

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN
SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**Detección de ansiedad en cuidadores de personas con
demencia por medio de cómputo vestibular**

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta:

Darién Alberto Miranda Bojórquez

Ensenada, Baja California, México

2015

Tesis defendida por

Darién Alberto Miranda Bojórquez

y aprobada por el siguiente comité

Dr. Jesús Favela Vara
Director del Comité

Dra. Tentori Espinosa Mónica Elizabeth
Miembro del Comité

Dr. Chavez González Edgar Leonel
Miembro del Comité

Dr. Herzka Llona Sharon Zinah
Miembro del Comité

Dra. Ana Isabel Martínez García
*Coordinador del Programa de
Posgrado en Ciencias de la Computación*

Dr. Jesús Favela Vara
Director de Estudios de Posgrado

Septiembre, 2015

Resumen de la tesis que presenta Darién Alberto Miranda Bojórquez como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Computación.

Detección de ansiedad en cuidadores de personas con demencia por medio de cómputo vestibular

Resumen elaborado por:

Darién Alberto Miranda Bojórquez

La ansiedad es uno de los problemas sufridos mas comunmente entre los cuidadores de personas con demencia [ref]. A pesar de que los efectos de la ansiedad se muestran a largo plazo, los cuidadores de podrían beneficiar de la detección de la ansiedad situacional. En este trabajo, se reporta una técnica para la detección de ansiedad situacional por medio de un experimento en una situación semi-naturalista. Los resultados muestran una precisión de [porcentaje] comparado con “ground truth”.

Palabras Clave: **Detección de ansiedad, Cuidadores de personas con demencia, Cómputo vestibular**

Abstract of the thesis presented by Darién Alberto Miranda Bojórquez as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Master in Computer Science in Computer Science.

Anxiety detection on caregivers of people with dementia through wearable computing

Abstract by:

Darién Alberto Miranda Bojórquez

Anxiety is among the commonest problems suffered by caregivers of people with dementia [ref]. Although anxiety problems are often suffered in the long term, caregivers could benefit from state anxiety detection. In this work, i report a technique for state anxiety detection by conducting an experiment in a naturalistic enactment situation. The results show a precision of [percentage] compared to ground truth. Showing that state anxiety detection is possible using wearable computing.

Keywords: **Anxiety detection, Caregivers of people with dementia, Wearable computing**

Dedicatoria

A mis padres por haberme puesto en el camino de la ciencia de pequeño.

Agradecimientos

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por brindarme el apoyo económico para realizar mis estudios de maestría.

Tabla de contenido

Página

Resumen en español	iii
Resumen en inglés	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Lista de figuras	ix
Lista de tablas	x
1. Introducción	1
2. Fundamentos teóricos	2
2.1. Introducción	2
2.2. Qué es la Ansiedad?	2
2.2.1. Ansiedad y estrés	2
2.2.2. “State Anxiety” y “Trait Anxiety”	3
2.3. Demencia	3
2.4. Cuidadores	4
2.4.1. Cómo se genera la ansiedad en los cuidadores?	4
2.4.2. Características del individuo	5
2.4.3. Factores de estrés primarios	5
2.4.4. Carga del cuidador	5
2.4.5. Estrategias de afrontamiento	5
2.4.6. Cuidadores Formales e Informales	6
2.4.7. Señales fisiológicas relacionadas	6
2.4.7.1. Respuesta Galvánica de la Piel (GSR)	7
2.4.7.2. Señales relacionadas con el corazón	8
2.4.7.3. Electroencefalogramía (EEG)	8
2.5. Instrumentos tradicionales para la medición de la ansiedad	8
2.6. Cómputo vestibular	8
2.7. Trabajo previo en detección de ansiedad	9
2.8. Conclusion	9
3. Metodología y diseño de un experimento para inducir ansiedad en cuidadores de personas con demencia.	10
3.1. Introducción.	10
3.2. Metodología.	10
3.3. Un experimento para inducir ansiedad en cuidadores informales.	11
3.3.1. Sujetos.	12
3.4. Procedimiento.	12
3.4.1. Entrenamiento.	12
3.4.2. Tareas de terapias.	13
3.5. Configuración.	14
3.5.1. Obtención de datos.	15

Tabla de contenido (continuación)

3.6.	Análisis de los datos.	16
3.6.1.	Pre-procesado de GSR	16
3.6.2.	HR and IBI Pre-processing.	17
3.6.3.	Procesamiento de video.	18
3.6.4.	Segmentación de los datos.	18
4.		20
5.	Conclusiones y trabajo a futuro	21
6.	6	22
7.	7	23
8.	Conclusiones	24
	Lista de referencias	25
A.	Carta de consentimiento informado de participantes en el proyecto de investigación	29
B.	Carta de no divulgación de participantes en el proyecto de investigación	30

Lista de figuras

Figura		Página
1.	El modelo de ansiedad en cuidadores (Pearlin et. al 1990)	4
2.	El sistema Autónomo central (Crash Course A&P #13)	6
3.	Señal típica de GSR	7
4.	Metodología seguida durante la investigación.	11
5.	Métodos de evaluación clasificados de acuerdo a la involucración del usuario, fidelidad y riesgo	11
6.	Escenario experimental. Las actividades fueron realizadas sobre una mesa, con la persona con demencia (OA) y el participante (P1) sentados frente a frente. El segundo participante (P2) observaba sobre el sofá, mientras que dos investigadores (R1,R2) monitoreaban la sesión desde una mesa cercana.	15
7.	La aplicación Care Me Too mostrando señales fisiológicas siendo grabadas.	16
8.	Transcripción y señales GSR, HR, e IBI correspondientes a una situación estresante	19

Lista de tablas

Tabla		Página
1.	Participantes en el estudio.	13
2.	Terapias realizadas con el adulto mayor por cada participante.	14
3.	Criterio de etiquetado de eventos.	17

Capítulo 1. Introducción

Capítulo 2. Fundamentos teóricos

2.1. Introducción

La ansiedad es un fenómeno con el que nuestra sociedad se encuentra íntimamente relacionada. Todos la sentimos múltiples veces a lo largo de nuestras vidas, al dar un discurso en público, al ser entrevistado para un nuevo trabajo o durante un examen. Es parte de lo que nos mantiene alertas y listos para enfrentar las situaciones de día a día. Sin embargo, solemos no darle la importancia que significa para las personas que sufren de elevados niveles de ansiedad y de los beneficios que la tecnología puede brindarles. En este capítulo, se define la ansiedad, la manera en que se origina, como afecta a los cuidadores y como podemos medirla.

2.2. Qué es la Ansiedad?

La ansiedad es una emoción caracterizada por sensaciones de tensión, pensamientos de preocupación y cambios físicos como incremento en la presión arterial (Kazdin, 2000), aumento de la sudoración y palpitaciones, entre otras respuestas fisiológicas. Estas manifestaciones se dan en determinados lapsos de tiempos durante la vida del individuo. Durante estos lapsos, se dice que el sujeto se encuentra en un estado mental de ansiedad [ref].

Este estado mental es útil para los humanos, debido a que la ansiedad es una reacción normal del cuerpo para lograr objetivos, o lograr sobrevivir ante a una amenaza. Sin embargo, cuando la persona experimenta un nivel de ansiedad el cual es tan alto que no le permite manejar su vida normal, se dice que la persona tiene un desorden de ansiedad (Repetto *et al.*, 2013).

2.2.1. Ansiedad y estrés

Si bien, en ocasiones el estrés y la ansiedad son conceptos que se usan de manera intercambiable, existen diferencias entre ambos. El estrés es definido como el desvalance entre la carga mental dada y la percepción de las habilidades que el individuo tiene para lidiar dicha carga [ref]. Este desvalance puede hacer que la ansiedad aumente, mientras

que la ansiedad puede a su vez generar estrés. La relación entre el estrés y la ansiedad es la ansiedad es la señal psicofisiológica de que la respuesta al estrés ha sido iniciada (Robinson, 1990).

2.2.2. “State Anxiety” y “Trait Anxiety”

Existen dos clasificaciones de ansiedad reconocidas por la *American Psychological Association* (Kazdin, 2000) , “State Anxiety” y “Trait Anxiety” las cuales se mencionan a continuación.

- **State Anxiety:** Es una manifestación de ansiedad a cerca de un evento **presente** bien definido. Normalmente la persona se encuentra conciente de la fuente de su ansiedad.
- **Trait Anxiety:** Es una manifestación a largo plazo de la ansiedad, en la que el individuo puede entrar al estado de ansiedad sin saber la razón concreta. Las personas con personalidades tímidas tienden a sufrir mas de este tipo de ansiedad. [ref]

A pesar de que los efectos negativos en la calidad de vida de las personas que sufren de “Trait Anxiety” son mas fuertes, este trabajo está enfocado en “State Anxiety” debido a que es mas fácil de cuantificar y medir por medio de sensores.

2.3. Demencia

La demencia es un síndrome del declive de las habilidades cognitivas. Los síntomas comunes son: problemas de memoria, dificultades para realizar tareas familiares, mal juicio, deterioro del lenguaje hablado y cambios de humor(Aziz *et al.*, 2012). Afecta alrededor de el 4 % de las personas mayores de 65 años y al 40 % de las personas mayores de 90. La demencia suele manifestarse en síndromes como el de Alzheimer. Las personas con demencia necesitan de una persona que cuide de ellos, normalmente durante el resto de su vida. Usualmente necesitan ayuda en las actividades de la vida diaria (Activities of Daily Life), siendo esto una carga para los cuidadores.

2.4. Cuidadores

Uno de los sectores de población vulnerables, son los cuidadores de personas con demencia. Se encuentra documentado que los cuidadores, al llevar una carga física, cognitiva y emocional derivada de su labor les genera padecimientos como ansiedad, estrés, y hasta la muerte (Chen *et al.*, 2013). Debido a que los cuidadores no necesariamente son personas con una formación profesional, estos efectos pueden verse aumentados. Por lo general, los cuidadores que son familiares del paciente son aún más afectados ya que necesitan administrar el tiempo de trabajo, familia, actividades sociales y la actividad misma del cuidado del paciente.

2.4.1. Cómo se genera la ansiedad en los cuidadores?

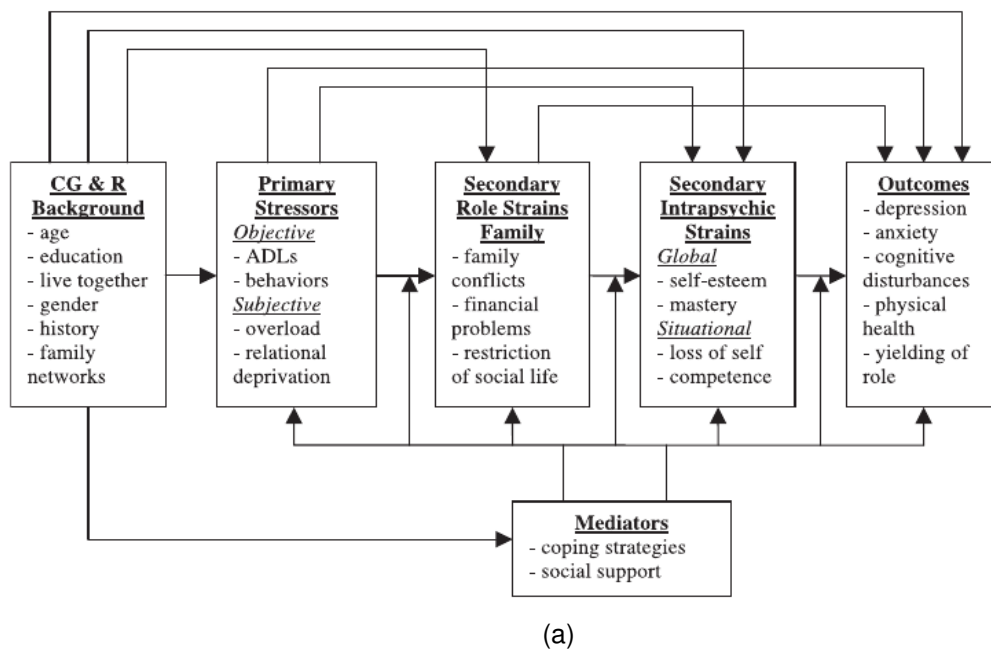


Figura 1: El modelo de ansiedad en cuidadores (Pearlin et. al 1990)

El modelo de la ansiedad en cuidadores, es definido por Pearlin como un conjunto de características del individuo, factores de estrés, carga del cuidador y estrategias de afrontamiento, las cuales tienen como salida efectos positivos o negativos. A continuación, se explica el modelo de Pearlin elemento por elemento.

2.4.2. Características del individuo

La edad y sexo, el nivel de educación y los lazos que tiene el cuidador con la persona con demencia son los principales factores que pueden hacer mas susceptible a los cuidadores de sufrir los efectos de la ansiedad. Un adolescente que sin experiencia de cuidador podría sentirse en grandes aprietos al tratar de satisfacer una necesidad de una persona con demencia. De la misma forma, es difícil emocionalmente para los cuidadores ver como el declive cognitivo de un familiar con demencia se va desarrollando hasta el grado de que no reconozca a sus propios hijo.

2.4.3. Factores de estrés primarios

Los factores de estrés, o la carga física y/o cognitiva se dividen en dos: Los factores de estrés objetivos y los subjetivos. Los objetivos son aquellos que podemos medir como las actividades de la vida diaria (ADL) y los comportamientos. Estos los podemos medir como la frecuencia y severidad de los eventos en un espacio de tiempo y podemos hacer un registro de ellos. Por otra parte, los subjetivos son aquellos que residen dentro de la mente del cuidador, como la sobrecarga y la privación relacional.

2.4.4. Carga del cuidador

Comunmente, los cuidadores son familiares que viven en la misma casa que la persona con demencia, por lo que suelen tener diferentes roles sociales. Muchos de ellos son madres, padres o hijos que tienen la obligación de trabajar y proveer de recursos al hogar. La carga extra de cuidar a alguien puede resultar en un desequilibrio emocional del cuidador.

2.4.5. Estrategias de afrontamiento

Algunos cuidadores logran reducir su nivel de ansiedad por medio de estrategias de afrontamiento. Ejercicios de respiración, la búsqueda de apoyo de familiares y amigos o el consuelo religioso [ref] son algunas de las técnicas que mas sirven a los cuidadores. Sin embargo, no todos ellos las utilizan o utilizan estrategias negativas como el uso de alcohol o drogas.

La salida de este modelo, afecta en los niveles de depresión, ansiedad y salud física del cuidador. El buen uso de las estrategias de afrontamiento, el balance de roles y carga del cuidador pueden ayudar a reducir su ansiedad y mejorar su salud física y/o mental.

2.4.6. Cuidadores Formales e Informales

2.4.7. Señales fisiológicas relacionadas

El Sistema Autónomo Central (SAC) es una división del Sistema Nervioso Periférico (SNP) el cual controla el funcionamiento de los órganos viscerales. Controla las funciones del cuerpo como la respiración, digestión, ritmo cardíaco, y deseo sexual de manera inconsciente. Está dividido por dos subsistemas: el *Sistema Nervioso Simpático* y el *Sistema Nervioso Parasimpático* (Ver Figura 2). Ambos controlan las mismas funciones, pero de manera análoga. Mientras el SNS aumenta los latidos del corazón, el SNP lo disminuye..

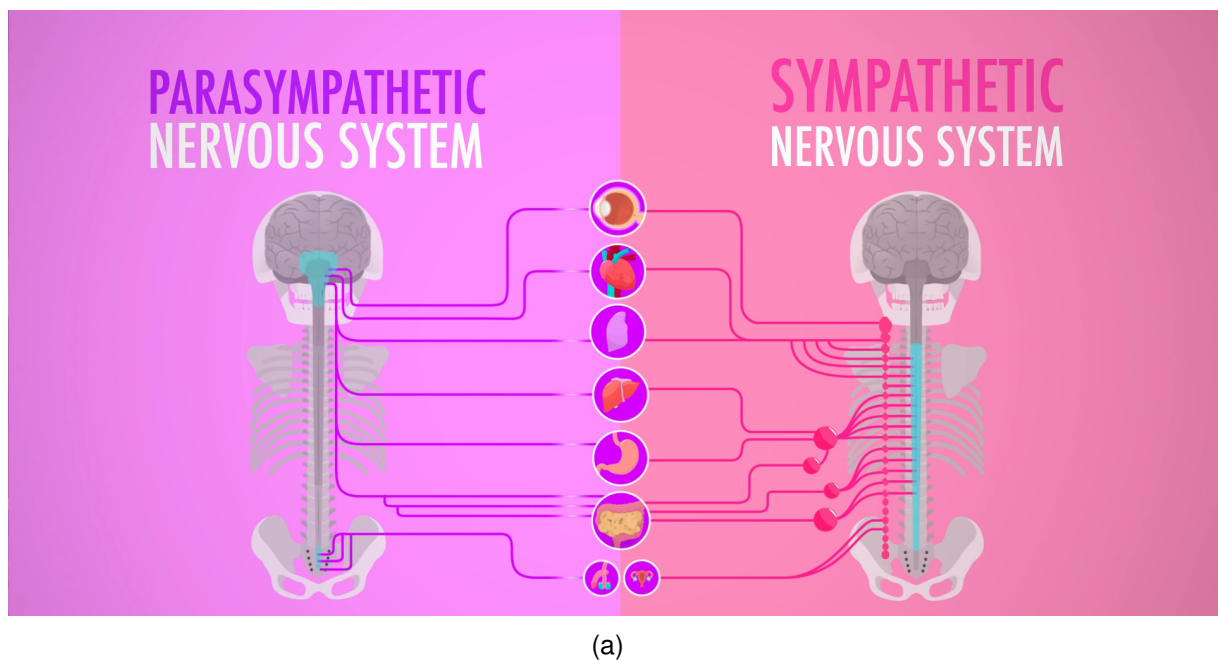
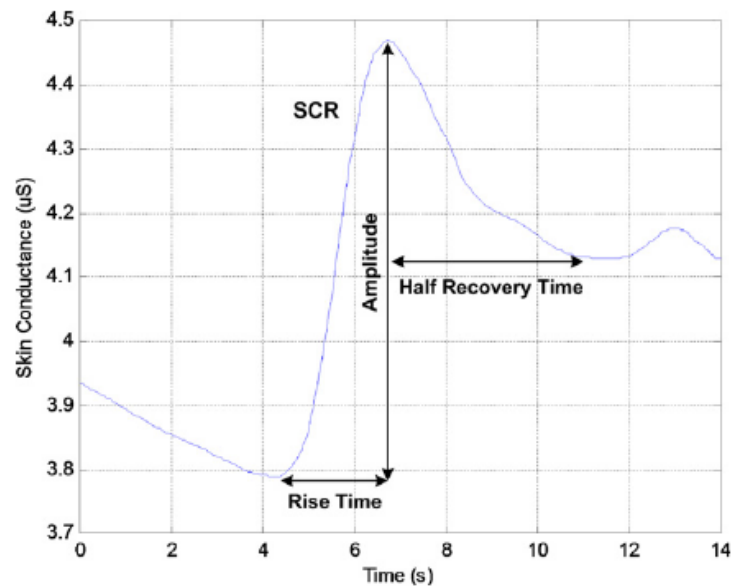


Figura 2: El sistema Autónomo central (Crash Course A&P #13)

Los efectos de la ansiedad se manifiestan en el ritmo cardíaco [ref], respiración [ref] y sudoración [ref] los cuales son controlados por el SAC. Normalmente, el individuo no tiene control sobre los cambios en sus funciones corporales. A continuación, se explican las diferentes señales usadas para detectar la ansiedad.

2.4.7.1. Respuesta Galvánica de la Piel (GSR)

Uno de los efectos que la ansiedad causa sobre el cuerpo es la sudoración. El sudor está formado mayormente por agua y minerales y ayuda a mantener la temperatura corporal. Un efecto secundario de la presencia del sudor es el cambio en la conductancia eléctrica de la piel, siendo esta definida como “la facilidad que ofrece un material a paso de la corriente eléctrica”. Esta capacidad de conductividad es denotada por la unidad del sistema internacional *Siemen* (S). La unidad S está definida por: $S = \Omega^{-1} = \frac{A}{V}$. Donde Ω es el ohm, A es el amperio y V es el Voltio. Debido a que los valores de las mediciones son comunmente muy pequeñas, las mediciones son denotadas por el prefijo μ .



(a)

Figura 3: Señal típica de GSR

La señal de GSR se encuentra compuesta por dos partes: Un componente base y un componente tónico [ref]. El componente base corresponde a un nivel promedio sin un *stimuli* en concreto, mientras que el componente tónico es la reacción a un estímulo. La figura 3 ejemplifica ambos componentes. Los picos durante el componente tónico tiene las siguientes características:

- **Tiempo de Levantamiento del pico:** Es el tiempo que tarda la señal en alcanzar el punto máximo (pico) en el segmento.

- **Amplitud del pico:** Es el valor de la señal en el pico.
- **Tiempo de media recuperación :** Es el tiempo que tarda la señal en disminuir la mitad del valor de la amplitud del pico.

2.4.7.2. Señales relacionadas con el corazón

Las señales relacionadas con el corazón son utilizadas ampliamente como indicadores principales en estudios de detección de ansiedad y estrés [ref]. A continuación se describen algunas de ellas:

- *Ritmo Cardíaco (HR):* Se define como el número de latidos por minuto (BPM).
- *Intervalo entre latidos (IBI):* Se define como el tiempo en segundos entre un latido y otro. Esta señal está directamente relacionada con el ritmo cardíaco. Entre menor sea el valor de IBI, mayor será el valor del HR.

2.4.7.3. Electroencefalogramía (EEG)

2.5. Instrumentos tradicionales para la medición de la ansiedad

En psicología existen diversos instrumentos que permiten detectar la ansiedad. Algunos de los cuestionarios existentes son:

- Hamilton Anxiety Rating Scale
- Zung Self-Rating Anxiety Scale (SAS)
- The State-Trait Anxiety Inventory (STAI)
- Subjective Self-rating Anxiety Scale (SUDS)

2.6. Cómputo vestible

El cómputo vestible nos permite llevar computadoras con nosotros de la misma manera que llevamos la ropa puesta. Al “vestir” un dispositivo, el usuario tiene acceso a una

computadora que es capaz de monitorearlo a él y a su entorno por medio de sensores. Los sensores pueden medir entre otras cosas: movimientos del cuerpo del usuario, la posición del usuario, intensidad de luz, ruido, imágenes de su ambiente, ritmo cardíaco, capacidad conductiva de la piel, distancias, actividad cerebral, entre otros. Debido a la cercanía con el usuario, se pueden hacer monitoreos constantes y mas precisos que con los sistemas tradicionales y ayudar en las tareas de la vida cotidiana.

El uso de cómputo vestibular abre la posibilidad de detectar la ansiedad por medio de las señales fisiológicas del usuario.

2.7. Trabajo previo en detección de ansiedad

Existen diferentes estudios sobre detección de ansiedad. *Trabajos de Bert *Trabajos que encuentre

2.8. Conclusion

El entendimiento del modelo del cuidador y la persona con demencia, las señales del cuerpo y el uso de tecnologías vestibulares, abren la posibilidad de cuantificar estados mentales que en el pasado eran difíciles de medir. El uso de esta información y la comunicación adecuada con el usuario, permitiría la reducción de ansiedad y mejorar el bienestar general del cuidador.

Capítulo 3. Metodología y diseño de un experimento para inducir ansiedad en cuidadores de personas con demencia.

3.1. Introducción.

Como vimos en el capítulo 2, la mayoría de los estudios logran inducir ansiedad o estrés por medio de situaciones controladas dentro del laboratorio exitosamente. Sin embargo, generar ansiedad en cuidadores informales es mucho mas difícil: El escenario de un laboratorio no coincide con el entorno en el que una persona con demencia se desarrolla por lo que los comportamientos impredecibles no serían congruentes con el ambiente. Además, exponer a personas sin experiencia ante una persona con demencia que tiene necesidades reales resultaría riesgoso para ambos individuos. Por otra parte, realizar una intervención totalmente natural añade un grado de dificultad al estudio, resultando en ruido en los datos recolectados (p. ej. la señal de ritmo cardíaco podría ser alta no por una situación de ansiedad, sino por una actividad física, múltiples distracciones o responsabilidades al mismo tiempo para el cuidador) haciendo difícil de analizarlos para probar hipótesis.

3.2. Metodología.

La metodología seguida se basó en tres pasos: *Captura de datos*, *Detección de ansiedad*, y un paso hipotético de *Estrategias de afrontamiento* (ver figura 4). El primer paso consiste en recabar información de cuidadores bajo situaciones de ansiedad con el fin de etiquetar eventos y entender la relación que existe entre el cuidador y la persona con demencia. Esta captura se logró por medio de un experimento que implementa una técnica de “Natural Enactment”. Una vez capturada y etiquetada la información, se desarrolló un método basado en técnicas de aprendizaje de máquina que tomó los segmentos de ansiedad y se extrajeron características personales de cada señal con tal de caracterizar dichos eventos. El tercer paso, aunque queda fuera del alcance de esta tesis se discute como las posibles aplicaciones por medio de tecnología móvil y/o pantallas ambientales y cómo sería un concepto de aplicación real. (Ver Trabajo a futuro)

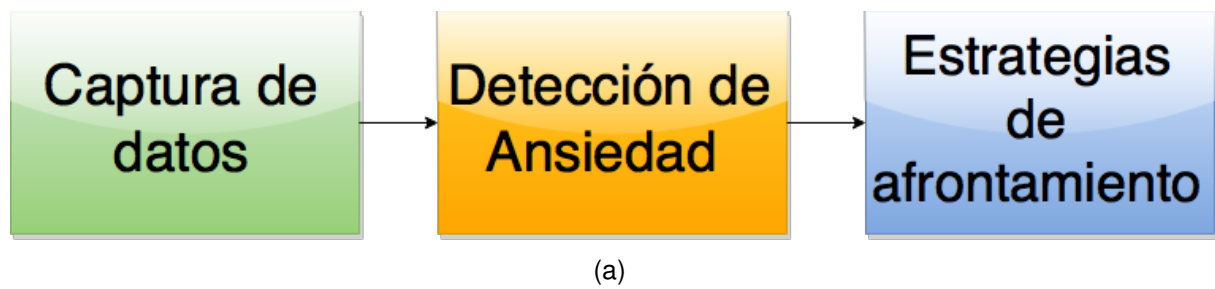


Figura 4: Metodología seguida durante la investigación.

3.3. Un experimento para inducir ansiedad en cuidadores informales.

Se diseñó una intervención para inducir ansiedad en cuidadores informales bajo situaciones naturalistas y controladas. Para lograr esto, se utilizó la técnica de NE. NE fue propuesta originalmente para evaluar tecnologías médicas ubicuas, donde el tener una validez ambiental e interacción directa del usuario es importante, y que sin embargo, utilizar pacientes reales puede ser peligroso (Castro *et al.* (2011)). NE consiste en el desarrollo de tareas reales (p. ej. la exposición a situaciones y tareas en situaciones naturales) para simular la experiencia del usuario bajo condiciones normales, y por lo tanto desenterrar problemas y comportamientos que podrían de otra manera haber sido difíciles de capturar. NE representa una ventaja ante otros métodos de evaluación gracias a su alta fidelidad, mediano riesgo y alta involucración del usuario (Ver figura 5).

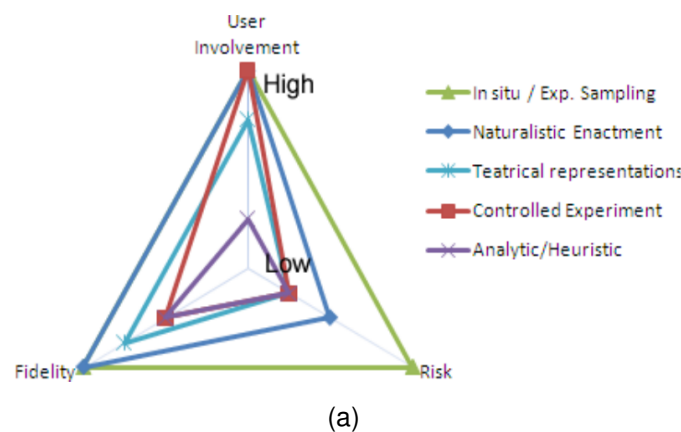


Figura 5: Métodos de evaluación clasificados de acuerdo a la involucración del usuario, fidelidad y riesgo

Para poder exponer a los sujetos a una situación de cuidador estresante y realista bajo condiciones controladas, se formuló un ejercicio que consistió en una situación de terapia real con una persona actuando como si fuera una persona con demencia. Un adulto mayor

de 75 años actuó como si sufriera de demencia. Se le entrenó con los comportamientos típicos de demencia moderada como: murmullo, gritos, vagabundeo, preguntas repetitivas, entre otras. Ella ya estaba familiarizada con estos comportamientos por conocidos que sufrieron de demencia. A los participantes se les dijo que estarían trabajando con una persona que realmente tenía demencia. También, se les ocultó la verdadera razón del estudio. En cambio, se les dijo que se les estaba evaluando su rendimiento como cuidadores basados en el entrenamiento inicial que se les dió.

Se les pidió firmar un documento de no divulgación (Ver Apéndice B) para evitar que los participantes hablaran entre ellos acerca del experimento, de los comportamientos del adulto mayor o cualquier otra técnica acerca de cómo manejar el comportamiento del adulto mayor, durante el tiempo en que el experimento durara.

3.3.1. Sujetos.

Los sujetos fueron reclutados a través de la lista de correo de CICESE. Se les otorgó un premio de compensación de 100.00 MXN en dinero electrónico para el cine. Se les pidió a los participantes asistir a 3 sesiones (una por cada semana), cada sesión requirió al rededor de 90 minutos de su tiempo. Se obtuvo consentimiento firmado de todos los sujetos (Ver Apéndice A)

Todos los sujetos participaron en una sesión de entrenamiento, en donde se les explicó las actividades a realizar en las terapias que hicieron con el adulto mayor. Participaron 10 estudiantes (5 hombres y 5 Mujeres) con un promedio de 24.5 años de edad ($\sigma = 1.0593$) La tabla 1 muestra los datos demográficos de los participantes.

3.4. Procedimiento.

3.4.1. Entrenamiento.

Todos los sujetos participaron en una sesión de entrenamiento para familiarizarse con las terapias cognitivas que harían con el adulto mayor. La sesión de entrenamiento duró al rededor de 90 minutos, y todos los participantes practicaron las terapias y tuvieron oportunidad de hacer preguntas. No se les dió ninguna estrategia de afrontamiento acerca de

Tabla 1: Participantes en el estudio.

Sujeto	Género	Edad	Experiencia de cuidador
S1	Masculino	24	No
S2	Masculino	25	No
S3	Femenino	24	No
S4	Femenino	26	No
S5	Femenino	24	No
S6	Masculino	26	No
S7	Masculino	23	No
S8	Masculino	25	si
S9	Femenino	26	No
S10	Femenino	24	Si

como lidiar con los comportamientos del adulto mayor. Se les dijo a los participantes que el adulto mayor tenía declive cognitivo ligero y que podría mostrar algunos problemas de comportamiento como olvidar instrucciones recientes, apatía y renuencia de completar las tareas, entre otras. Se les dijo que las tareas no tenían que ser completas si el adulto mayor no estaba cooperando, pero que deberían intentar completar la terapia en lo posible.

3.4.2. Tareas de terapias.

Antes de iniciar la tarea, equipamos a los participantes con una banda de pecho Zephyr Hxm para monitorizar su ritmo cardíaco, una pulsera Empatica E3 para obtener GSR y temperatura corporal y una banda cerebral Muse para obtener datos de EEG. Todas las sesiones fueron videograbadas para analizarlas posteriormente.

Durante cinco minutos, ya equipados con los dispositivos, se les pidió relajarse a los sujetos concentrándose en su respiración con los ojos cerrados para obtener una línea base de datos fisiológicos.

Se les pidió a los participantes que guiaran al adulto mayor a través de una sesión de terapia que involucró una de las 7 posibles tareas que fueron explicadas durante la sesión de entrenamiento. La tabla reftable:therapies presenta las tareas realizadas por cada participante en las tres sesiones del estudio.

Toda la participación duró 15 días, cada prueba de los participantes duró al rededor

Tabla 2: Terapias realizadas con el adulto mayor por cada participante.

Participante	Terapia 1	Terapia 2	Terapia 3
S1	Atado de agujetas	Memorama	Clasificación de imágenes
S2	Clasificación de imágenes	Atado de agujetas	Cruzigramas
S3	Formación de palabras	Cruzigramas	Memorama
S4	Atado de agujetas	Clasificación de imágenes	Memorama
S5	Clasificación de imágenes	Atado de agujetas	Cruzigramas
S6	Separación de objetos	Memorama	Atado de agujetas
S7	Separación de objetos	Atado de agujetas	Cruzigramas
S8	Cruzigramas	Atado de agujetas	Clasificación de imágenes
S9	Formación de palabras	Clasificación de imágenes	Memorama
S10	Memorama	Formación de palabras	Atado de agujetas

de 30 minutos. Cada día dos participantes asistieron al sitio.

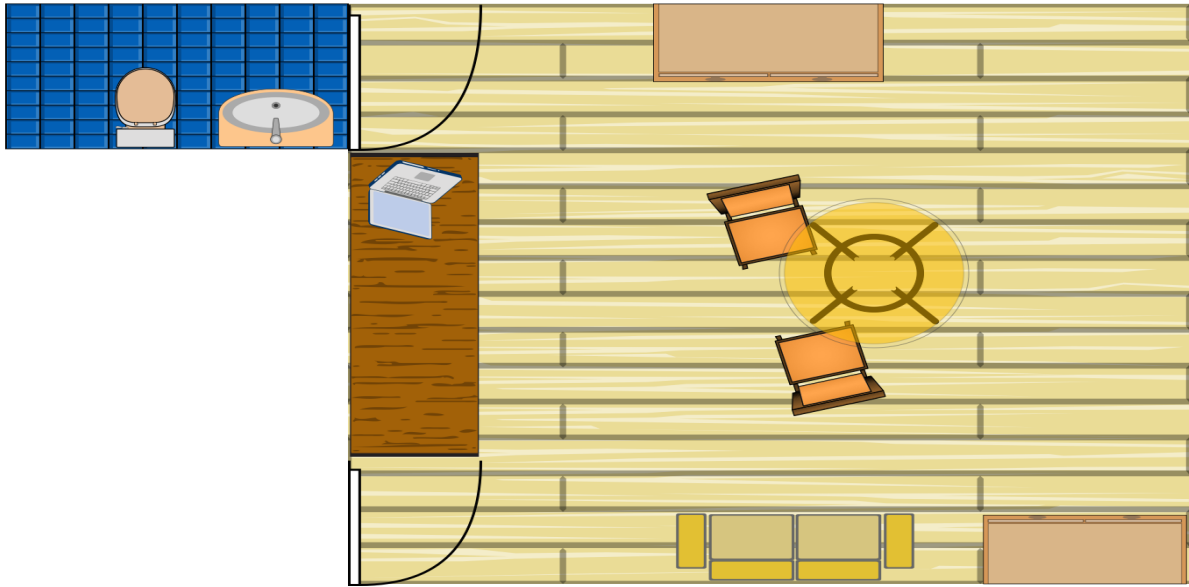
Cada participante asistió a tres sesiones. Por cada sesión, una o dos tareas fueron hechas, con varias iteraciones en cada tarea. Ninguna de las terapias fueron repetidas por los participantes. Además, ninguno de los participantes asistió con el mismo compañero más de una vez.

Se dividió el experimento en tres semanas. Cada sujeto participó una vez cada semana. Se entrenó al adulto mayor para actuar con diferentes niveles de ansiedad. En la primera semana, actuó en niveles de 0 a 2. En la segunda y tercera semana, actuó en niveles de 0 a 3. (Ver tabla 3) En la última, se les enseñó a los participantes a usar estrategias de afrontamiento.

3.5. Configuración.

Se acondicionó un cuarto dentro de una casa real para hacerlo parecer como si una persona con demencia viviera ahí. La utilidad incluyó: Muebles viejos, baja iluminación, fotografías viejas, papeles sobre el lavamanos, entre otros. Una mesa de madera fue usada para instalar el equipo: una Macbook, una videocámara, y un teléfono inteligente para monitorizar el experimento.

Dos investigadores permanecieron parados al lado de la mesa de madera para operar el equipo y tomar notas. La persona con demencia y el participante permanecieron sentados frente a frente en una mesa circular. Se les pidió a los participantes usar el cuarto de



(a)

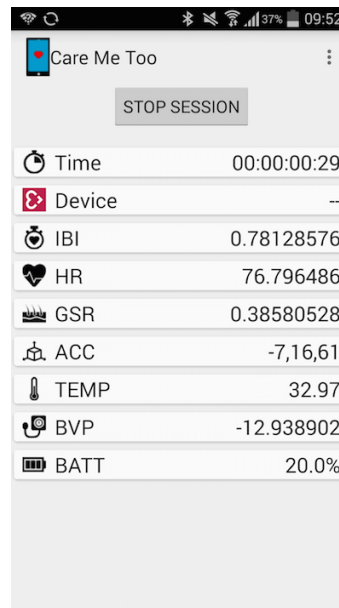
Figura 6: Escenario experimental. Las actividades fueron realizadas sobre una mesa, con la persona con demencia (OA) y el participante (P1) sentados frente a frente. El segundo participante (P2) observaba sobre el sofá, mientras que dos investigadores (R1,R2) monitoreaban la sesión desde una mesa cercana.

baño para vestir la banda Zephyr debido a que se pone debajo de la ropa. Un segundo participante se sentó sobre el sofá y le pedimos que observara la sesión. Este participante también fue monitorizado por medio de únicamente una pulsera Empatica E3.

3.5.1. Obtención de datos.

Se desarrollaron dos aplicaciones separadas para el sensor Empatica E3 y el banda Zephyr HxM. Para el primer dispositivo se desarrolló la aplicación “Care Me Too” para android (ver figura reffig:caremetoo) la cual se conecta al dispositivo E3 vía Bluetooth Low Energy (BLE), muestra los datos en tiempo real y los guarda en formato .csv. Esta aplicación también puede ayudar a etiquetar eventos con ayuda del usuario, haciendola útil para estudios naturalistas.

Para la banda Zephyr HxM se utilizó el programa de línea de comandos “anxiLogger” (<https://github.com/panzerfausten/anxiLogger>) desarrollado para un estudio anterior [?]). El archivo csv de salida fue agregado a los datos de sesión para sincronizar los tiempos a través de una librería llamada a “maxiProcessor” (<https://github.com/panzerfausten/maxiProcessor>) Para la banda Muse se usó la aplicación de escritorio “Muse lab” Los datos obtenidos en



(a)

Figura 7: La aplicación Care Me Too mostrando señales fisiológicas siendo grabadas.

.use fueron exportados a csv para analizarlos posteriormente.

Se usó una laptop Macbook en el sitio para conectar las bandas Muse y Zephyr y un teléfono inteligente Samsung Galaxy S4 para coleccionar datos. Los datos del participante observador fueron obtenidos a través de una segunda pulsera Empatica E3 en modo de grabación. Este modo no requiere de una conexión bluetooth.

3.6. Análisis de los datos.

Todos los videos de las sesiones fueron analizados para segmentar los eventos de interés. Los eventos eran marcados cuando el adulto mayor actuaba un comportamiento que pudiera inducir ansiedad en el sujeto. Por ejemplo, en un caso el adulto mayor, mientras se encontraba realizando la terapia preguntó al sujeto: “¿ *Donde está mi mamá?*”. Estos segmentos fueron clasificados en una de los tres posibles niveles que cumplieran con un criterio (ver tabla reftable:anxilevels). Luego, se tomó una ventana correspondiente a las señales de GSR,HR, temperatura corporal y EEG y se procesaron individualmente.

3.6.1. Pre-procesado de GSR

Se desarrolló una librería en python para procesar todos los datos fisiológicos, incluyendo funciones para exportar, extraer características, sincronización de tiempos, y

Tabla 3: Criterio de etiquetado de eventos.

Nivel	Criterio	Event Exmaple
0	La PcD está siendo pasiva., La PcD accede a participar., El participante y la PcD están haciendo la tarea	La PcD está realizando la tarea como se le pidió.
1	Comportamientos renuentes., Reacio a participar, Quejandose acerca de la tarea.	"No me gusta este juego." "Esto es muy difícil." "Hazlo tu."
2	Murmureo, Hablando cosas sin sentido, Comportamientos impredecibles	"¿Donde está mi mamá?" "Quién eres?"
3	Gritos. Amenazas al participante, Paranoia, Urgencia de irse.	"MAMÁ, DONDE ESTÁS!!??" "YA QUIERO IRME!" "QUIEN ERES? DÉJAME IR!"

graficado de datos de ansiedad de todos los dispositivos. La librería también puede graficar atributos de la señal GSR (picos, tiempos de recuperación medios, amplitudes...) en formato .csv y .json.

Se inició remuestreando los datos de GSR de 4.0 Hz a 1.0 Hz calculando el valor promedio de todos los datos que cayeran en una ventana deslizante de 1 segundo. Esto se hizo debido a que se esperaba que los lapsos de ansiedad duraran segundos. Luego, se aplicó un filtro gaussiano para suavizar la señal y reducir ruido. Finalmente, se usó un método de la librería scipy de python para detectar picos y filtrar todos los picos mas grandes que un umbral ($t \geq 0.04$ para datos no normalizados). También se calculó el "Tiempo de media recuperación" de la señal. Esto es, el punto donde la señal decae al valor exacto de la mitad del pico.

3.6.2. HR and IBI Pre-processing.

No fue necesario remuestrear los datos de HR e IBI debido a la naturaleza de la señal. El sensor solo reporta datos cuando ocurre un latido del corazón. Sin embargo, se agrupó en ventanas de segundos para compararlo con el resto de las señales. El ruido de los datos fué muy bajo y no requirió pre-procesamiento extra.

3.6.3. Procesamiento de video.

Todos los videos fueron transcritos con programa F4 tranksript para Mac OS X. Luego, se generaron subtítulos tomando los tiempos de la transcripción con una herramienta hecha en python y exportados a formato .srt para analizarlos fácilmente.

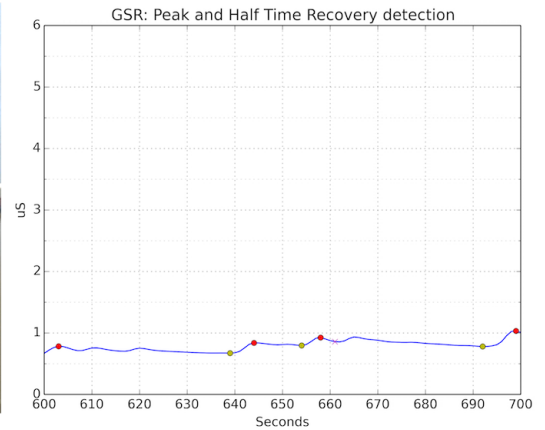
3.6.4. Segmentación de los datos.

Las transcripciones fueron luego usadas para segmentar los eventos acorde a la tabla reftable:anxilevels. Para obtener “ground truth”, dos investigadores codificaron las sesiones en vivo, tomando nota del tiempo, nivel de ansiedad percivida, y una descripción del evento. Esta descripción fue escrita en base a lo que el participante y/o la persona con demencia dijo o hizo en el momento. Luego se codificaron los videos viendolos y anotando los tiempos y el nivel de ansiedad percivida. Esta codificación fue hecha por dos personas mirando todos los videos cada una. Los participantes también tenin un formulario en papel para indicar su nivel de ansiedad mientras desarrollaban la tarea. Sin embargo, algunos de ellos encontraron difícil reportarlo, principalmente porque estaban muy ocupados con la tarea.

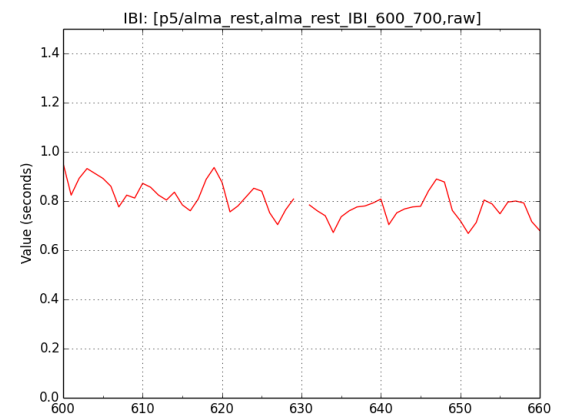
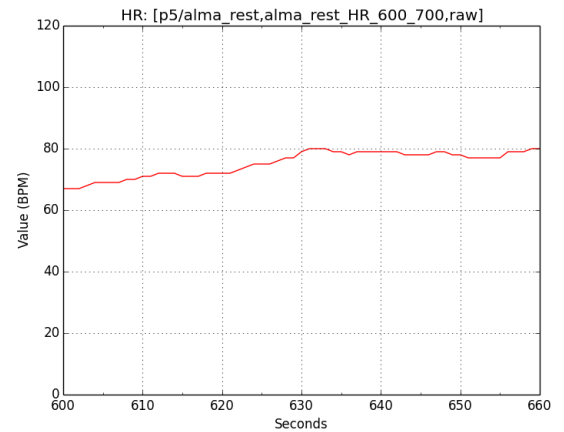
Una vez etiquetados los segmentos con el nivel percivido de ansiedad, se graficaron los datos correspondientes del segmento de todas las señales para hacer una interpretación visual y extraer características. La figura 8 ejemplifica un segmento extraído.



participant: No.. I.. i think she went to the store.



600: **PwD**: do you...
 603: **PwD**: do you know where my mom is?
 606: **participant**: No.. I.. i think she went to the store
 612: **PwD**: why did she leave without me?
 617: **participant**: Because she had to buy some things and she will be back soon.
 622: **PwD**: Well, i want to leave.
 627: **participant**: As soon as she come, you will leave.
 634: **PwD**: Where are you from?
 638: **participant**: Where i am from? PwD: Yes
 642: **participant**: From.... here, not very far.
 651: **participant**: Now.. we will do...
 655: **participant**: Almost the same thing. You did it very good by the way!
 660: **PwD**: But i already forgot.
 664: **participant**: I will explain you how to do it.
 669: **participant**: So...
 674: **PwD**: I don't want to do it because i don't like it
 678: **participant**: Why don't you like it?
 681: **PwD**: Because i don't know how to do it.
 683: **participant**: You are doing it quite good already.
 694: **PwD**: Do you like to do it? I don't.



(a)

Figura 8: Transcripción y señales GSR, HR, e IBI correspondientes a una situación estresante

Capítulo 4.

Capítulo 5. Conclusiones y trabajo a futuro

Capítulo 6. 6

Capítulo 7. 7

Capítulo 8. Conclusiones

Lista de referencias

- Association, A. (2008). 2008 alzheimer's disease facts and figures. *Alzheimer's and Dementia*, **4**(2): 110 – 133.
- Ayzenberg, Y., Hernandez Rivera, J., y Picard, R. (2012). Feel: Frequent eda and event logging – a mobile social interaction stress monitoring system. En: *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA. ACM, CHI EA '12, pp. 2357–2362.
- Aziz, A., Treur, J., y van der Wal, C. (2012). An ambient agent model for support of informal caregivers during stress. En: H. Jiang, W. Ding, M. Ali, y X. Wu (eds.), *Advanced Research in Applied Artificial Intelligence*, Vol. 7345 de *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 501–513.
- Bakker, J., Pechenizkiy, M., y Sidorova, N. (2011). What's your current stress level? detection of stress patterns from gsr sensor data. En: *Proceedings of the 2011 IEEE 11th International Conference on Data Mining Workshops*, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society, ICDMW '11, pp. 573–580.
- Bakker, J., Holenderski, L., Kocielnik, R., Pechenizkiy, M., y Sidorova, N. (2012). Stess@work: From measuring stress to its understanding, prediction and handling with personalized coaching. En: *Proceedings of the 2Nd ACM SIGHIT International Health Informatics Symposium*, New York, NY, USA. ACM, IHI '12, pp. 673–678.
- Bernier, R. y Gerdtts, J. (2010). *Autism Spectrum Disorders: A Reference Handbook*. Contemporary world issues. ABC-CLIO.
- Bradford, A., Brenes, G. A., Robinson, R. A., Wilson, N., Snow, A. L., Kunik, M. E., Calleo, J., Petersen, N. J., Stanley, M. A., y Amspoker, A. B. (2013). Concordance of self- and proxy-rated worry and anxiety symptoms in older adults with dementia. *Journal of Anxiety Disorders*, **27**(1): 125 – 130.
- Bystritsky, A. y Kronemyer, D. (2014). Stress and anxiety: Counterpart elements of the stress/anxiety complex. *Psychiatric Clinics of North America*, **37**(4): 489 – 518. Stress in Health and Disease.
- Castro, L. A., Favela, J., y García-Peña, C. (2011). Naturalistic enactment to stimulate user experience for the evaluation of a mobile elderly care application. En: *Proceedings of the 13th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, New York, NY, USA. ACM, MobileHCI '11, pp. 371–380.
- Chen, Y., Ngo, V., y Park, S. Y. (2013). Caring for caregivers: Designing for integrality. pp. 91–102.
- CLARK, D. B. y DONOVAN, J. E. (1994). Reliability and validity of the hamilton anxiety rating scale in an adolescent sample. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, **33**(3): 354 – 360.
- Cooper, C., Katona, C., Orrell, M., y Livingston, G. (2006). Coping strategies and anxiety in caregivers of people with alzheimer's disease: The laser-ad study. *Journal of Affective Disorders*, **90**(1): 15 – 20.

- Denno, M. S., Gillard, P. J., Graham, G. D., DiBonaventura, M. D., Goren, A., Varon, S. F., y Zorowitz, R. (2013). Anxiety and depression associated with caregiver burden in caregivers of stroke survivors with spasticity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **94**(9): 1731 – 1736.
- Dey, A. K. (2001). Understanding and using context. *Personal Ubiquitous Comput.*, **5**(1): 4–7.
- Ertin, E., Stohs, N., Kumar, S., Raij, A., al'Absi, M., y Shah, S. (2011). Autosense: Unobtrusively wearable sensor suite for inferring the onset, causality, and consequences of stress in the field. En: *Proceedings of the 9th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, New York, NY, USA. ACM, SenSys '11, pp. 274–287.
- HAMILTON, M. (1959). The assessment of anxiety states by rating. pp. 50–55.
- Holzinger, A., Fairclough, S. H., Majoe, D., y da Silva, H. P., (eds.) (2014). *PhyCS 2014 - Proceedings of the International Conference on Physiological Computing Systems, Lisbon, Portugal, 7 - 9 January, 2014*. SciTePress.
- Ishimaru, S., Kunze, K., Kise, K., Weppner, J., Dengel, A., Lukowicz, P., y Bulling, A. (2014). In the blink of an eye: Combining head motion and eye blink frequency for activity recognition with google glass. En: *Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference*, New York, NY, USA. ACM, AH '14, pp. 15:1–15:4.
- John R. Hampton, D. M. D. F. F. F. (2009). *ECG en la práctica - (5a ed.)*.
- Joling, K. J., van Marwijk, H. W., Veldhuijzen, A. E., van der Horst, H. E., Scheltens, P., Smit, F., y van Hout, H. P. (2014). The two-year incidence of depression and anxiety disorders in spousal caregivers of persons with dementia: Who is at the greatest risk? *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, (0): –.
- JULIAN, L. J. (2011). Measures of anxiety. *Arthritis care & research*, **63**(0 11): 10.1002/acr.20561.
- Kazdin, A. E. (2000). *Encyclopedia of Psychology: 8 Volume Set*.
- Kwon, J. H., Alan, C., Czanner, S., Czanner, G., y Powell, J. (2009). A study of visual perception: Social anxiety and virtual realism. En: *Proceedings of the 25th Spring Conference on Computer Graphics*, New York, NY, USA. ACM, SCCG '09, pp. 167–172.
- Li, R., Cooper, C., Bradley, J., Shulman, A., y Livingston, G. (2012). Coping strategies and psychological morbidity in family carers of people with dementia: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*, **139**(1): 1 – 11.
- Lu, H., Frauendorfer, D., Rabbi, M., Mast, M. S., Chittaranjan, G. T., Campbell, A. T., Gatica-Perez, D., y Choudhury, T. (2012). Stresssense: Detecting stress in unconstrained acoustic environments using smartphones. En: *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing*, New York, NY, USA. ACM, UbiComp '12, pp. 351–360.

- Miranda, D., Calderón, M., y Favela, J. (2014). Anxiety detection using wearable monitoring. En: *Proceedings of the 5th Mexican Conference on Human-Computer Interaction*, New York, NY, USA. ACM, MexIHC '14, pp. 34:34–34:41.
- Navarro, R., Rodriguez, M., y Favela, J. (2014). Intervention tailoring in augmented cognition systems for elders with dementia. *Biomedical and Health Informatics, IEEE Journal of*, **18**(1): 361–367.
- Ory, M. G., Hoffman, R. R., Yee, J. L., Tennstedt, S., y Schulz, R. (1999). Prevalence and impact of caregiving: A detailed comparison between dementia and nondementia caregivers. *The Gerontologist*, **39**(2): 177–186.
- Prince, M., Bryce, R., Albanese, E., Wimo, A., Ribeiro, W., y Ferri, C. P. (????). The global prevalence of dementia: A systematic review and metaanalysis. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, **9**(1): 63–75.e2.
- Ramos, J., Hong, J.-H., y Dey, A. K. (2014). Stress recognition - a step outside the lab. En: Holzinger *et al.* (2014), pp. 107–118.
- Rani, P., Sarkar, N., y Adams, J. (2007). Anxiety-based affective communication for implicit human–machine interaction. *Advanced Engineering Informatics*, **21**(3): 323 – 334. Applications Eligible for Data Mining.
- Rennert, K. y Karapanos, E. (2013). Faceit: Supporting reflection upon social anxiety events with lifelogging. En: *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA. ACM, CHI EA '13, pp. 457–462.
- Repetto, C., Gaggioli, A., Pallavicini, F., Cipresso, P., Raspelli, S., y Riva, G. (2013). Virtual reality and mobile phones in the treatment of generalized anxiety disorders: a phase-2 clinical trial. *Personal and Ubiquitous Computing*, **17**(2): 253–260.
- Rhodes, B. J. (1997). The wearable remembrance agent: A system for augmented memory. *Personal Technologies*, **1**(4): 218–224.
- Robinson, L. (1990). Stress and anxiety. *The Nursing clinics of North America*, **25**(4): 935–943.
- Rosa, E., Lussignoli, G., Sabbatini, F., Chiappa, A., Cesare, S. D., Lamanna, L., y Zanetti, O. (2010). Needs of caregivers of the patients with dementia. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, **51**(1): 54 – 58.
- S, L. (1991). What is stress. *Neurobiology and Neuroendocrinology*, p. 13–21.
- Sadowsky, C. H. y Galvin, J. E. (2012). Guidelines for the management of cognitive and behavioral problems in dementia. *The Journal of the American Board of Family Medicine*, **25**(3): 350–366.
- Sebastian, V. (2013). A theoretical approach to stress and self-efficacy. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, **78**(0): 556 – 561. {PSIWORLD} 2012.

- Sharma, N. y Gedeon, T. (2012). Objective measures, sensors and computational techniques for stress recognition and classification: A survey. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, **108**(3): 1287 – 1301.
- Starner, T., Mann, S., Rhodes, B., Levine, J., Healey, J., Kirsch, D., Picard, R. W., y Pentland, A. (1997). Augmented reality through wearable computing.
- Sturm, V. E., Yokoyama, J. S., Seeley, W. W., Kramer, J. H., Miller, B. L., y Rankin, K. P. (2013). Heightened emotional contagion in mild cognitive impairment and alzheimer's disease is associated with temporal lobe degeneration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **110**(24): 9944–9949.
- Tutar, H., Cankurtaran, E., Tekin, P., y Caykoylu, A. (2013). The relationship between coping strategies and caregiver burden in caregivers of people with alzheimer's dementia. *Alzheimer's and Dementia*, **9**(4, Supplement): P484 –. Alzheimer's Association International Conference 2013 Alzheimer's Association International Conference 2013.
- Wilt, J., Oehlberg, K., y Revelle, W. (2011). Anxiety in personality. *Personality and Individual Differences*, **50**(7): 987 – 993. Special Issue on Anxiety (dedicated to the memory of Professor Blazej Szymura).

Apéndice A. Carta de consentimiento informado de participantes en el proyecto de investigación

Por medio de la presente acepto participar en el proyecto de investigación que CICESE realiza, titulado: “**Monitoreo por sensores electrónicos en adultos mayores sanos en Ensenada, B.C.**”, a llevarse a cabo en esta ciudad de Mayo a Septiembre de 2015.

El objetivo de este estudio es: Obtener información capturada a través de teléfonos celulares inteligentes, de las actividades cotidianas que realizan los adultos mayores de 65 años de edad.

Se me ha explicado que mi participación consistirá en: Llevar a cabo sesiones de terapias a adultos mayores con Alzheimer de alrededor de una hora de duración. También se me informó que debo de contestar a diversas preguntas sobre mi desempeño en la terapia en forma de cuestionarios. Por último, fui informado que recibiré una compensación de un pase doble al cine en la película disponible de mi elección al termino de la sesión.

Se me ha informado ampliamente sobre los posibles riesgos, inconvenientes, molestias y beneficios derivados de la participación en el estudio.

Podré dejar de contestar cualquier pregunta si no es mi deseo, o si dudo de la respuesta. El investigador principal se ha comprometido a responder cualquier pregunta y aclarar cualquier duda que tenga, acerca de los procedimientos que se llevarán a cabo, o cualquier otro asunto relacionado con la investigación. Entiendo que conservo el derecho a retirarme del estudio en cualquier momento en que lo considere conveniente. Los investigadores a cargo del proyecto me ha asegurado de que no se me identificará en las presentaciones o publicaciones que se deriven de este estudio, y que los datos recabados serán manejados en manera confidencial. Al mismo tiempo se me ha asegurado, que si así lo deseo, se me proporcionará la información que se derive del estudio.

Nombre y firma del participante

Domicilio del participante

Apéndice B. Carta de no divulgación de participantes en el proyecto de investigación

El siguiente documento describe la manera en que los participantes deberán de hacer uso de la información generada durante las actividades del estudio con el fin de asegurar la calidad de los datos obtenidos.

Definiciones:

- **Participante:** Persona reclutada para realizar las actividades durante el estudio.
- **Adulto Mayor:** Persona reclutada con la cual el participante realizará las actividades durante el estudio.
- **Investigadores:** Personal del CICESE (estudiante de posgrado, profesor o auxiliar de investigador) responsable del estudio.

Dentro de las limitaciones, el participante no podrá:

- Comentar la situación mental o física del adulto mayor.
- Describir las actividades que realizó durante las terapias.
- Compartir técnicas o cualquier otra información que pueda ser utilizada para afectar el resultado de las terapias de otros participantes.

Todas las inquietudes o dudas deben de ser canalizadas a través de los investigadores por las formas de contacto proporcionadas.

Todas estas limitaciones son vigentes durante el tiempo de la intervención. Una vez que todos los participantes hayan terminado su participación este acuerdo será invalidado.

Nombre y firma del participante

Domicilio del participante