

**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 comité

---

Dr. Jesús Favela Vara  
*Director del Comité*

**Dra. Tentori Espinosa Mónica Elizabeth (Miembro del comité)**

**Dr. Chavez González Edgar Leonel (Miembro del comité)**

**Dra. Herzka Llona Sharon Zinah (Miembro del comité)**

**Dra. Beatriz Cordero Esquivel (Miembro del comité)**



**Autoridades**

---

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

---

Dr. Jesús Favela Vara  
*Director de Estudios de Posgrado*

Darién Alberto Miranda Bojórquez ® 2015

Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin el permiso del autor

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 vestible**

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 vestible**

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

<b>Resumen en español</b>	<b>iii</b>
<b>Resumen en inglés</b>	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>v</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de tablas</b>	<b>x</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes . . . . .	1
1.2. Plantamiento del problema . . . . .	1
1.3. Objetivos . . . . .	1
1.3.1. Objetivo general . . . . .	1
1.3.2. Objetivos específicos . . . . .	2
1.3.3. Hipótesis de investigación . . . . .	2
1.3.4. Propuesta de la solución . . . . .	2
1.4. Metodología . . . . .	2
1.4.1. Contribución . . . . .	3
1.4.2. Conclusión . . . . .	3
1.4.3. Organización de la tesis . . . . .	3
1.5. Pregunta de investigación . . . . .	3
1.6. Hipótesis . . . . .	3
1.7. Variables independientes . . . . .	3
1.8. Variables dependientes . . . . .	3
1.9. Escenario . . . . .	4
1.10. Configuración del escenario . . . . .	4
1.11. Consideraciones . . . . .	5
1.12. Metodología . . . . .	5
<b>2. Fundamentos teóricos</b>	<b>6</b>
2.1. Introducción . . . . .	6
2.2. Qué es la Ansiedad? . . . . .	6
2.2.1. Ansiedad y estrés . . . . .	6
2.2.2. Ansiedad situacional y Ansiedad como rasgo . . . . .	7
2.3. Demencia . . . . .	7
2.4. Cuidadores . . . . .	8
2.4.1. Cómo se genera la ansiedad en los cuidadores? . . . . .	8
2.4.2. Características del individuo . . . . .	9
2.4.3. Factores de estrés primarios . . . . .	9
2.4.4. Carga del cuidador . . . . .	9
2.4.5. Estrategias de afrontamiento . . . . .	9
2.4.6. Cuidadores formales e informales . . . . .	10
2.4.7. Señales fisiológicas relacionadas con la ansiedad . . . . .	10

## Tabla de contenido (continuación)

2.4.7.1.	Respuesta Galvánica de la Piel (GSR)	11
2.4.7.2.	Señales relacionadas con el corazón	12
2.4.7.3.	Electroencefalografía (EEG)	13
2.5.	Instrumentos tradicionales para la medición de la ansiedad	13
2.6.	Cómputo vestibular	14
2.7.	Trabajo previo en detección automática de ansiedad	14
2.8.	Máquinas de soporte vectorial (SVM)	14
2.9.	Conclusión	14
<b>3.</b>	<b>Metodología y diseño de un experimento para inducir ansiedad en cuidadores de personas con demencia</b>	<b>16</b>
3.1.	Introducción	16
3.2.	Un experimento para inducir ansiedad en cuidadores informales	16
3.2.1.	Sujetos	18
3.3.	Procedimiento	18
3.3.1.	Entrenamiento	18
3.3.2.	Tareas de terapias	19
3.4.	Configuración	20
3.4.1.	Obtención de datos	21
3.5.	Análisis de los datos	22
3.5.1.	Pre-procesado de GSR	22
3.5.2.	Pre-procesamiento de HR e IBI	23
3.5.3.	Procesamiento de video	24
3.5.4.	Segmentación de los datos	24
<b>4.</b>	<b>Evaluación</b>	<b>26</b>
4.1.	Introducción	26
4.2.	Codificación	26
4.3.	Extracción de características	27
4.4.	Resultados de aprendizaje de máquina	27
<b>5.</b>	<b>Conclusiones y trabajo a futuro</b>	<b>30</b>
	<b>Lista de referencias</b>	<b>31</b>
<b>A.</b>	<b>Carta de consentimiento informado de participantes en el proyecto de investigación</b>	<b>35</b>
<b>B.</b>	<b>Carta de no divulgación de participantes en el proyecto de investigación</b>	<b>36</b>



## Lista de figuras

Figura	Página
1. Metodología seguida durante la investigación. . . . .	2
2. El modelo de ansiedad en cuidadores (Pearlin et. al 1990) . . . . .	8
3. El sistema Autónomo central (Crash Course A&P #13) . . . . .	11
4. Señal típica de GSR . . . . .	12
5. Métodos de evaluación clasificados de acuerdo a la involucración del usuario, fidelidad y riesgo . . . . .	17
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. . . . .	21
7. La aplicación Care Me Too mostrando señales fisiológicas siendo grabadas. . . . .	22
8. Transcripción y señales GSR, HR, e IBI correspondientes a una situación estresante . . . . .	25
9. Transcripción correspondiente a una sesión completa de un participante . . . . .	27
10. Codificación correspondiente a una sesión completa de un participante . . . . .	28
11. Nivel de ansiedad observado durante una sesión de un participante en comparación a su resistencia galvánica. Los colores indican los eventos codificados. La sección grande en blanco indica el tiempo de relajación inicial. . . . .	29

## Lista de tablas

Tabla		Página
1.	Participantes en el estudio . . . . .	18
2.	Terapias realizadas con el adulto mayor por cada participante. . . . .	20
3.	Criterio de etiquetado de eventos. . . . .	23
4.	Terapias realizadas con el adulto mayor por cada participante. . . . .	23
5.	Características usadas como entrada para el clasificador de SVM . . . . .	28

# Capítulo 1. Introducción

---

Aquí la introducción pls

## 1.1. Antecedentes

Antecedentes aqui pls

## 1.2. Plantamiento del problema

La demencia es un síndrome del declive de las habilidades cognitivas. Los síntomas comunes son: problemas de memoria, dificultades para realizar tareas, mal juicio, deterioro del lenguaje hablado y cambios de humor (Aziz *et al.*, 2012). Afecta alrededor del 4 % de las personas mayores de 65 años y al 40 % de las personas mayores de 90. En un estudio, 60 % de los cuidadores desarrollaron un desorden depresivo y/o de ansiedad en los primeros 24 meses: 37 % de depresión, 55 % desorden de ansiedad y 32 % ambos. (Joling *et al.*, 2014). Casi un cuarto de los cuidadores de personas con demencia tienen un nivel de ansiedad clínico significativo (Cooper *et al.*, 2006). Mientras que la carga de los cuidadores informales aumenta, se vuelve mas probable que sufran de ansiedad y depresión (Denno *et al.*, 2013). La carga en los cuidadores (física o psicológica) podría aumentar los niveles de ansiedad. Entre mas demandante es un servicio, mayor podría ser la ansiedad percibida. Los comportamientos bizarros o impredecibles de la persona afectada por demencia aumentan la carga emocional (Rosa *et al.*, 2010). En este estudio, se hará uso del cómputo vestibular para capturar información de ansiedad y se utilizará aprendizaje de máquina para detectar periodos de ansiedad en cuidadores de personas con demencia.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Detectar periodos de ansiedad en cuidadores de personas con demencia por medio de cómputo vestibular

### 1.3.2. Objetivos específicos

### 1.3.3. Hipótesis de investigación

Se puede detectar ansiedad usando dispositivos vestibiles...

### 1.3.4. Propuesta de la solución

Propuesta del experimento para obtener datos...

## 1.4. 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 1). El primer paso consiste en recabar información de cuidadores bajo situaciones de ansiedad con el fin de etiquetar eventos. Esta captura se logró por medio de un experimento que implementa una técnica de “Naturalistic 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)

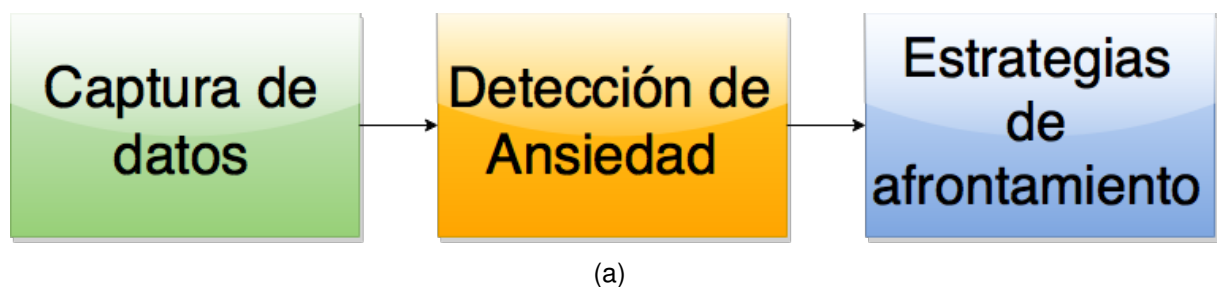


Figura 1: Metodología seguida durante la investigación.

#### **1.4.1. Contribución**

#### **1.4.2. Conclusión**

#### **1.4.3. Organización de la tesis**

### **1.5. Pregunta de investigación**

¿Cómo pueden los dispositivos vestibles ayudar a detectar ansiedad en cuidadores de personas con demencia?

### **1.6. Hipótesis**

- Los sujetos tendrán mayores valores en las características de GSR y EEG durante un periodo de ansiedad alto que durante uno bajo.
- Los sujetos tendrán mayor valor HR promedio durante un periodo de ansiedad alto que durante uno bajo
- Los sujetos que reporten mayores valores en la prueba de SUDS tendrán mayores valores en las características de GSR, HR, y EEG durante un periodo de ansiedad.

### **1.7. Variables independientes**

- Periodos con ansiedad
- Periodos sin ansiedad

### **1.8. Variables dependientes**

- Características de GSR: Número de picos por segmento, Amplitud y tiempo de recuperación medio
- Valor de HR: Promedio de HR

## 1.9. Escenario

Los participantes serán transportados del departamento de computación de CICE-SE hacia una casa donde se encontrará el adulto mayor para realizar la prueba. Se les pedirá reposar durante 15 minutos en el lugar para regularizar su sudoración y ritmo cardiaco. Luego, se les tomará una muestra de 5 minutos de sus señales fisiológicas como línea base por medio de una banda para HR, una pulsera para GSR y una diadema para EEG. Durante estos 5 minutos se les pedirá que reposen sentados en una habitación sin el adulto mayor y con los ojos cerrados, concentrándose en su respiración como técnica de relajación.

Pasado el tiempo de relajación se les presentará al adulto mayor en una habitación diferente. Después de la introducción llevarán a cabo la terapia. Una vez mas, llevarán sobre el cuerpo la banda de ritmo cardiaco, la pulsera para GSR y la diadema de EEG. Durante la prueba, se les pedirá que reporten su nivel de ansiedad por medio de un formato especial (Ver anexo []) )

## 1.10. Configuración del escenario

Los datos serán capturados de la siguiente manera:

- La señal de suduración se obtendrá por medio de la pulsera **Empatica E3** que será conectada a un teléfono inteligente Samsung S4 con android 4.0 ejecutando la aplicación CareMeToo hecha en el laboratorio.
- La señal de ritmo cardiaco se obtendrá por medio de una banda zephyr HxM conectado a una macbook 2008 ejecutando la aplicación **anxiLogger** hecha en el laboratorio.
- La señal de EEG se obtendrá por medio de la diadema Muse conecata a la misma macbook 2008 ejecutando la aplicación Muse Lab.
- Todo el procedimiento será grabado por medio de una cámara Sony HD instalada en el lugar.

### **1.11. Consideraciones**

- Los participantes no podrán tomar bebidas con cafeína (café, té, refresco, bebidas energéticas etc.) durante al menos 8 horas antes de la prueba.
- Los participantes no podrán interactuar con los investigadores una vez que inicie la prueba.
- El papel del adulto mayor será realizado por una actriz profesional con experiencia en papeles de adultos mayores y aconsejada en el comportamiento de una persona con demencia por una profesional.
- Los participantes serán previamente entrenados en la aplicación de la terapia unos días antes de la prueba.

### **1.12. Metodología**

Los eventos serán clasificados como de alta ansiedad y baja ansiedad con ayuda de comportamientos preparados y marcadores en los tiempos con ayuda del video. Se segmentarán las señales en periodos de tiempo de acuerdo con los marcadores y se realizará un análisis estadístico para determinar diferencias significativas y corroborar las etiquetas. Los datos serán procesados con utilerías ya programadas en python. Por último se utilizará aprendizaje de máquina para clasificar los eventos.

## Capítulo 2. Fundamentos teóricos

---

### 2.1. Introducción

La ansiedad es un fenómeno que solemos experimentar en algunas situaciones de nuestras vidas, como al dar un discurso en público, al ser entrevistado para un nuevo trabajo o durante un examen. Nos ayuda a mantenernos alertas y listos para enfrentar las situaciones de día a día. La ansiedad un estado mental en el que experimentamos sentimientos de preocupación, nerviosismo o incomodidad. Típicamente asociada a un evento inminente o incierto. Un sector de la población afectada por la ansiedad es el de los cuidadores de personas con demencia. 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 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 con dicha carga [ref]. Este desvalance puede hacer que la ansiedad aumente, mientras que la ansiedad puede a su vez generar estrés.



### 2.2.2. Ansiedad situacional y Ansiedad como rasgo

Existen dos clasificaciones de ansiedad reconocidas por la *American Psychological Association* (Kazdin, 2000) , las cuales se describen a continuación.

- **Ansiedad situacional:** 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.
- **Ansiedad como rasgo:** Es una manifestación a largo plazo de la ansiedad, en la que el individuo puede entrar al estado ansioso 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 Ansiedad como rasgo son mas fuertes, este trabajo está enfocado en la ansiedad situacional debido a que detectar dichos eventos podría ayudar a la persona a manejarlos adecuadamente.

### 2.3. Demencia

La demencia es un síndrome del declive de las habilidades cognitivas. Los síntomas comunes son: problemas de memoria, dificultades para realizar actividades de la vida diaria (Como afeitarse, lavarse los dientes y cambiarse de ropa)<sup>1</sup>, mal juicio, deterioro del lenguaje hablado y cambios de humor(Aziz *et al.*, 2012). Afecta alrededor del 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 en las fases CDR-3 o posterior [ref] 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, siendo esto una carga para los cuidadores.

---

<sup>1</sup>Activities of Daily Life (ADL)

## 2.4. Cuidadores

Uno de los sectores de población vulnerables, es el de 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?

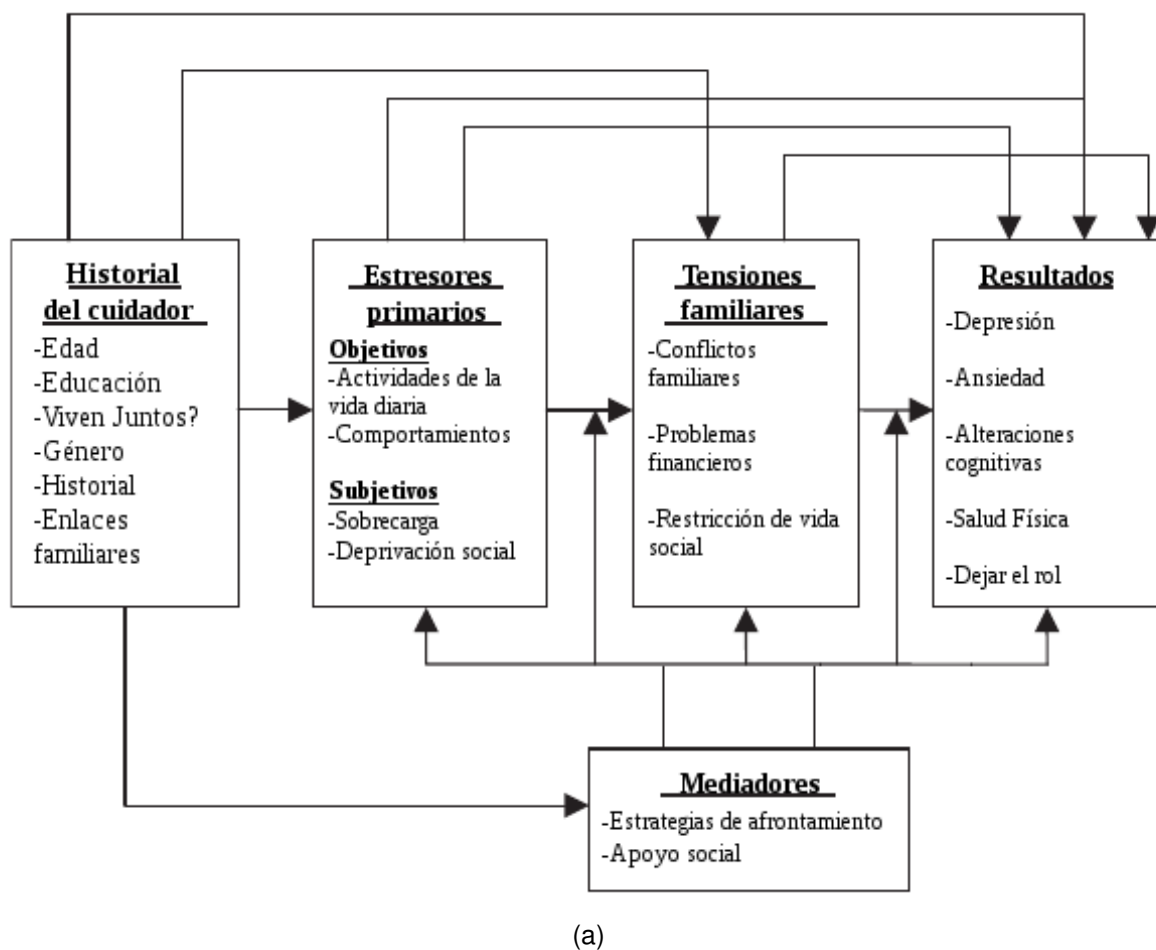


Figura 2: El modelo de ansiedad en cuidadores (Pearlin et. al 1990)

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 (Pearlin *et al.*, 1990). A continuación, se explica el modelo de Pearlin elemento por elemento.

#### **2.4.2. Características del individuo**

La edad, género, el nivel de educación y los lazos que tiene el cuidador con la persona con demencia son los principales factores que pueden hacer más susceptible a los cuidadores de sufrir los efectos de la ansiedad. Un adolescente 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 hijos.

#### **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 son cuantificables como las actividades la vida diaria y los comportamientos de la persona con demencia. Estos los podemos medir de acuerdo a 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 afectan a la percepción del cuidador, como la sobrecarga y la privación social.

#### **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 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 (Sharma y Gedeon, 2012) son algunas de las técnicas que son de mayor utilidad para 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**

Existen dos tipos de cuidadores, formales e Informales. Los cuidadores formales son aquellos que se encuentran afiliados con un sistema de servicio formal. Pueden recibir un pago o ser personas voluntarias. Mientras que los cuidadores informales son familiares, compañeros, amigos, vecinos o cualquier persona que tenga una relación personal significativa con la persona con demencia. En México, los cuidadores informales son muy frecuentes y suelen estar menos preparados para lidiar con los problemas de ansiedad.

#### **2.4.7. Señales fisiológicas relacionadas con la ansiedad**

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 3). Ambos controlan las mismas funciones, pero de manera análoga. Mientras el SNS aumenta los latidos del corazón, el SNP lo disminuye.

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. Algunos de estos cambios, como la sudoración y el ritmo cardíaco pueden ser cuantificados por medio de sensores. A continuación, se explican algunas señales de estos cambios usadas para detectar la ansiedad.

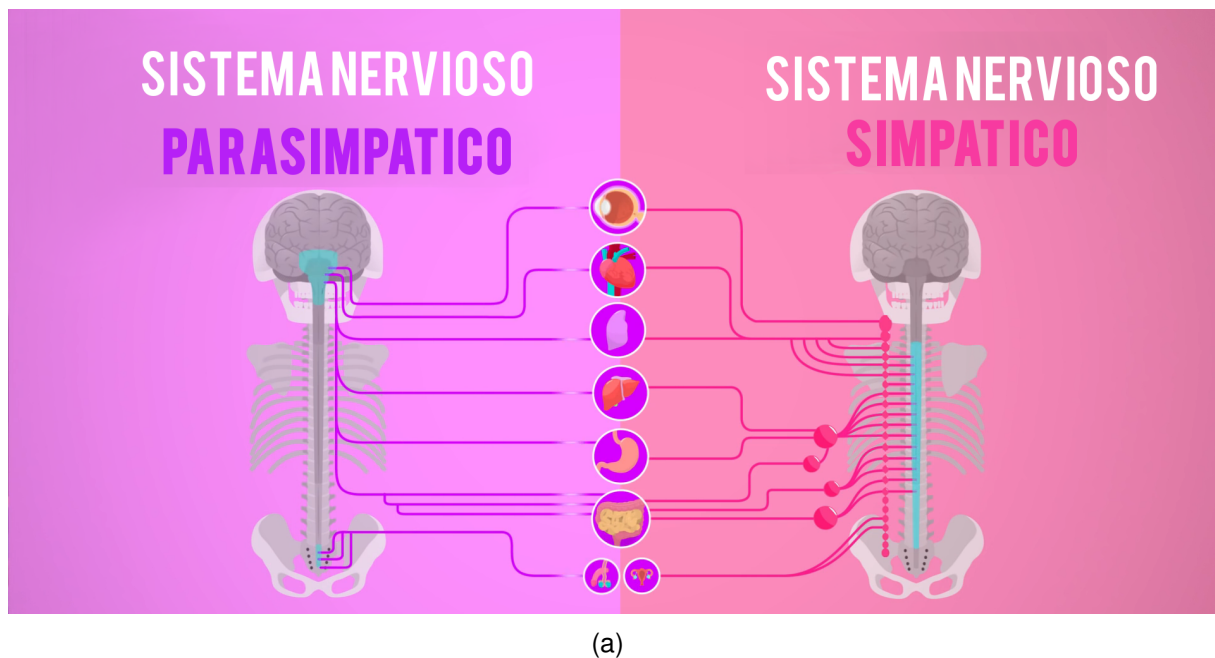


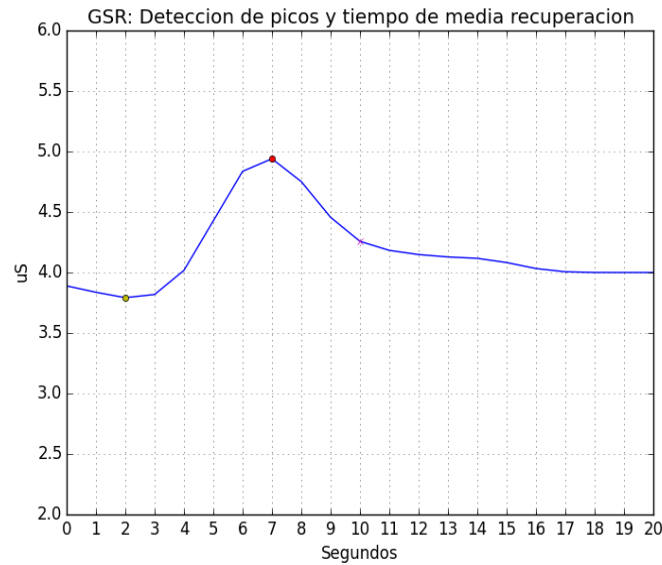
Figura 3: El sistema Autónomo central (Crash Course A&P #13)

#### 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 al 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  $\Omega$  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  $\mu$ .

La señal de GSR se encuentra compuesta por dos partes: Un componente base y un componente tónico (Katsis *et al.*, 2011). 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 4 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.



(a)

**Figura 4: Señal típica de GSR**

- **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. Electroencefalografía (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 (HAM-A):**

La prueba HAM-A fue una de las primeras escalas desarrolladas para medir la severidad de los síntomas de la ansiedad, y sigue siendo ampliamente usada para fines clínicos y de investigación. Consiste en una prueba de 14 artículos, cada uno definido por una serie de síntomas (HAMILTON, 1959b).

- **Zung Self-Rating Anxiety Scale (SAS):**

La prueba SAS es una herramienta de 20 frases relacionadas con las experiencias sentidas durante los días anteriores (Zung, 1971). Algunas de las frases son: *“He sentido mi corazón latir rápido.”*, *“Me he sentido mas nervioso y ansioso de lo normal.”* y *“He sentido miedo sin una razón aparente”*. Cada respuesta tiene un valor que varía desde 1 hasta 4, donde 1 representa “Nada o poco del tiempo” y 4 “Casi todo el tiempo”. La puntuación final permite diferenciar entre 3 posibles niveles de ansiedad: *“Dentro del rango normal”*, *“De ansiedad mínima a moderada”*, *“Ansiedad severa”*, *“Ansiedad extrema”*.

- **The State-Trait Anxiety Inventory (STAI):** La prueba STAI permite medir mediante auto-reporteado la presencia y severidad de los síntomas de la ansiedad la tendencia a ser ansioso (Julian, 2011). Consiste de 40 artículos, los cuales hacen preguntas de como se siente el sujeto en el momento. Las posibles respuestas son: 1) Para nada, 2) Un poco, 3) Moderadamente, 4) Mucho. Los rangos de la puntuación se interpretan en 3 posibles niveles de ansiedad: *“Nada de ansiedad”*, *“Ansiedad moderada”* y *“Ansiedad extrema”*

- **Subjective Self-rating Anxiety Scale (SUDS):** La escala SUDS permite medir el nivel de ansiedad por medio de una sola escala (Wolpe, 1973). La escala varía desde 0 a 100, con pasos de 10 en 10. Cada nivel tiene una descripción asociada como:

*“20, Ansiedad Mínima.”, “50, Ansiedad moderada. Me siento incómodo” y “100, La ansiedad mas grande que he sentido en mi vida”.* La ventaja sobre otras escalas es que permite obtener el nivel de ansiedad casi instantáneamente, haciendola útil en situaciones donde es necesario monitorizar el nivel de ansiedad constantemente.

## **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 parámetros tales como el movimiento usuario, su posición, 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 vestible abre la posibilidad de detectar la ansiedad por medio de las señales fisiológicas del usuario.

## **2.7. Trabajo previo en detección automática de ansiedad**

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

## **2.8. Máquinas de soporte vectorial (SVM)**

Explicar SVM y bla ble ble

## **2.9. Conclusión**

La disponibilidad actual del cómputo vestible y su capacidad de capturar señales del cuerpo constantemente abren la posibilidad de cuantificar estados mentales que tradicionalmente requieren tiempo e interpretación de un especialista para medir. La detección de ansiedad podría dar lugar al desarrollo de aplicaciones que sugieran al cuidador estrategias de afrontamiento para reducir la ansiedad y mejorar su bienestar general. En



el siguiente capítulo, se explica el desarrollo de un experimento para obtener datos de ansiedad en cuidadores haciendo uso del cómputo vestibular.

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

---

### **3.1. Introducción**

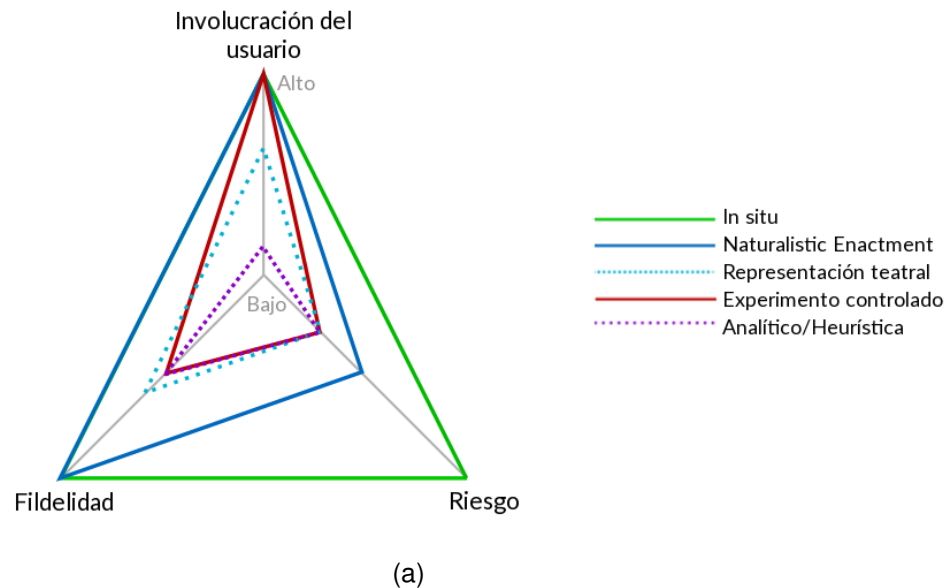
Como vimos en el capítulo 2, la mayoría de los estudios logran inducir ansiedad o estrés por medio de situaciones controladas dentro del laboratorio. Sin embargo, generar ansiedad en cuidadores informales es mucho mas difícil. El escenario de un laboratorio no coincide con el entorno en el que una persona con demencia se desarrolla por lo que los comportamientos impredecibles no serían congruentes con dicho 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.

En este capítulo se explica el uso de una técnica llamada “Naturalistic Enactment (NE)” dentro de un experimento para capturar datos de ansiedad en cuidadores de personas con demencia.

### **3.2. 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 donde sin embargo, utilizar pacientes reales puede ser peligroso(Castro *et al.*, 2011). NE consiste de 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 encontrar problemas y comportamientos que pudieran 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 de una situación de terapia real con una persona actuando como si tuviera 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 como manejar el comportamiento del adulto mayor, durante el tiempo en que el experimento durara.

**Tabla 1: Participantes en el estudio**

<b>Sujeto</b>	<b>Género</b>	<b>Edad</b>	<b>Experiencia de cuidador</b>
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

### 3.2.1. 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. Solo pudieron participar personas que no fueran cuidadores formales, y que no fueran cuidadores en el momento. Se incluyeron a personas que tuvieran experiencia como cuidadores informales. 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 ( $\sigma = 1.059$ ). La tabla 1 muestra los datos demográficos de los participantes.

## 3.3. Procedimiento

### 3.3.1. 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 aproximadamente 90 minutos. Todos los participantes practicaron las terapias y tuvieron oportunidad de hacer preguntas. No se les dió ninguna estrategia de afrontamiento acerca de 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 completadas si el adulto mayor no estaba cooperando, pero que deberían intentar completar la terapia en lo posible.

### **3.3.2. 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 a los sujetos relajarse concentrándose en su respiración con los ojos cerrados para obtener una línea base de datos fisiológicos. Sólo una persona necesitó mas de 5 minutos.

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 4 presenta las tareas realizadas por cada participante en las tres sesiones del estudio.

Toda la intervención duró 15 días, cada prueba de los participantes duró al rededor 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 mas 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 primer semana, ella actuó en niveles de 0 a 2 (Ver tabla 3). En la segunda y tercer semana, actuó niveles de 0 a 3. En la última, se les enseñó a los participantes a usar estrategias de afrontamiento.

**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

### 3.4. Configuración

Se acondicionó un cuarto dentro de una casa real para hacerlo parecer como si fuera la sala de una persona con demencia. La utilería incluyó: Muebles viejos, baja iluminación, fotografías viejas, pistas de papel sobre el lavamanos, entre otras. 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 (Ver figura 6 ). La persona que actuaba como si tuviera demencia y el cuidador permanecieron sentados frente a frente en una mesa circular. Se les pidió a los participantes usar el cuarto de 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.



(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.

### 3.4.1. Obtención de datos

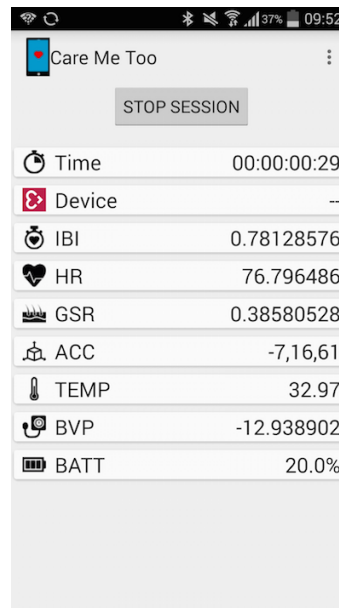
Se desarrollaron dos aplicaciones separadas para el sensor Empatica E3 y el banda Zephyr HxM. Para el primer dispositivo se desarrolló la aplicación “Care Me Too” para android (ver figura 7) la cual se conecta al dispositivo E3 vía Bluetooth Low Energy (BLE), muestra los datos en tiempo real y los guarda 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”<sup>1</sup> desarrollado para un estudio anterior (Miranda *et al.*, 2014). El archivo csv de salida fue agregado a los datos de sesión para sincronizar los tiempos a través de una librería llamada “maxiProcessor”<sup>2</sup>

Para la banda Muse se usó la aplicación de escritorio “Muse lab” Los datos obtenidos en formato .muse fueron exportados a .csv para analizarlos posteriormente.

<sup>1</sup><https://github.com/panzerfausten/anxiLogger>

<sup>2</sup><https://github.com/panzerfausten/maxiProcessor>



(a)

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

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.

### 3.5. 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 3). Luego, se tomó una ventana correspondiente a las señales de GSR,HR, temperatura corporal y EEG. Las señales se procesaron individualmente.

#### 3.5.1. 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 graficado de datos de ansiedad de todos los dispositivos. La librería también puede graficar



**Tabla 3: Criterio de etiquetado de eventos.****Tabla 4: Terapias realizadas con el adulto mayor por cada participante.**

Nivel	Criterio	Ejemplo de evento
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 Gritos.	“¿Donde está mi mamá?” “Quién eres?”
3	Amenazas al participante, Paranoia, Urgencia de irse.	“MAMÁ, DONDE ESTÁS!!??” “YA QUIERO IRME!” “QUIEN ERES? DÉJAME IR!”

atributos de la señal GSR (picos, tiempos de recuperación medios, amplitudes, etc.) 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 el 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.

### 3.5.2. Pre-procesamiento de HR e IBI

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 adicional.

### **3.5.3. Procesamiento de video**

Todos los videos fueron transcritos utilizando el programa F5 transkript 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.

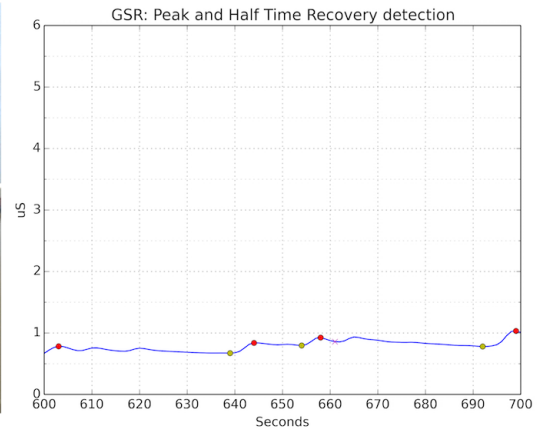
### **3.5.4. Segmentación de los datos**

Las transcripciones fueron luego usadas para segmentar los eventos acorde a la tabla 3. Para obtener “ground truth”, dos investigadores codificaron las sesiones en vivo, tomando nota del tiempo, nivel de ansiedad percibida, 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 viéndolos y anotando los tiempos y el nivel de ansiedad percibida. Esta codificación fue hecha por dos personas mirando todos los videos cada una. Los participantes también tenían 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.

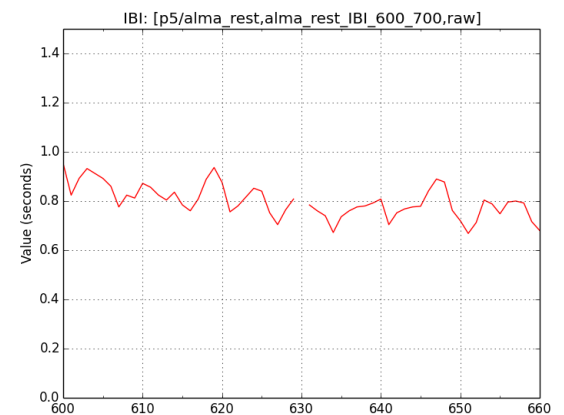
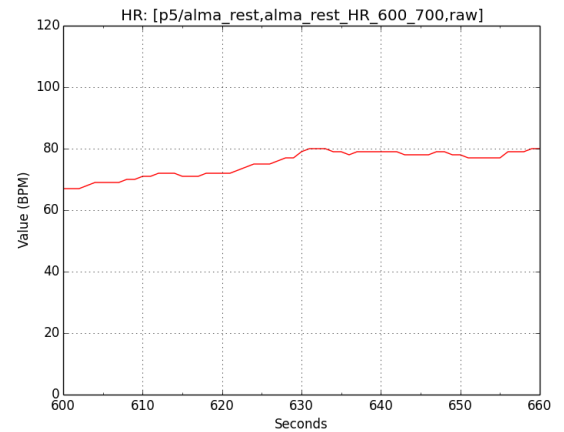
Una vez etiquetados los segmentos con el nivel percivido de ansiedad. La figura 8 ejemplifica un segmento extraído. En el siguiente capítulo se explica como se clasificaron los datos y los resultados de la detección.



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. Evaluación

---

### 4.1. Introducción

En este capítulo se describe como se utilizaron los datos del experimento para lograr la detección de ansiedad. Se explica como se codificaron los eventos de ansiedad, que datos se tomaron en cuenta y los resultados de la detección por medio del uso de máquinas de soporte vectorial.

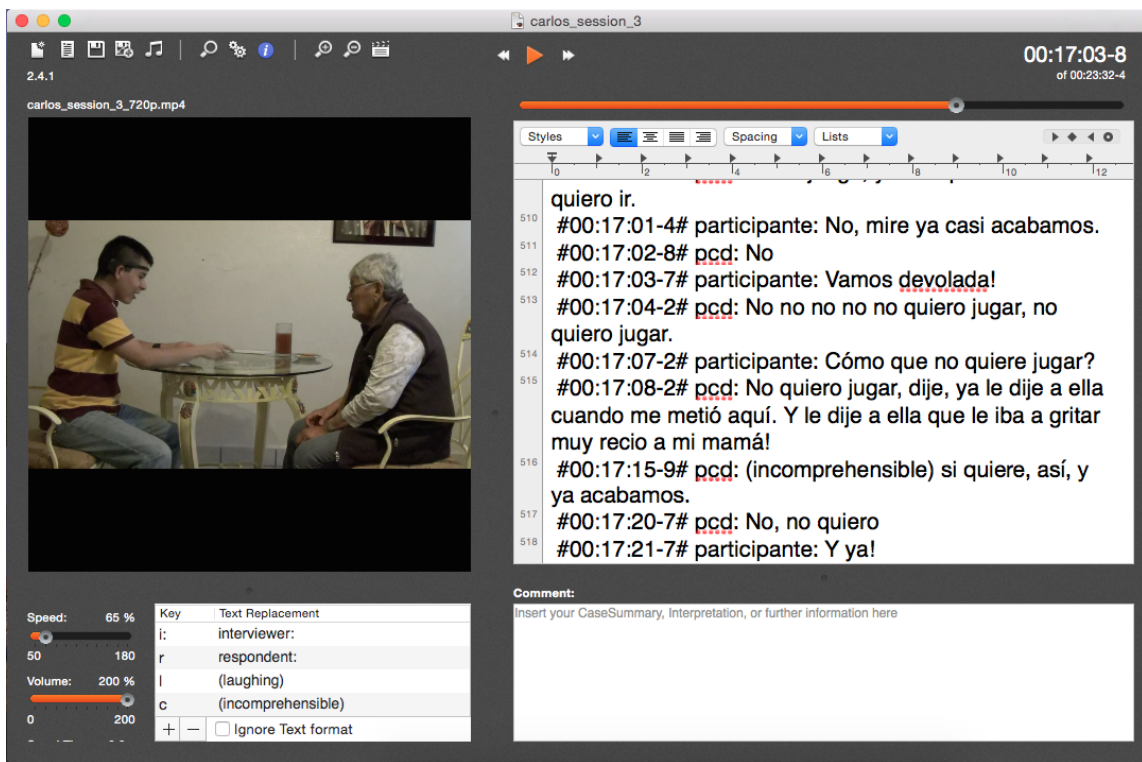
### 4.2. Codificación

Para lograr obtener *ground truth* se utilizaron varias técnicas: Observación directa, auto reportado y codificación. Se utilizaron primordialmente la observación directa y la codificación, debido a que los participantes tuvieron problemas para llenar los formatos de auto reportado en la mayoría de las sesiones.

Los videos fueron primero transcritos manualmente con el programa *F5 Transcription Free* para Mac OS X. Por cada video, se generó un archivo en formato .txt el cual contenia el tiempo y la transcripción (Ver Figura 9).

El archivo resultante se exportó a Google Spreadsheets (Ver Figura: 10 ) para hacer el etiquetado de segmentos de ansiedad. Esta codificación se hizo en base a la tabla de codificación (Ver tabla: 3). Se utilizaron las notas de observación recabadas para comparar que los eventos codificados a partir del video coincidieran en el tiempo y nivel de evento. Debido a que existió un retraso del momento en que se inició a grabar los datos fisiológicos y el momento en el que se inició la grabación, se tuvieron que sincronizar los datos de la codificación. Esto se logró grabando ante la cámara el tiempo que mostraba el teléfono móvil encargado de la colección de los datos. Por medio de un herramienta, se sincronizaron los tiempos de la transcripción en base a los segundos reportados en el video y se convirtieron de segundos a tiempo unix. La precisión lograda con esta técnica fué de 0 a 1 segundos.

Esto permitió realizar la segmentación de los eventos para su posterior análisis. También da una visión general del nivel de ansiedad observado durante toda la sesión en comparación con los datos fisiológicos (Ver figura: 11).



(a)

**Figura 9: Transcripción correspondiente a una sesión completa de un participante**

### 4.3. Extracción de características

Por cada tipo de señal, se tomaron varias características que generalizan un segmento de datos. La tabla 5 describe dichas características.

Para este trabajo, se tuvo un total de 51 segmentos del nivel 0, 177 del nivel 1, 145 del nivel 2 y 106 del nivel 3. Los datos corresponden a 5 del total de 10 de participantes. Utilizando 15 sesiones. No se procesaron todas las sesiones en su totalidad, debido al extenso tiempo necesario para transcribir los videos. Todos los segmentos fueron luego codificados en forma de vectores descriptores. Estos vectores fueron guardados en formato .csv, con la primera columna correspondiente a la etiqueta de nivel de ansiedad.

### 4.4. Resultados de aprendizaje de máquina

Se realizaron diferentes pruebas con diferentes “kernels” de la máquina de soporte vectorial. Se utilizó el 50 % de los datos para entrenamiento y el otro 50 % para pruebas

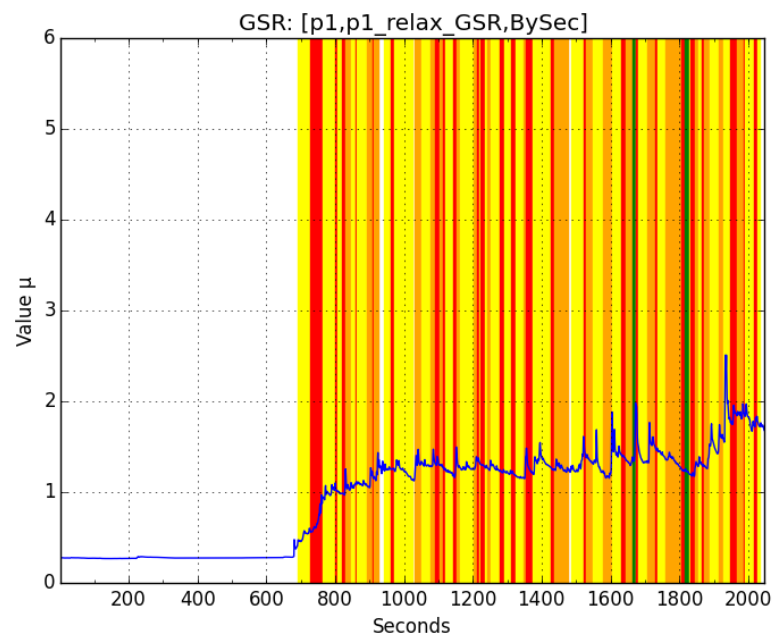
	A	B
510	#00:17:01-4# participante: No, mire ya casi acabamos.	3
511	#00:17:02-8# pcd: No	3
512	#00:17:03-7# participante: Vamos devolada!	3
513	#00:17:04-2# pcd: No no no no no quiero jugar, no quiero jugar.	1
514	#00:17:07-2# participante: Cómo que no quiere jugar?	1
515	#00:17:08-2# pcd: No quiero jugar, dije, ya le dije a ella cuando me metió aquí.	1
516	#00:17:15-9# pcd: (incomprehensible) si quiere, así, y ya acabamos.	1
517	#00:17:20-7# pcd: No, no quiero	1
518	#00:17:21-7# participante: Y ya!	1
519	#00:17:23-4# pcd: Hazlo tu!	1
520	#00:17:25-3# participante: Lo hago yo?	1
521	#00:17:25-8# pcd: Si, pues si, tu.	1
522	#00:17:27-3# participante: Hmm... cual levantaré? Creo que esta	1
523	#00:17:29-1# pcd: Mire, ya me picó otro animal.	2
524	#00:17:31-2# participante: Le picó otro animal?	2
525	#00:17:32-8# pcd: si.	2
526	#00:17:33-1# participante: Ah, es que aquí está bien sucio. Verdad?	2
527	#00:17:34-5# pcd: Si, está muy sucio.	2
528	#00:17:35-4# pcd: Si.. tiene que acabar para irnos.	2
529	#00:17:36-3# participante: ¿Por qué no limpias, eh? ¿Por qué no limpias? Nom	2
530	#00:17:40-3# participante: Si, verdad?	2
531	#00:17:41-9# pcd: Deberías de barrer, limpiar la mesa. Mira. No la limpiaste.	2
532	#00:17:46-9# pcd: No yo no la limpié, está sucia, mire tiene polvo.	2
533	#00:17:49-1# pcd: Y por qué no la limpiastes, eh?	2
534	#00:17:51-3# pcd: TIENES TODO EL DÍA PARA LIMP... PARA LIMPIAR, Y NO	3

(a)

Figura 10: Codificación correspondiente a una sesión completa de un participante

Tabla 5: Características usadas como entrada para el clasificador de SVM

Señal	Característica	Descripción	Unidad
GSR	Valor en el pico	Valor absoluto en el pico.	$\mu S$
GSR	Amplitud del pico	Distancia desde el punto de crecimiento hacia el pico	$\mu S$
GSR	Valor en el punto de crecimiento	Valor absoluto en el punto de crecimiento	$\mu S$
GSR	Índice de media recuperación	Distancia en segundos desde el pico hacia el punto de media recuperación	Segundos
GSR	Valor de media recuperación	Valor absoluto en el punto de media recuperación	$\mu S$
GSR	Distancia al pico anterior	Distancia en segundos (si existe) hacia el pico anterior	Segundos
HR	Máximo	Valor máximo del segmento	BPM
HR	Promedio	Valor promedio del segmento	BPM
IBI	Mínimo	Valor mínimo del segmento	Segundos
IBI	Promedio	Valor promedio del segmento	Segundos
IBI	Desviación estandar	Desviación estandar de todos los datos del segmento	Segundos
TEMP	Máximo	Valor máximo del segmento	$^{\circ}C$
TEMP	Promedio	Valor promedio del segmento	$^{\circ}C$



(a)

**Figura 11: Nivel de ansiedad observado durante una sesión de un participante en comparación a su resistencia galvánica. Los colores indican los eventos codificados. La sección grande en blanco indica el tiempo de relajación inicial.**

## Capítulo 5. Conclusiones y trabajo a futuro

---

AIIS(Navarro *et al.*, 2014b)



## 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. (1959a). The assessment of anxiety states by rating. pp. 50–55.
- HAMILTON, M. (1959b). The assessment of anxiety states by rating. *British Journal of Medical Psychology*, **32**(1): 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.
- Julian, L. J. (2011). Measures of anxiety: State-trait anxiety inventory (stai), beck anxiety inventory (bai), and hospital anxiety and depression scale-anxiety (hads-a). *Arthritis care & research*, **63**(S11): S467–S472.
- Katsis, C. D., Katertsidis, N. S., y Fotiadis, D. I. (2011). An integrated system based on physiological signals for the assessment of affective states in patients with anxiety disorders. *Biomedical Signal Processing and Control*, **6**(3): 261 – 268. {ITAB} 2009.
- 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. (2014a). Intervention tailoring in augmented cognition systems for elders with dementia. *Biomedical and Health Informatics, IEEE Journal of*, **18**(1): 361–367.
- Navarro, R. F., Rodriguez, M., y Favela, J. (2014b). 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.
- Pearlin, L. I., Mullan, J. T., Semple, S. J., y Skaff, M. M. (1990). Caregiving and the stress process: An overview of concepts and their measures. *The Gerontologist*, **30**(5): 583–594.
- 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).
- Wolpe, J. (1973). *The practice of behavior therapy...* Pergamon.
- Zung, W. W. (1971). A rating instrument for anxiety disorders. *Psychosomatics*, **12**(6): 371 – 379.

## **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