humanas para visualizar y aclarar un tema. Los diagramas de ejemplo incluyen histogramas, distribuciones de probabilidad, diagramas de árbol, gráficos, matrices, redes, flujos e iconos.

En el caso del prototipo de la aplicación móvil de musicoterapia cada vez que el paciente utiliza la herramienta permitirá llevar un registro de todo lo que va seleccionando para personalizar y mejorar. Diversos elementos van guardándose en el interior de la misma, por ejemplo, los tiempos de uso de cada módulo, las veces que ha seleccionado cierta canción para posteriormente sugerirle música que le gusta, además de las tareas que han sido completadas, entre otros. Con el fin de mostrar los resultados de estos elementos que se van acumulando, se crean gráficas de seguimiento y éstas estarán disponibles en el módulo de “Resultados” del prototipo de la aplicación móvil. Estos resultados (las gráficas de seguimiento) es una forma de visualización de la información y están dirigidos específicamente al musicoterapeuta o profesional de la salud con el objeto de que sean revisados los avances del paciente y para tomar decisiones acerca del tratamiento del mismo.

Cabe señalar que la graficación constante de los datos que aportan las tareas de cada una de las técnicas de musicoterapia, permitirá saber si el entorno interno del paciente es afectado positiva o negativamente y lo más importante es que brinda la posibilidad de visualizar la información con respecto a la evolución del paciente.

A continuación se muestran algunos ejemplos de gráficas de seguimiento que pueden ser generadas por el prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia*. En la Figura 53(a) se ilustran los tiempos totales invertidos en la aplicación por módulo, la Figura 53(b) representa el promedio

de horas por mes por cada uno de los módulos y en la Figura 53(c) se muestra el promedio de horas por día por módulo.

En cuanto a las tareas completadas, se muestran algunos ejemplos de gráficas a ser generadas por el prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia*. En la Figura 54(a) se ilustran las tareas totales completadas por módulo, la Figura 54(b) representa el total de canciones creadas por mes y en la Figura 54(c) se muestra el total de melodías creadas por mes.

Adicionalmente pueden generarse gráficas derivadas, las cuales representan el porcentaje de emociones inferidas en el módulo cantar (Figura 55a) o en el módulo juegos musicales (Figura 55b).

Las gráficas que a continuación se presentan fueron elaboradas manualmente y se incluyen solo como un ejemplo de las gráficas que pueden ser generadas en un futuro por la aplicación.

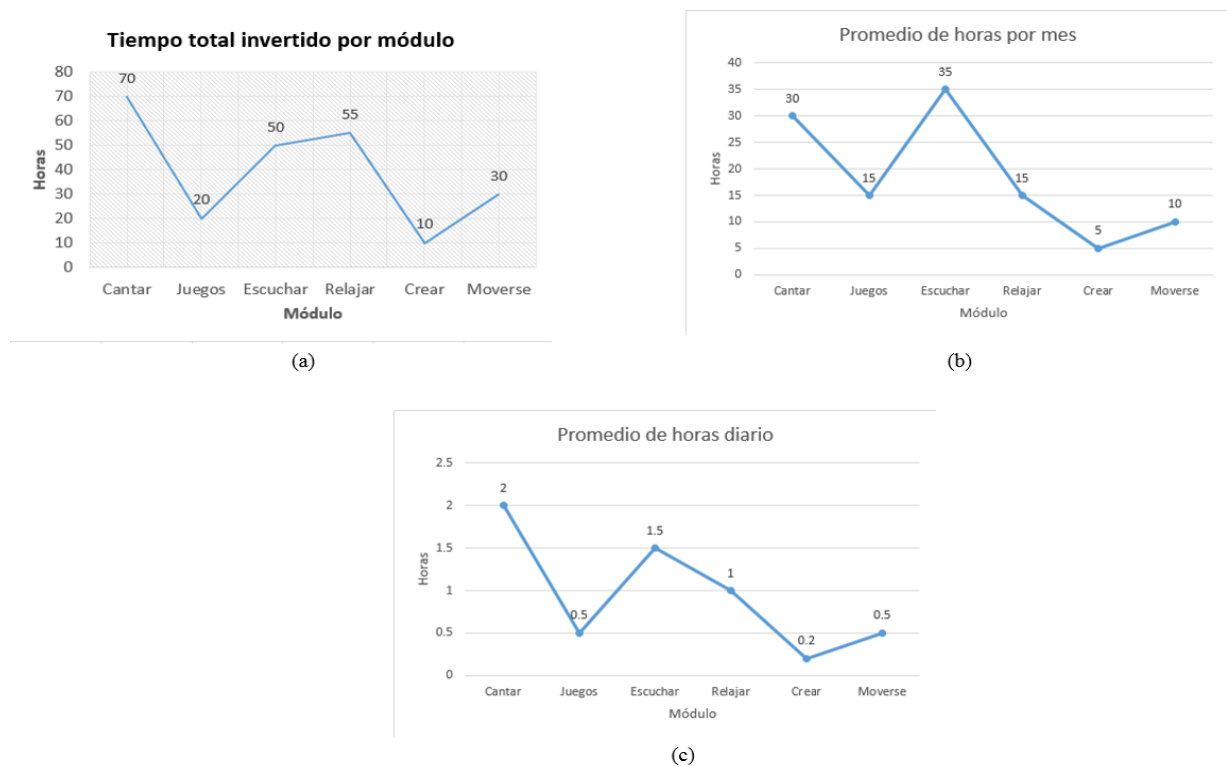
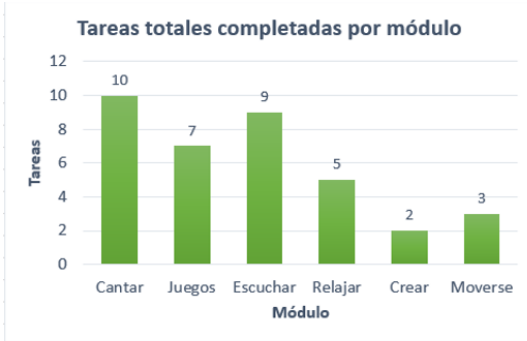
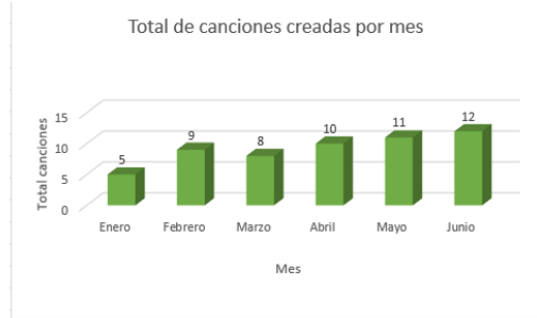


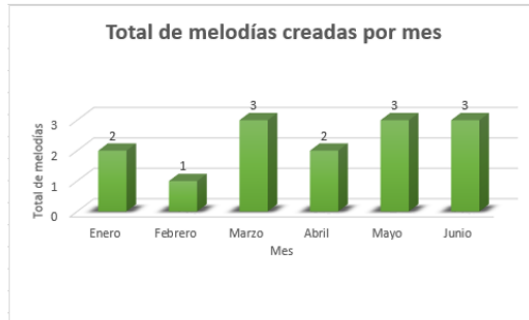
Fig. 53. Gráficas de seguimiento con respecto a los tiempos de utilización por módulo (Méndez, 2016).



(a)



(b)



(c)

Fig. 54. Gráficas de seguimiento de tareas completadas por módulo y por mes (Méndez, 2016).

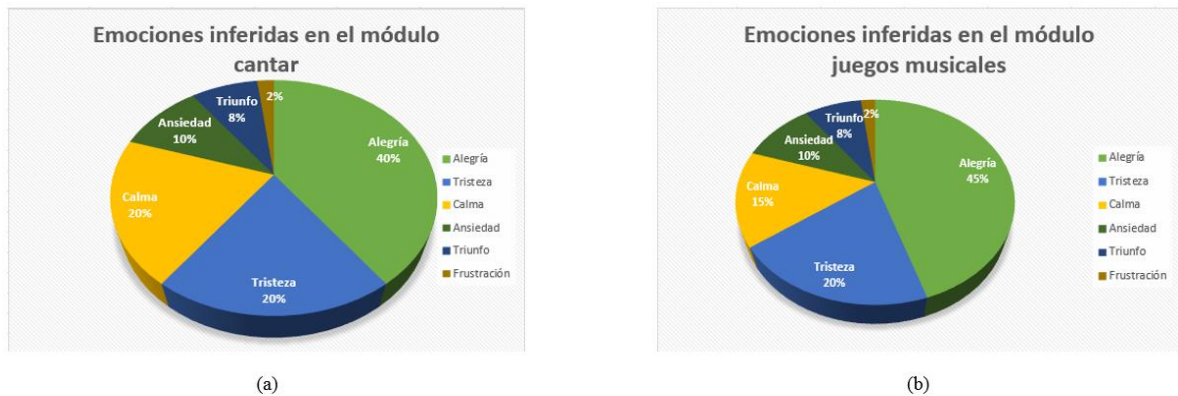


Fig. 55. Gráficas derivadas de emociones inferidas por módulo (Méndez, 2016).

6.3. Trabajos publicados

En esta sección se enumeran los trabajos publicados productos de esta tesis.

6.3.1. Presentaciones en congresos

- 1) GRASP Compared with other Heuristics to Find Minimal Reducts. Congreso: International Conference on Computer Science and Engineering (CSE-11). Organizador: International Congress for Global Science and Technology (ICGST). Lugar y Fecha: Estambul, Turquía. Del 19 al 21 de Diciembre de 2011.
- 2) Encontrar reductos mínimos mediante un algoritmo GRASP. Simposio: 2º Simposio de Matemáticas y Computación. Organizador: Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas de la UAM-C. Lugar y Fecha: Tequesquitengo, Morelos, México. Del 27 al 28 de Octubre de 2011.
- 3) Comprobación de reductos. Congreso: XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI. Organizador: Asociación

Nacional de Instituciones de Educación en Informática, A.C. Lugar y Fecha: Puerto Vallarta, Jalisco, México. Del 13 al 15 de Octubre de 2010.

- 4) Clasificación de fases de demencias utilizando conjuntos imprecisos. Autores: Laureano-Cruces, A., Méndez-Gurrola, I., Ramírez-Rodríguez, J. Congreso: XVII Simposio Internacional de Métodos Matemáticos Aplicados a las Ciencias. Organizador: Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada. Lugar y Fecha: San José, Costa Rica. Del 16 al 19 de Febrero de 2010.
- 5) Aplicaciones de apoyo a pacientes con Alzheimer. Congreso: XXII Congreso Nacional y VIII Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI. Organizador: Asociación Nacional de Instituciones de Educación en Informática, A.C. Lugar y Fecha: Ensenada, Baja California, México. Del 21 al 23 de octubre de 2009.

6.3.2. Artículos publicados

- 1) GRASP Compared with other Heuristics to Find Minimal Reducts. Autores: Méndez-Gurrola, I., Ramírez-Rodríguez, J., Laureano-Cruces, A., Sánchez-de-Antuñano, J. Publicación: Proceedings of International Conference on Computer Science and Engineering (CSE- 11), pp. 245-248. Congreso: International Congress for Global Science and Technology. ICGST. Lugar y Fecha: Estambul, Turquía, 19-21 Diciembre 2011.
- 2) Reductos mínimos con GRASP. Autores: Méndez-Gurrola, I., Laureano-Cruces, A., Ramírez-Rodríguez, J. Publicación: Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones 2011 18(1): 149-162. ISSN: 1409-2433. (Indizada en Zentralblatt MATH). Lugar y Fecha: San José, Costa Rica. Publicación correspondiente: Enero/Julio de 2011.

- 3) Comprobación de reductos. Autores: Méndez-Gurrola, I., Laureano-Cruces, A., Ramírez-Rodríguez, J., Sánchez de Antuñano, J. Publicación: Libro electrónico " XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de Informática y Computación CNCIIC 2010". ISBN 978-607-707-097-9. pp. 376-382. Congreso: XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI. Lugar y Fecha: Puerto, Vallarta, México del 13 al 15 de octubre de 2010.

- 4) Aplicaciones de apoyo a pacientes con Alzheimer. Autores: Laureano-Cruces, A., Méndez-Gurrola, I., Sánchez de Antuñano, J., de Arriaga, F. Publicación: Libro electrónico "Avances en Tecnologías de la Información CNCICC 2009". ISBN 978-607-7854-36-4. pp. 337-342. Congreso: XXII Congreso Nacional y VIII Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI. Lugar y Fecha: Ensenada, Baja California, del 21 al 23 de octubre de 2009.

Agradecemos enormemente el apoyo brindado por el centro de atención diurna: “Alzheimer México, I.A.P: Una esperanza de vida” ubicado en la colonia Roma Sur, de la Ciudad de México, debido a que varios de los algoritmos desarrollados para los trabajos publicados fueron probados con datos reales de pacientes, los cuales fueron proporcionados por los profesionales de salud que laboran en este centro. Es importante mencionar que se respetó la confidencialidad de los datos utilizados y proporcionados por los profesionales de salud, al no utilizarse ninguno que mostrara la identidad de los pacientes.

Recientemente ha sido redactado y listo para someter a una revista el artículo: *Mobile apps in healthcare for patients with Alzheimer’s disease: A review of the scientific literature form the last ten years.*

Capítulo 7. Conclusiones

En este capítulo se describen un conjunto de conclusiones, así como las contribuciones de este trabajo, las limitaciones en el desarrollo y el trabajo futuro.

En este trabajo se llevó a cabo un estudio donde se revisaron 10 años de investigación (iniciando en el año 2006 y finalizando en 2016) de aplicaciones móviles en el cuidado de la salud de pacientes con la enfermedad de Alzheimer, trabajos publicados en diferentes revistas de investigación y conferencias internacionales. Además se llevó a cabo una búsqueda de las aplicaciones móviles comerciales en las tiendas electrónicas más reconocidas dentro de este ámbito: *Google Play* y *App Store*. Mediante este estudio nos percatamos que las *apps* enfocadas a las terapias no farmacológicas para pacientes con Alzheimer son muy pocas y menos aún en específico en musicoterapia para estos pacientes.

Las limitaciones de las *apps* encontradas hicieron visible la necesidad de un desarrollo a la medida que contemplara un enfoque integral de modelos y técnicas de musicoterapia, que fuera en español, que integrara estilos de música propios de la cultura mexicana y que finalmente estuviera dedicada específicamente para pacientes con la enfermedad de Alzheimer. Por lo cual, se diseñó un prototipo de una *app* de musicoterapia que contiene todas estas características. Este prototipo tiene el objetivo primordial de apoyar a los pacientes en su terapia. Además de brindar información tanto a los cuidadores como los profesionales de la salud.

La investigación se consideró pertinente porque trata temas de actualidad y de importancia en el país y en el mundo, como se fundamentó en los antecedentes del capítulo 1 con los datos de organismos internacionales. La investigación analizó y documentó el trinomio Alzheimer/Musicoterapia/*m-Salud*, una relación poco explorada en general. Bajo esta perspectiva, los resultados obtenidos en esta investigación ofrecen una nueva forma de apoyo a los pacientes de Alzheimer mediante el diseño de un nuevo artefacto, el cual involucra el uso de dispositivos inteligentes.

Los supuestos planteados en esta investigación abarcaban realizar una propuesta del diseño de una app de musicoterapia integral, la cual fue llevada a cabo. La propuesta debería incluir diversas técnicas de musicoterapia que proveyeran una forma diferente de interacción con el paciente, el prototipo construido cuenta con esas diversas técnicas. En cuanto a los objetivos se cumplió el desarrollo del prototipo de la aplicación móvil diseñada específicamente para los pacientes con la enfermedad de Alzheimer. Con relación a los objetivos específicos, se analizó y caracterizó la enfermedad de Alzheimer, además de analizar la musicoterapia como un tratamiento no farmacológico con resultados positivos. Se hizo una aportación en el diseño del prototipo de la *app* para el campo de la *m-Salud*.

Como productos de este trabajo de investigación se tiene el primer prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia*, 5 presentaciones en congresos y varios artículos publicados.

7.1. Contribuciones

Se desarrolló un primer prototipo para la posterior implementación completa de la aplicación móvil que ofrezca apoyo en el tratamiento de pacientes con Alzheimer mediante el uso de musicoterapia y un enfoque de integración para cubrir varias áreas del paciente, siendo una visión integral para apoyo tanto para preservar los recuerdos, así como involucrar al mismo en su propia terapia. La propuesta del desarrollo de una *app* y no otro tipo de tecnología, se debe a que esta herramienta puede apoyar las sesiones de musicoterapia de una manera adecuada e integral, ya que permite la interacción con el paciente y la integración de varias técnicas en una sola herramienta. Además permite simular diversos ejercicios que brindarán información para el seguimiento del avance del paciente.

A continuación se desglosan algunas de las contribuciones realizadas en este trabajo de investigación:

Una característica importante de la investigación desarrollada es que se espera que el hecho de integrar varias de las técnicas de la musicoterapia, sea una mejora sobre los artefactos que

actualmente existen en el estado del arte en cuestión. Cada módulo de la aplicación utiliza una técnica, por eso se considera como una herramienta integral de diversas técnicas de musicoterapia, aspecto no abordado en todos los trabajos investigados.

Se realizó un acoplamiento de los módulos de la aplicación móvil con relación a las áreas que se trabajan en cada uno, lo cual está descrito en la sección 4.3.11.

Por otra parte, la personalización de la aplicación móvil fue realizada en al menos tres formas, la primera de ellas es en cuanto a la modificación de la interfaz gráfica de acuerdo a los roles de aplicación, aspecto abordado en la sección 6.1. La segunda forma fue con relación a la interfaz gráfica; donde el paciente podrá decidir si es mejor para él una interfaz con texto o imágenes (sección 6.1.). La tercera forma de personalización implica preferencias musicales y esto se realizará en dos de los módulos, en el de cantar: secciones 4.3.5 y 4.4.2; y en el de escuchar: secciones 4.3.6 y 4.4.3.

Se definió un conjunto de tareas en cada uno de los módulos del prototipo la aplicación con estas tareas es posible evaluar el avance el paciente (sección 4.3.4).

Se incluye y adapta una estructura cognitiva de las emociones que está definida en uno de los módulos (módulo afectivo) que es transversal a todos los módulos, ya que se aplica a todos ellos, sección 4.3.12.

Se diseñó una interfaz gráfica de usuario con elementos de teoría del color, tipografía, elementos de ergonomía cognitiva, leyes Gestalt entre otros, sección 4.4.

Para hacer énfasis en la visualización de la información que puede ser generada se incluyó un módulo de resultados en el prototipo de la aplicación móvil, el cual contiene tablas y graficas de seguimiento que brindan información que servirá para medir el avance del paciente, secciones 4.3.13, 4.4.8 y 6.2. Cabe señalar que las gráficas de seguimiento son específicamente para los

profesionales de la salud, con ellas será posible mostrar información que servirá para la toma de decisiones con respecto a las terapias del paciente.

El primer prototipo de la *app* cuenta con actividades interactivas que intentan fomentar la autonomía del paciente en el contexto del tratamiento. Con este prototipo de la *app* se pretende mantener las habilidades preservadas e intentar recuperar funciones con deficiencia o pérdidas en enfermos en fases leves, moderadas y graves, influyendo así en su calidad de vida.

El prototipo de la *app* utiliza un enfoque integral de musicoterapia mediante el apoyo de la tecnología en el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer, pudiéndose extender a otros tratamientos para diversas enfermedades. Una ventaja de esta forma de tratamiento mediante el prototipo de la aplicación móvil es que una vez finalizada la implementación completa, el costo de la aplicación móvil será nulo (es decir cuando esté finalizada y se pueda descargar desde las tiendas electrónicas), se considera una utilidad muy alta, debido al incremento en el uso de dispositivos móviles por parte de adultos mayores, además de que será una aplicación accesible a grandes poblaciones de personas sin que suponga un incremento en el costo de implantación en un centro de día.

El prototipo de MusicAlz pretende fomentar en el paciente un papel más activo respecto a su propia terapia, se espera que la utilización de los módulos del prototipo de la *aplicación móvil de musicoterapia* lo ayuden a conservar aspectos en las áreas cognitivas, conductuales, físico-motriz y socio-emocional. Una vez que esta herramienta se implemente en su totalidad y se formalice como una *app*, permitirá al paciente trabajar constantemente incluso desde su propio domicilio, de tal forma que sus recuerdos no se pierdan tan fácilmente, o acceder a recuerdos que antes no podían ser rescatados por otros medios.

Los resultados de la evaluación de los ítems seleccionados descritos en la sección 4.3.11 de acuerdo con los módulos del prototipo la aplicación móvil se espera que estos permitan dar una mejor visión e importancia a los cambios y variaciones cognitivas y conductuales de los pacientes, permitiendo analizar la disminución, mantenimiento o avance del deterioro de la

memoria, de las funciones físico-motrices y socio-emocionales del paciente, a través de la información recolectada y posteriormente interpretada por los expertos.

Como parte de esta investigación se desarrolló un algoritmo GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) el cual busca reducir el número de limitaciones a ser evaluadas a la hora de clasificar los síntomas del paciente, para ubicarlo en una etapa en específico. El algoritmo desarrollado incluye conceptos de la teoría de conjuntos imprecisos y hace uso de una función de aptitud de los algoritmos genéticos para utilizarla como función miope dentro de uno de los procedimientos. Posteriormente, se realizaron mejoras al algoritmo desarrollado y se encontraron mediante este algoritmo varios reductos (conjunto de limitaciones) que representaban una importante reducción de los elementos a evaluar (para ver más detalles de este trabajo revisar la sección de 6.3.2 de artículos publicados).

Uno de los aspectos relevantes en esta investigación fue el poder conjuntar los conocimientos con relación a la enfermedad de Alzheimer y a la musicoterapia para proponer la construcción de tecnología que sirva como apoyo a los tratamientos de los pacientes con esta enfermedad.

7.2. Limitaciones

El primer prototipo de la *app* fue desarrollado en una PC bajo el entorno de desarrollo integrado “Android Studio”, este entorno permite desarrollar para una amplia gama de dispositivos móviles (teléfonos móviles y *tablets*) en particular todos aquellos que cuenten con sistema operativo *Android*.

Una limitación adicional fue el tiempo de desarrollo ya que solo fue posible desarrollar para *Android* y no para iOS. Además sólo fue implementado una pequeña parte de la aplicación, por tanto solo se considera un prototipo de la misma.

Los centros de día fueron una limitación más, ya que sólo fue posible conseguir el apoyo de uno de ellos.

7.3. Trabajos futuros

En el sentido de las limitaciones descritas anteriormente, a futuro se podría implementar en dispositivos con sistema operativo iOS, trabajando bajo el *framework* de *Xamarin*, debido a que este *framework* permite la posibilidad de realizar aplicaciones multiplataforma y la reutilización de código.

En el prototipo desarrollado se incluye una base pequeña de canciones, ejercicios, instrumentos, programas y juegos en cada uno de los módulos según corresponda, sin embargo, queda abierta la posibilidad de incorporar nuevas canciones, ejercicios o juegos en cada módulo, lo cual permitirá enriquecer la aplicación mediante diferentes estilos, ámbitos y actualizarla con nuevos géneros musicales.

Para probar ciertas funcionalidades del prototipo de la *app* se desarrollaron sólo dos módulos de la misma: el de cantar y el de escuchar. Como trabajo futuro se espera implementar todos los módulos de la aplicación y generar las condiciones necesarias para poder ofrecer la aplicación en *Google Play*, de donde podrá ser descargada por cualquier usuario.

Algunas veces, es difícil el seguimiento continuo por parte del profesional de la salud para con sus pacientes, debido a cuestiones como tiempo, distancia, número de pacientes, entre otros. Se espera que el uso del prototipo de la aplicación móvil permita por un lado el mejor seguimiento y control de los pacientes, así como la posibilidad de llevar a cabo estudios controlados que incorporarán los resultados del seguimiento de los mismos.

Otro trabajo futuro contempla la posibilidad de adaptar *MusicAlz* para otro tipo de demencias o para otro tipo de enfermedades, que pueden ser tratadas mediante la musicoterapia.

Como se mencionó en la sección de contribuciones cada módulo en la aplicación representa una técnica de musicoterapia, pero cabe señalar que no son las únicas técnicas, existen otras como la

música y reminiscencia, música y estimulación, escritura de canciones, terapias vibroacústica, estimulación vibro táctil, técnicas para reducción de estrés, entre otras, sería conveniente investigar y adaptar algunas de estas técnicas a la aplicación móvil.

Otra trabajo a futuro sería automatizar la evaluación de los ítems seleccionados descritos en la sección 4.3.11 de acuerdo con los módulos de la aplicación móvil, esto permitiría dar una mejor visión e importancia a los cambios y variaciones del paciente de forma mucho más rápida.

Finalmente sería conveniente llevar a cabo un estudio contralado mediante la utilización de la aplicación móvil cuando esté completamente desarrollada y que estos resultados pudieran dar luz sobre los posibles aspectos a modificar en la herramienta y sobre todo recoger los datos que pudieran ser de interés para los profesionales de la salud.

Bibliografía

Abbate, S., Avvenuti, M., Light, J. (2012). MIMS: A Minimally Invasive Monitoring Sensor Platform. In *IEEE Sensors Journal*, vol. 12, no. 3, pp. 677-684

Aldridge, D. (2005) *Music Therapy and Neurological Rehabilitation: Performing Health*; Jessica Kingsley Publisher; London.

Altenmüller, E., Schlaug, G. (2015). Apollo's gift: new aspects of neurologic music therapy. *Prog Brain Res.* 217: 237–252.

Alzheimer's Disease International (2009). *World Alzheimer's Report 2009*. London.

Alzheimer's Disease International. (2015). *World Alzheimer Report 2015: The global impact of Dementia, an analysis of prevalence, incidence, cost and trends*. London.

Amador Román, I. (2013). *nfcTicketing: Aplicación para uso de tiques de transporte público*. Proyecto de Fin de Carrera. Ingeniería en Informática. Universidad Carlos III de Madrid.

Amaya Balaguera, Y. (2013). Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles, estado actual. *Revista de Tecnología, Journal Technology*, Volumen 12, Número 2, Págs. 111-124.

American Music Therapy Association. (2006). *Music therapy and Alzheimer's Disease*. Recuperado de: http://www.musictherapy.org/assets/1/7/MT_Alzheimers_2006.pdf

American Music Therapy Association. (2016). *Definition and Quotes about Music Therapy*. Recuperado de: <http://www.musictherapy.org/about/quotes/>

Ancient, C., Good, A., Wilson, C., Fitch, T. (2013). Can Ubiquitous Devices Utilising Reminiscence Therapy Be Used to Promote Well-Being in Dementia Patients? An Exploratory Study. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services for Quality of Life*. Volume 8011 of the series LNCS. pp 426-435.

Anderson G, Horvath J. (2004). The growing burden of chronic disease in America. *Public Health Reports*. 2004;119(3):263-70.

Avilés, J.M., Gil-García, J.R, y Ramírez-Hernández, F. (2012). e-Salud en México: antecedentes, objetivos, Logros y retos *Espacios Públicos*, vol. 15.

Ayyub, B., Klir, G. (2006). *Uncertainty Modeling and Analysis in Engineering and the Sciences*. Taylor & Francis Group, LLC.

- Baird, A., Samson, S. (2009). Memory for Music in Alzheimer's Disease: Unforgettable?. *Neuropsychol Rev.* 19: 85–101.
- Barreto, A., Oliveira, R., Sousa, F., Cardoso A., Duarte, C. (2014). Environment-aware system for Alzheimer's patients. *Wireless Mobile Communication and Healthcare (Mobihealth), EAI 4th International Conference on*, Athens, pp. 300-303.
- Basco Prado, L., Fariñas Rodríguez, S. (2013). Neuroplasticidad y psicoestimulación en enfermos de Alzheimer. *Alzheimer. Real Invest Demenc.* 53 pp. 39-44
- Benenzon, R. (2000). *Musicoterapia: de la teoría a la práctica*. Buenos Aires: Paidós. p. 25-174.
- Benveniste, S., Jouvelot, P. and Péquignot, R. (2010). The MINWii Project: Renarcissization of Patients Suffering from Alzheimer's Disease Through Video Game Based Music Therapy. H.S. Yang et al. (Eds.): ICEC 2010, LNCS 6243, pp. 79–90, 2010.
- Bernard, E. (2015). Los efectos saludables de cantar. *Mente y Cuerpo*, núm. 72. pp 28-33.
- Blanco, P., Camarero, J., Fumero, A., Werterski, Al., Rodríguez. R. (2009). Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles Introducción al desarrollo con *Android* y el *iPhone*. Consultado el 20 de Octubre de 2016. Disponible en: http://www.adamwesterski.com/wp-content/files/docsCursos/Agile_doc_TemasAnv.pdf
- Braun, A., Constantelou, A., Karonou, V., Ligtoet, A., Burgelman, J.C., and Cabrera, M. (2004). eHealth in the context of a European ageing society. A prospective study. European Commission DG JRC, ITPS Tech. Rep. EUR, vol 21377.
- Bravo, J., Hervás, R., Gallego, R., Casero, G., Vergara, M., Carmona, T., Fuentes, C., Gachet, D., Nava, S., Chavira, G., Villarreal, V. (2008). Identification technologies to support Alzheimer contexts. In *Proceedings of the 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRA '08)*, Fillia Makedon, Lynne Baillie, Grammati Pantziou, and Ilias Maglogiannis (Eds.). ACM, New York, NY, USA, Article 53, 2 pages.
- Brescané, R. (2015) Influencia del color en los enfermos de Alzheimer. Know Alzheimer. <http://knowalzheimer.com/influencia-del-color-en-los-enfermos-de-alzheimer/>
- Brody, H., Arasaratnam, C.(2012) Meta-analysis of nonpharmacological interventions for neuropsychiatric symptoms of dementia. *Am J Psychiatry.* 169: 946–53.
- Bruscia, K. (1989). *Defining Music Therapy*. Barcelona Publishers. pp. 182.

- Callahan, C.M., Arling, G, Tu, W., Rosenman, M.B., Counsell, S.R., Stump, T.E., *et al.* (2012). Transitions in care for older adults with and without dementia. *J Am Geriatr Soc* 60:813–20.
- Camisuli, D.M., Danti, S., Bosinelli, F., Cipriani, G. (2016) Non-pharmacological interventions for people with Alzheimer's Disease: A critical review of the scientific literature from the last ten years. *European Geriatric Medicine* 7, 57–64.
- Cañas, J.J. (2003). Ergonomía Cognitiva. *Alta dirección*, vol. 227, 66-70
- Cárdenas Correa, C. (2010). Conservación de la memoria episódica en pacientes con demencia tipo Alzheimer: Efectos de un programa musicoterapéutico centrado en la memoria musical. Trabajo de grado. Magister en Musicoterapia. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Castro, L.A., Favela, J., Quintana, E., Perez, M. (2015). Behavioral data gathering for assessing functional status and health in older adults using mobile phones. *Personal and Ubiquitous Computing*, 19 (2), pp. 379-391.
- Chaldogridis, A. (2015). Cognitive training supported by information and communication technologies, *Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL)*, *International Conference on*, Thessaloniki, pp. 425-429.
- Collazos, H. (2007). *Técnicas de Investigación*. Bogotá, UNAD
- Constantine, L. (2000) What Do Users Want? Engineering Usability into Software. Constantine & Lockwood. <http://www.foruse.com/articles/whatusers.pdf>
- Dalla Bella, S., Tillmann, B. (2015). Ritmo para recuperar la marcha. *Mente y cerebro* 72. pp. 34-41.
- De Castro, M., Mercadal Brotons, M. (2015). La música también ayuda a demorar los efectos del Alzheimer. *Mente y cerebro* 72. Pp. 38-39.
- De Leo G, Brivio E, Sautter SW. (2011). Supporting Autobiographical Memory in Patients with Alzheimer's Disease Using Smart Phones. *Applied Neuropsychology*. 18(1):69-76.
- De los Reyes Aragón, C. J., Arango Lasprilla, J. C., Rodríguez Díaz, M. A., Perea Bartolomé, M. V., Ladera Fernández, V. (2012). Rehabilitación Cognitiva en pacientes con Enfermedad de Alzheimer. *Psicología desde el Caribe*, vol. 29, núm. 2, pp. 421-455.
- Deus, J. (2006). Estimulación cognitiva en demencias: eficacia o placebo. *Informaciones Psiquiátricas*. Número 184. Departamento de Psicología Clínica y de la Salud. Universidad Autónoma de Barcelona. Institut d'Alta Tecnologia, Parc de Recerca Biomédica de Barcelona.

- Dickinson, A., Newell, A.F., Smith, M.J., Hill, R.L. (2005). Introducing to the over-60s: Developing an Email System for Older Novice Computer Users. *Interacting with Computers* 17, 621–642
- Flora, H., Chande, S., Wang, X. (2014). Adopting an Agile Approach for the Development of Mobile Applications. *International Journal of Computer Applications*. Volume 94, No.17, pp. 43-50.
- Foundation, BrightFocus (2013). www.brightfocus.org/
- García, E. (2014). Intervenciones no farmacológicas. Musicoterapia en personas con Demencia. Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO). Madrid. España.
- Gatzoulis, L., Iakovidis, I. (2007). Wearable and Portable eHealth Systems, *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE*, vol.26, no.5, pp.51-56.
- Geddes J., Warwick, K. (2010). Cloud based global positioning system as a safety monitor for dementia patients, *Cybernetic Intelligent Systems (CIS), 2010 IEEE 9th International Conference on*, Reading, pp. 1-6.
- Gregor, P., Newell, A.F., Zajicek, M. (2002). Designing for Dynamic Diversity - Interfaces for Older People/. In: *Proceedings of the Fifth International ACM Conference on Assistive Technologies*, pp. 151–156. ACM Press, New York
- Griol, D., Molina, J.M. (2015). An ambient assisted living mobile application for helping people with Alzheimer. *Communications in Computer and Information Science*, 524, pp. 3-14.
- Gutiérrez Grau, M.R. (2014). Musicoterapia en Alzheimer. Know Alzheimer. Disponible en: <http://knowalzheimer.com/musicoterapia-en-alzheimer/>
- Guzmán-Vélez, E., Feinstein, J. S., Tranel, D. (2014). Feelings Without Memory in Alzheimer Disease. *Cognitive & Behavioral Neurology*. Vol. 27 (3) pp. 117-129
- Hassan Montero, Y. (2015). Experiencia de Usuario: Principios y Métodos. http://yusef.es/Experiencia_de_Usuario.pdf
- Hawthorn, D. (2000). Possible Implications of Aging for Interface Designers. *Interacting with Computers* 12, 507–528
- Instituto Nacional de Geriátría/Secretaría de Salud. (2014) Plan de acción Alzheimer y otras demencias. México.
- Invarato Menéndez, R. (2014). Android 100% . <http://jarroba.com/libro-android-100-gratis/>

Istepanian, R., Jovanov, E., Zhang, Y.T. (2004). Introduction to the Special Section on M-Health: Beyond Seamless Mobility and Global Wireless Health-Care Connectivity. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. Vol. 8, No. 4.

Jacobsen, J., Stelzer, J., Hans Fritz, T., Che´telat, G., La Joie, R., Turner, R. (2015). Why musical memory can be preserved in advanced Alzheimer’s disease, *BRAIN*, 1-13.

Jiménez Moreno, R., Poot Aké, A., Sarro Ramírez, A., Murillo Rodríguez, E. (2016). ¿Qué es la enfermedad de Alzheimer?. *Comunicaciones libres. Ciencia*. pp. 22-27.

Johnson-Laird, P. N. (2005) “Mental models and thought”, en: Holyoak, K. J. & Morrison, R. G. (Eds.) *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*, Cambridge University Press: 185–208.

Koldrack, P., Henkel, R., Krüger, F., Teipel, S., Kirste, T. (2015). Supporting situation awareness of dementia patients in outdoor environments. In *Proceedings of the 9th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth '15)*. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), Brussels, Belgium, Belgium, pp. 245-248.

Kowtko, M. (2012). Using assistive technologies to improve lives of older adults and people with disabilities. *Systems, Applications and Technology Conference (LISAT), IEEE Long Island, Farmingdale, NY*, pp. 1-6.

Lago Castro, P. (2006). Cuando la música se trabaja de los pies a la cabeza pasando por el corazón: música y Alzheimer. Alzheimer: un reto presente y futuro. Asociación familiares enfermos Alzheimer A Coruña (AFACO). España

Laureano-Cruces, A.L., Hegmann-González, E. (2011). Maze Videogame that Adapts to the User’s Emotions According to his Behavior, *ICGST – Artificial Intelligence Machine Learning Journal*, Vol. 11, No. 2, 2011, pp. 21-25. <http://www.icgst.com/paper.aspx?pid=P1121102462>

Laureano-Cruces, A.L., Mora-Torres, M., Sánchez-Guerrero, L., Ramírez-Rodríguez, J., Montiel-Bernal, I.I. and Allier-Pavia, E.B. (2015) Dynamic Interaction through a Reactive Interface in Patients with Dementia, by Means of Cognitive Stimulation. *E-Health Telecommunication Systems and Networks*, 4, 57-67.

Lin, J.C. (1999). Applying telecommunication technology to health-care delivery, *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE*, vol.18, no.4, pp. 28-31.

López Escobar, A. (2015). Musicoterapia en Alzheimer: Propuesta de intervención psicopedagógica centrada en un estudio de caso. Trabajo de fin de Máster. Máster Universitario en Psicopedagogía. Universidad de Valladolid. España.

- Manzi, A., Fiorini, L., Esposito, R., Bonaccorsi, M., Mannari, I., Dario, P., Cavallo, (2016). F.: Design of a cloud robotic system to support senior citizens: the KuBo experience. *Autonomous Robots*, pp. 1-11. Article in Press.
- Martín, E. (2011). La musicoterapia al día. Entrevista con Elvira Martín Martín. <http://recursostic.educacion.es/artes/rem/web/index.php/entrevistas/item/311-la-musicoterapia-al-d%C3%ADa-entrevista-con-elvira-mart%C3%ADn-mart%C3%ADn?tmpl=component&print=1&lang=ca&type=raw>
- Martínez-Ballesté, A., Budesca, F.B., Solanas, A. (2015). An autonomous intelligent system for the private outdoors monitoring of people with mild cognitive impairments. *E-Health and Telemedicine: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, 2, pp. 693-708.
- Matarić, M. (2014). Socially assistive robotics: human-robot interaction methods for creating robots that care. In *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction (HRI '14)*. ACM, NY, USA, 333-333.
- Mateos Hernández, L. A. (2009). *Musicoterapia y Alzheimer*. Guía de Implantación. Salamanca: CRE IMSERSO. España.
- Mateos Hernández, L., del Moral Marcos, M., San Romualdo Corral, B. (2012). Sistema de Evaluación Musicoterapéutica para Personas con Enfermedad de Alzheimer y otras Demencias. *Colección Documentos. Serie Documentos Técnicos* N.º 21021. Primera edición. Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO). España.
- Megalingam, R.K., Pocklassery, G., Jayakrishnan, V., Mourya, G., Thulasi, A.A. (2014). Smartphone based continuous monitoring system for home-bound elders and patients. *Communications and Signal Processing (ICCSP), 2014 International Conference on*, Melmaruvathur, pp. 1173-1177.
- Melander-Wikman A, Fältholm Y, Gard G. (2008). Safety vs. privacy: elderly persons' experiences of a mobile safety alarm. *Health & Social Care in the Community*. 16(4):337-46.
- Mercadal-Brotons, M. y Marti, P. (2005). Musicoterapia y demencias, una revisión bibliográfica. Centre Clinic de Musicoterapia. En: *Interpsiquis*. Barcelona: Universidad Ramon Lull.
- Mesulam, M-M. (2000). *Principles of behavioral and cognitive neurology*. Oxford: Oxford University Press.
- Mobile-D. (2016). Disponible en: <http://agile.vtt.fi/mobiled.html>. Consultado el 26 Septiembre de 2016.
- Mora-Torres, M. (2015). La representación cognoscitiva de las emociones como elemento que potencia la eficacia en la toma de decisiones de un agente pedagógico. Tesis para optar por el grado de Doctora en Ciencias (Computación). UNAM.

Moreira, H., Oliveira, R., Flores, N. (2013). STAlz: Remotely supporting the diagnosis, tracking and rehabilitation of patients with Alzheimer's. *e-Health Networking, Applications & Services (Healthcom), IEEE 15th International Conference on*, Lisbon, pp. 580-584.

Nezerwa M., et al. (2014). Alive Inside: Developing mobile apps for the cognitively impaired. *Systems, Applications and Technology Conference (LISAT), 2014 IEEE Long Island*, Farmingdale, NY, pp. 1-5.

Nezerwa M., et al. (2015) Universal design with mobile app development: Bridging the Gap for the forgotten populations. *Systems, Applications and Technology Conference (LISAT), 2015 IEEE Long Island*, Farmingdale, NY, pp. 1-6.

Nogueira, C., Bublitz, F.M., de Almeida, H.O., Gorgônio, K.C., Perkusich, A. (2013). Framework for developing applications for remote monitoring of people with dementia, *2013 IEEE 9th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)*, Lyon, pp. 291-296.

Olazarán J. et al. (2010). Eficacia de las terapias no farmacológicas en la enfermedad de Alzheimer: una revisión sistemática. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 321458, p.2. Recuperado de: <http://www.mariawolff.org/pdf/fmw-publicaciones-terapias-no-farmacologicas-en-la-ea.pdf>

Olmedo, J. (2014). Música para “Despertar”. <http://www.musicaparadespertar.com/>
<https://www.youtube.com/watch?v=IdAK2NoPwHU>

Organización Mundial de la Salud. (1992). International statistical classification of diseases and related health problems, 10th Revision. Geneva, World Health Organization.

Organización Mundial de la Salud. (2004). La Organización Mundial de la Salud lanza una nueva iniciativa para afrontar las necesidades sanitarias que plantea el rápido envejecimiento de la población. Recuperado de: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr60/es/>

Organización Mundial de la Salud. (2015) Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud. Suiza.

Organización Mundial de la Salud. (2016). Dementia. Fact sheet. Consultado en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs362/en/>

Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud (2013). Demencia una prioridad de salud pública. Washington, D.C.

Ortony, A.; Clore, G. L.; Collins, A. (1996) La Estructura Cognitiva de las Emociones. Siglo Veintiuno de España Editores, Madrid, España.

- Ozen, Y., Ozdemir O., Bandirmali, N. (2015). Android based energy aware real-time location tracking system. *Seventh International Conference on Ubiquitous and Future Networks*, Sapporo, pp. 842-844.
- Peña, C. (2014). ¿Qué estados de México prefieren Android y cuáles iOS?. http://www.parentesis.com/noticias/internet_redes_sociales/Que_estados_de_Mexico_prefieren_Android_y_cuales_ios
- Pinto Fontanillo, J. *et al.* (2007). La enfermedad de Alzheimer y otras demencias. Detección y cuidados en las personas mayores. Edita: Dirección General de Salud Pública y Alimentación. Madrid, España.
- Poch, S. (1999). Compendio de Musicoterapia. España: Herder, Vol. I- 39-165. Vol. II 571-581.
- Poch, S. (2001). Importancia de la musicoterapia en el área emocional del ser humano. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 42, pp. 91,113.
- Quintana, E., Favela, J. (2013). Augmented reality annotations to assist persons with Alzheimers and their caregivers. *Personal Ubiquitous Comput.* 17, 6, pp.1105-1116.
- Ramos, V. (2007). Las TIC en el sector de la salud, Monografía en internet. España: instituto de salud Carlos III.
- Reeve, J. (2001). *Motivación y Emoción*. McGrawHill
- Reyes, A.K., Camargo, J.E., Díaz, G.M. (2015). Pervasive mobile application to assist elderly people with cognitive impairment. *Computing Colombian Conference (10CCC)*, 10th, Bogota, pp. 229-236.
- Reyes, A.K., Camargo, J.E., Díaz, G.M. (2016). Design of a mobile application to support non-pharmacological therapies for people with alzheimer disease. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries LNAI and LNB)*, 9545, pp. 321-332.
- Rossato-Bennett, M. Director (2014). Documental: Alive Inside. Reparto y equipo: Dan Cohen, Oliver Sacks, Bobby McFerrin.
- Sacks, O. (2006). The power of Music; *Brain*, 129, 2528–2532.
- Sánchez de Antuñano, J. (2006). Cultura Material: Una consecuencia de la humanización del Mundo. Coloquio. Documento no publicado.
- Sánchez López, M.A., Fernández Alemán, J.L., Toval, A., Carrillo de Gea, J.M. (2015). Teléfonos inteligentes para la tercera edad: una revisión de aplicaciones móviles de salud. *Rev. costarric. salud pública* vol.24 n.1 San José. pp. 30-42.

Sayago, S., Blat, J. (2010). Telling the Story of Older People E-mailing: An Ethnographic Study. *International Journal of Human-Computer Studies* 68, 105–120.

Sistemas Inteligentes. (2013). Logros de la ingeniería de sistemas: Sistemas operativos móviles. <http://corpsystem.blogspot.mx/2013/02/logros-de-la-Ingenieria-de-sistemas.html>

Smith, G.E. (2013). Everyday technologies across the continuum of dementia care. *35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, Osaka, pp. 7040-7043.

Sosa, AL., *et al.* (2012). Grupo de Investigación 10/66, Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Manuel Velasco Suárez” y la Organización Internacional sobre la Enfermedad de Alzheimer (ADI, por sus siglas en inglés).

Svansdottir, H.B., Snaedal, J. (2006). Music therapy in moderate and severe dementia of Alzheimer’s type: a case-control study. *International Psychogeriatrics*. 18(4): 613-621.

Tapus, A., Tapus, C., Mataric, M.J. (2009). The use of socially assistive robots in the design of intelligent cognitive therapies for people with dementia. *2009 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, Kyoto International Conference Center, pp. 924-929.

Travis, D. (2009). La fábula del diseñador centrado en el usuario. *UserFocus*.

Ugulino, W., Ferreira, M., Velloso E., Fuks, H. (2012). Virtual Caregiver: A System for Supporting Collaboration in Elderly Monitoring. *2012 Brazilian Symposium on Collaborative Systems*, Sao Paulo, pp. 43-48.

Varela Ruiz, M., Díaz Bravo, L., García Durán, R. (2012). Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud. *Investigación en Educación Médica*. 1(2):90-95

Vergara, J.A., Ramírez Y.M., and Camargo, J.E. (2015). A pervasive and ubiquitous mobile health application for tracking people with disabilities, *Computing Colombian Conference (10CCC)*, 10th, Bogota, pp. 206-213.

Villamizar Quintero, M. J. (2007). La musicoterapia como tratamiento para la conservación de la memoria, el esquema corporal y las nociones espacio-temporales en pacientes con demencia tipo Alzheimer. Tesis de grado para optar en título de maestría en musicoterapia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Villarreal, V., Silvera, A., Muñoz, L. (2014). Mobile Physical Rehabilitation of Patients through Intelligence Devices. *Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence. Personalisation and User Adapted Services*. Volume 8867 of the series LNCS pp 13-16.

Villaseñor, A. (2015). ¿Por qué es importante la inversión de la pirámide poblacional en México?. *Multipress*. <http://multipress.com.mx/estudios/por-que-es-relevante-la-inversion-de-la-piramide-poblacional-en-mexico/>

- Vital Wave Consulting. (2009). *mHealth for Development: The Opportunity of Mobile Technology for Healthcare in the Developing World*. Washington, D.C. and Berkshire, UK: UN Foundation-Vodafone Foundation Partnership.
- Vos, T., Goss, J., Begg, S., Mann, N. (2007) *Projection of health care expenditure by disease: a case study from Australia*. New York: United Nations; (Background paper for the United Nations).
- Vuong, N.K., Goh, S.G.A., Chan S., Lau, C.T. (2013). A mobile-health application to detect wandering patterns of elderly people in home environment. *35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, Osaka, pp. 6748-6751.
- Wai Soon, S., Wei, L.T., Mahinderjit Singh, M., Husin, M.H. (2015). INdoor-OUtdoor Elderly CARing SystEm (NOTECASE), *Technology Management and Emerging Technologies (ISTMET), 2015 International Symposium on*, Langkawai Island, pp. 136-141.
- Wan, C. Y., Rüber, T., Hohmann, A., Schlaug, G. (2010). The Therapeutic Effects of Singing in Neurological Disorders. *Music Percept.* 2010 April 1; 27(4): 287–295.
- Wang, Y. (2012). When Music, Information Technology, and Medicine Meet. *MIRUM'12*, Nara, Japan. ACM 978-1-4503-1591-3/12/11., 43-44.
- Xenakidis, C.N., Hadjiantonis, A.M., Milis, G.M. (2014). A Mobile Assistive Application for People with Cognitive Decline, *Interactive Technologies and Games (iTAG), 2014 International Conference on*, Nottingham, pp. 28-35.
- Xenakidis, C.N., Hadjiantonis, A.M., Milis, G.M. (2015). Assistive technologies for people with dementia. *Handbook of Research on Innovations in the Diagnosis and Treatment of Dementia*, pp. 269-289.
- Yamagata, C., Coppola, J.F., Kowtko M., Joyce, S. (2013). Mobile app development and usability research to help dementia and Alzheimer patients. *Systems, Applications and Technology Conference (LISAT), 2013 IEEE Long Island*, Farmingdale, NY, pp. 1-6.
- Yañez Castillo, A. (2016). De lo efectivo a lo afectivo. Diseño de elementos interactivos visuales con la finalidad de favorecer la interacción entre adultos mayores y la computadora personal. Tesis para optar por el grado de Maestro en Diseño. Línea de Investigación: Visualización de la información. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.
- Yanguas, J.J., *et al.* (2007). Modelo de atención a las personas con enfermedad de Alzheimer. Colección Documentos. Serie Documentos Técnicos. Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO). España.
- Yüce Y.K., and Gülkesen, K.H. (2013a). CaregiverNet: A novel social support intervention for locating and securing wandering Alzheimer's patients as soon as possible. *2013 9th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, Sardinia, pp. 1405-1411.

Yüce Y.K., and Gülkesen, K.H. (2013b). Development of a social support intervention with a network of caregivers to find wandering Alzheimer's patients as soon as possible: A social computing application in healthcare. *Health Informatics and Bioinformatics (HIBIT), 8th International Symposium on*, Ankara. pp. 1-8.

Yüce, Y.K., Gülkesen, K.H., Barçın E.N., Saka, O. (2012). An alternative approach to overcome ethical issues of geotracking patients with Alzheimer's disease. *Health Informatics and Bioinformatics (HIBIT), 7th International Symposium on*, Nevsehir, pp. 11-17.

Zamarrón Cassinello, M. D., Tarraga Mestre, L., Fernández Ballesteros, R. (2008). Plasticidad cognitiva en personas con la enfermedad de Alzheimer que reciben programas de estimulación cognitiva; *Psicothema* 2008, 20 (3) 432-437. Madrid, España.

Zatorre, R. (2005) Music, the food of Neuroscience? *Rev. Nature neuroscience*; Vol. 434, pp. 312-315.

Zmily, A., Mowafi, Y., Mashal, E. (2014). Study of the usability of spaced retrieval exercise using mobile devices for Alzheimer's disease rehabilitation. *JMIR Mhealth And Uhealth*. Vol. 2 (3):e31.

Zuñiga, E., Vega, D. (2004). Envejecimiento de la población de México: Reto del siglo XXI. Consejo Nacional de Población (CONAPO), México.

Currículum vitae

Iris Iddaly Méndez Gurrola

Formación Académica

Ingeniera en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Durango (2002). Maestra en Ciencias de la Computación por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco (2007). Doctora en Diseño y Visualización de la Información por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco (2017).

Experiencia Profesional

Ayudante de posgrado en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco de 2004 a 2005. Profesora asociada y titular en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa de 2006 a 2012. Profesora asociada en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco de 2012 a 2015.

Artículos publicados

Cuenta con más de 20 artículos publicados en memorias de congresos nacionales e internacionales así como revistas internacionales. Entre ellos se encuentran: 1) “Aplicaciones de apoyo a pacientes con Alzheimer” en el libro electrónico: Avances en Tecnologías de la Información CNCICC 2009; 2) “Comprobación de reductos” en el libro electrónico: XXIII Congreso Nacional y IX Congreso Internacional de Informática y Computación CNCIIC 2010; 3) “Reductos mínimos con GRASP” en la Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones 2011; 4) “GRASP Compared with other Heuristics to Find Minimal Reducts” en Proceedings of International Conference on Computer Science and Engineering (CSE- 11); los cuales son productos del trabajo de investigación de esta tesis.