

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 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. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa

Dr. Edgar Leonel Chavez González Edgar

Dra. Sharon Zinah Herzka Llona

Dra. Beatriz Cordero Esquivel



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

Dr. Jesús Favela Vara
Director de Estudios de Posgrado

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 por medio de cómputo vestible

Resumen aprobado por:

Dr. Jesús Favela Vara

La ansiedad es uno de los problemas que más afecta a los cuidadores de personas con demencia. Los estudios actuales para medir la ansiedad se basan en técnicas tradicionales como encuestas o cuestionarios y solo muestran resultados a largo plazo y miden el nivel de ansiedad experimentada en los últimos días o semanas. El cómputo vestible (computadoras lo suficientemente pequeñas para ser llevadas como ropa) tiene la capacidad de sensar al usuario constantemente, por lo que da la oportunidad de detectar periodos de ansiedad en el momento en que el individuo los experimenta. A pesar de que los efectos de la ansiedad se muestran a largo plazo, los cuidadores podrían ser beneficiados de la detección de la ansiedad situacional. En este trabajo, se reporta el desarrollo de un experimento para recabar datos de cuidadores de personas con demencia en situaciones simuladas. En este estudio, 10 personas participaron en 3 sesiones de terapias cognitivas con un persona que actuó como si tuviera demencia. A los participantes se les dijo que el actor era una persona que realmente tenía problemas de demencia. Se obtuvo una base de datos fisiológicos de 974.64 minutos de duración. Esta base de datos contiene datos de resistencia galvánica de la piel, ritmo cardíaco, datos de acelerometría y electroencefalograma, entre otros. Se presentan resultados preliminares que muestran como el cómputo vestible es apto para detectar periodos de ansiedad en cuidadores de personas con demencia.

Palabras Clave: **Detección de ansiedad, Cuidadores de personas con demencia, Cómputo vestible, Señales fisiológicas**

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 through wearable computing

Abstract approved by:

Dr. Jesús Favela Vara

Anxiety is one of the greatest problems that affect the caregivers of people with dementia. Current studies are based on traditional techniques like polls or questionnaires and only show results in the long term. Wearable computing (computers small enough to be used as clothes) have the capacity to sense the user at all times. This opens the opportunity to detect anxiety spans at the moment when it is experienced by the individual. Despite the fact that anxiety problems are worse in the long term, caregivers may benefit from the detection of state anxiety. In this work, an experiment design to gather caregivers of dementia anxiety data in simulated situations is reported. In this study, 10 persons participated in 3 sessions of cognitive therapies with a person acting as if they had dementia. Participants were told that the actor was diagnosed with dementia. A physiological database of 974.64 minutes of data was gathered. This database contains data of galvanic skin response, heart rate, accelerometer and electroencephalogram. A preliminary study is conducted to show the feasibility of using wearable computing to detect anxiety spans in caregivers of people with dementia.

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

Dedicatoria

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

Al Dr. Jesús Favela Vara por su apoyo, ejemplo y guía.

A la familia Mendoza Morales por su apoyo en los momentos difíciles.

Tabla de contenido

Página

Resumen en español	ii
Resumen en inglés	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Lista de figuras	ix
Lista de tablas	xii
1. Introducción	1
1.1. Plantamiento del problema	1
1.2. Objetivos	1
1.2.1. Objetivo general	1
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.2.3. Pregunta de investigación	2
1.2.4. Propuesta de la solución	2
1.3. Metodología	2
1.3.1. Contribución	3
1.3.2. Organización de la tesis	3
1.3.3. Conclusión del capítulo	4
2. Fundamentos teóricos	5
2.1. Introducción	5
2.2. Qué es la Ansiedad?	5
2.2.1. Ansiedad y estrés	5
2.2.2. Ansiedad situacional y Ansiedad como rasgo	6
2.3. Demencia	6
2.4. Cuidadores	6
2.4.1. Cómo se genera la ansiedad en los cuidadores?	7
2.4.2. Historial del cuidador	8
2.4.3. Estresores primarios	8
2.4.4. Tensiones familiares	8
2.4.5. Estrategias de afrontamiento	8
2.4.6. Cuidadores formales e informales	9
2.5. Señales fisiológicas relacionadas con la ansiedad	9
2.5.1. Respuesta Galvánica de la Piel (GSR)	10
2.5.2. Señales relacionadas con el corazón	11
2.5.3. Electroencefalograma (EEG)	12
2.6. Instrumentos tradicionales para la medición de la ansiedad	12
2.7. Cómputo vestibular	13
2.8. Trabajo previo en detección automática de ansiedad	14
2.9. Máquinas de soporte vectorial (SVM)	15
2.10. Conclusión	15

Tabla de contenido (continuación)

3.	Diseño de un experimento para inducir ansiedad en cuidadores de personas con demencia	17
3.1.	Introducción	17
3.2.	Un experimento para inducir ansiedad en cuidadores informales . . .	17
3.2.1.	Participantes	19
3.3.	Procedimiento	19
3.3.1.	Entrenamiento	20
3.3.2.	Tareas de terapias	20
3.4.	Configuración	21
3.4.1.	Obtención de datos	22
3.5.	Obtención de “ground truth”	24
3.5.1.	Procesamiento de video	25
3.5.2.	Observación	26
3.5.3.	Autoreportado	27
3.5.4.	Unificación de “ground truth”	27
3.6.	Preprocesamiento de GSR	29
3.7.	Preprocesamiento de HR e IBI	30
3.8.	Extracción de características	30
3.9.	Conclusión	30
4.	Resultados preliminares del experimento y detección de ansiedad	31
4.1.	Introducción	31
4.2.	Datos recolectados	31
4.3.	Observaciones generales	32
4.4.	Variación entre participantes	36
4.5.	Resultados de aprendizaje de máquina	38
4.5.1.	Pruebas por sujeto	38
4.5.2.	Prueba en conjunto	39
4.5.3.	Pruebas entre sujetos	40
4.5.4.	Prueba por sesión	41
4.6.	Conclusión	42
5.	Conclusiones y trabajo a futuro	43
5.1.	Introducción	43
5.2.	Contribución	43
5.3.	Limitaciones	44
5.4.	Trabajo a futuro	44
	Lista de referencias bibliográficas	46
A.	Instrumentos para el diseño del experimento	50
A.0.1.	Carta de consentimiento informado de participantes en el proyecto de investigación	50
A.0.2.	Carta de no divulgación de participantes en el proyecto de investigación	51

Tabla de contenido (continuación)

B.	Datos recabados por participante	52
-----------	---	-----------

Lista de figuras

Figura	Página
1. Metodología seguida durante la investigación. En esta tesis sólo se abarcan los dos primeros pasos, siendo la captura de datos el paso primordial y el paso de detección de ansiedad se desarrolló de manera preliminar.	3
2. El modelo de ansiedad en cuidadores (Pearlin et. al 1990)	7
3. El sistema Autónomo central (Crash Course A&P #13)	10
4. Señal típica de GSR. El punto de levantamiento está denotado por el círculo de color amarillo. La amplitud por la línea roja y el punto de recuperación media por la cruz magneta.	11
5. Fases comunmente usadas en el reconocimiento de emociones	14
6. Ejemplo del funcionamiento de la máquina de soporte vectorial	15
7. Métodos de evaluación clasificados de acuerdo a la involucramiento del usuario, fidelidad y riesgo (Castro <i>et al.</i> , 2011)	18
8. a) Participante 7 durante una terapia de memorama. b) Participante 7 durante una terapia de separación de objetos.	22
9. Escenario del experimento. Las actividades fueron realizadas sobre una mesa, con el actor de un adulto mayor 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.	23
10. Fotografías del escenario real.	24
11. La aplicación Care Me Too mostrando señales fisiológicas siendo grabadas.	25
12. Proceso de etiquetado a partir de tres diferentes fuentes.	25
13. Transcripción correspondiente a una sesión completa de un participante	26
14. Libreta de observación. Se anotó el tiempo con respecto al inicio de la sesión, el nivel de evento de la aPcD percibido y una porción del dialogo como referencia. Otros datos como la temperatura y humedad relativa del cuarto fueron anotados.	28
15. Formato de auto reportado de una sesión completa de un participante	28
16. Segmento codificado como ansiedad. El nivel de auto reportado es alto y existen valores altos en el comportamiento de la aPcD.	29
17. Señal de sudoración del participante 7. El periodo con fondo blanco inicial corresponde al tiempo de relajación. Los periodos verdes corresponden a las etiquetas de no ansiedad y los rojos a los de ansiedad. Las secciones grises son segmentos ambiguos, en donde no se pudo determinar si había o no ansiedad.	34

Lista de figuras (continuación)

Figura	Página
18. Ejemplo de señal de sudoración comunmente encontrado en otros estudios. Los periodos de relajación anteriores y posteriores al estímulo permiten identificar la respuesta fisiológica del participante.	35
19. Señal de sudoración perteneciente al participante 7, sesión 1. La señal no vuelve a su valor inicial antes del estímulo.	35
20. Señal de IBI del participante 7, sesión 1. Los valores son más bajos durante la actividad que durante el periodo de relajación. Los colores de fondo fueron aclarados para facilitar la observación.	36
21. Señal de GSR de tres diferentes participantes. Cada participante muestra una reacción diferente a los estímulos de ansiedad.	37
22. Señal de GSR del participante 6, sesión 2. Se pueden observar múltiples variaciones durante el periodo de relajación producto del estado emocional del participante y el ajuste del dispositivo. El pico súbito del segundo 1100 corresponde al aviso de inicio de actividad.	38
23. Comparación de los eventos de ansiedad predichos (gráfica inferior) por el modelo de SVM con ground truth (gráfica inferior).	42
24. GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 1 durante las 3 sesiones.	52
25. GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 2 durante las 3 sesiones.	53
26. GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 3 durante las 3 sesiones.	54
27. GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 4 durante las 2 sesiones.	55
28. GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 5 durante las 3 sesiones.	56
29. GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 6 durante las 3 sesiones.	57
30. GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 7 durante las 3 sesiones.	58
31. GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 8 durante las 3 sesiones.	59
32. GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 9 durante las 3 sesiones.	60

33. GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 10 durante las 3 sesiones.	61
--	----

Lista de tablas

Tabla		Página
1.	Participantes en el estudio	19
2.	Terapias realizadas con el adulto mayor por cada participante.	21
3.	Criterio de etiquetado de comportamiento de la aPcD.	27
4.	Características usadas como entrada para el clasificador de SVM . . .	30
5.	Señales que componen el conjunto de datos obtenido.	31
6.	Tiempo total de cada sesión por participante	33
7.	Conteos de muestras de ansiedad obtenidas	39
8.	Resultados en la clasificación por participante.	40
9.	Resultados en la clasificación en conjunto.	40
10.	Resultados en la clasificación entre sujetos usando kernels lineales y RBF.	41
11.	Resultados en la clasificación entre sujetos usando un kernel polino- mial.	41

Capítulo 1. Introducción

Cuando un adulto mayor sufre de enfermedades o padecimientos es común que necesiten de servicios de cuidadores. Los cuidadores por su parte, sufren de problemas derivados de su labor. En un estudio reciente, 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.*, 2015). Este mismo problema es más pronunciado en los cuidadores de personas con demencia. Casi un cuarto de ellos tienen un nivel de ansiedad clínico significativo (Cooper *et al.*, 2006).

En este trabajo, se explora la utilidad del cómputo vestible (computadoras lo suficientemente pequeñas para ser usadas como ropa) como herramienta para la detección de ansiedad en cuidadores de personas con demencia. Se presenta el diseño de un experimento para recabar datos que ayuden a la detección de ansiedad y los resultados preliminares de la estimación utilizando aprendizaje de máquina.

1.1. Plantamiento del problema

Los cuidadores sufren de problemas de ansiedad, estrés y depresión (Joling *et al.*, 2015). A pesar de que se ha demostrado en otros estudios la capacidad de utilizar sensores de datos fisiológicos para detectar ansiedad, no se ha abordado el problema de los cuidadores de personas con demencia. Los retos para recabar datos de estas situaciones son variados. Tener certeza que la persona se encuentra en un estado ansioso y la captura de datos fisiológicos en situaciones naturales son los retos más significativos. En este trabajo, se propone un estudio de un escenario intermedio entre el laboratorio y una situación real que permita la captura de datos. También presenta un análisis preliminar de dichos datos.

1.2. Objetivos

A continuación se listan los objetivos de este trabajo.

1.2.1. Objetivo general

Generar una base de datos fisiológica bajo situaciones simuladas que permita proponer y comparar técnicas de detección de ansiedad en cuidadores de personas con

demencia.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Diseñar un experimento para la detección de ansiedad en cuidadores de personas con demencia bajo situaciones simuladas.
2. Realizar el experimento para recabar datos fisiológicos que puedan ser usados para la detección de ansiedad.
3. Analizar la información fisiológica recabada para conocer si es factible estimar ansiedad a partir de estos datos.

1.2.3. Pregunta de investigación

¿Como pueden los dispositivos vestibles ayudar a la detección de ansiedad en cuidadores de personas con demencia?

1.2.4. Propuesta de la solución

Se propone diseñar un experimento para recabar datos de señales fisiológicas en cuidadores de persona con demencia bajo situaciones simuladas. Se recabarán los datos fisiológicos generando situaciones cercanas a las que los cuidadores enfrentan por medio de una técnica llamada “Naturalistic Enactment (NE)” (Castro *et al.*, 2011). Esta técnica permite diseñar experimentos parecidos a la realidad, con alta involucramiento del usuario, alta fidelidad y un riesgo moderado. Esta técnica es explicada en detalle en el capítulo 3. Además se utilizarán datos en forma de video, autoreportado y observación para determinar en que situaciones el participante experimenta periodos de ansiedad. Por último, se utilizarán técnicas de aprendizaje de máquina para evaluar la factibilidad de utilizar estos datos para la detección de ansiedad.

1.3. Metodología

El desarrollo de aplicaciones de ansiedad basadas en la detección de ansiedad incluye los siguientes pasos: *Captura de datos*, *Detección de ansiedad* y un paso de *Estrategias de afrontamiento* (ver figura 1). El primer paso consiste en recabar información

de cuidadores bajo situaciones de ansiedad. Esta información es representada como datos fisiológicos, videos, e información escrita en auto reportes y observación que ayude a etiquetar segmentos de ansiedad. El segundo paso involucra técnicas de aprendizaje de máquina que usa la información etiquetada como entrada y nos permite predecir la etiqueta de información nueva con etiqueta desconocida. El tercer paso, se discute como las posibles aplicaciones por medio de tecnología móvil y/o pantallas ambientales.

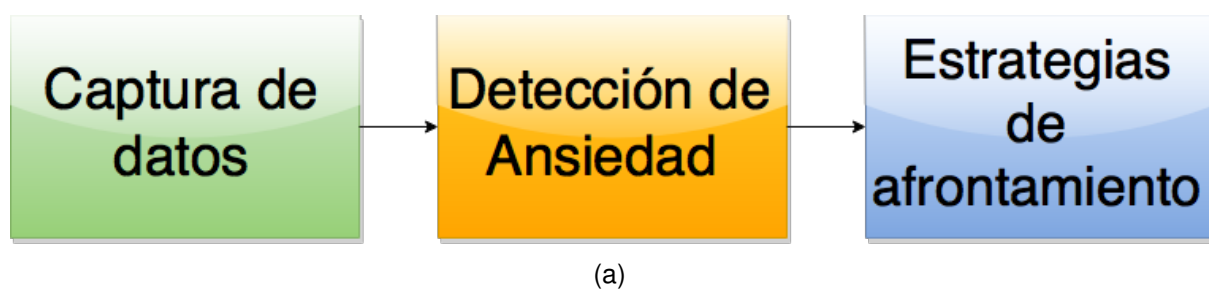


Figura 1: Metodología seguida durante la investigación. En esta tesis sólo se abarcan los dos primeros pasos, siendo la captura de datos el paso primordial y el paso de detección de ansiedad se desarrolló de manera preliminar.

1.3.1. Contribución

En la actualidad no se cuenta con un conjunto de datos fisiológicos de cuidadores bajo situaciones de ansiedad. Los estudios tradicionales se basan en el uso de encuestas y cuestionarios y actúan sobre periodos de tiempo muy largos. Este trabajo se basa en la detección de ansiedad situacional, que permite conocer con más a detalle la frecuencia de estos eventos. A pesar de que los efectos de la ansiedad en cuidadores reales afectan mas a los cuidadores en periodos de tiempo largos, los cuidadores podrían beneficiarse de la detección de ansiedad situacional aplicando estrategias de afrontamiento que reduzcan efectos sobre la salud al largo plazo. Se generará una base de datos de eventos de ansiedad que permitirá realizar pruebas de técnicas de detección de ansiedad que surjan en el futuro.

1.3.2. Organización de la tesis

El documento se encuentra dividido en cinco capítulos y dos apéndices. A continuación se describe el contenido de cada uno de ellos.

En el **CAPÍTULO 2** (*Fundamentos teóricos*) se abordan los temas correspondientes a

la definición de la ansiedad y sus efectos en el cuidador. También se explican las técnicas tradicionales y tecnológicas para medir la ansiedad en general.

En el **CAPÍTULO 3** (*Diseño de un experimento para inducir ansiedad en cuidadores de personas con demencia*) se explica el diseño del experimento que permitió recabar datos de ansiedad en cuidadores.

En el **CAPÍTULO 4** (*Resultados del experimento y detección de ansiedad*) se muestran los resultados del experimento y los métodos utilizados para la detección de ansiedad, así como los resultados preliminares de clasificación.

En el **CAPÍTULO 5** (*Conclusiones y trabajo a futuro*) se presentan las conclusiones, limitaciones y direcciones para trabajos futuros.

En el **Apéndice A** (*Instrumentos y protocolos para la detección de ansiedad*) se incluyen los formatos de consentimiento, autoreportado y carta de no divulgación utilizados durante el experimento.

En el **Apéndice B** (*Detalles de resultados: Tablas y Figuras*) se incluyen a detalle los resultados del experimento y pruebas realizados.

1.3.3. Conclusión del capítulo

Se encuentra documentada a la ansiedad como un problema que enfrentan los cuidadores de personas con demencia. Con la tendencia en el aumento de la población de adultos mayores, se espera que la demanda de cuidadores aumente por lo que es necesario tomar en cuenta sus necesidades. La captura de datos para generar técnicas de detección de ansiedad en situaciones fuera del laboratorio representa un reto. En este estudio se mostrará un experimento para obtener datos mas cercanos a los que se podrían obtener en situaciones reales. Se hará uso de dispositivos vestibles, que permiten llevar instrumentos de medición de datos fisiológicos sobre el cuerpo del usuario. De esta manera, la detección de ansiedad por medio de cómputo vestible se vuelve una opción para mejorar la calidad de vida de los cuidadores.

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 que se viven diariamente. La ansiedad es 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, como se origina y afecta a los cuidadores y como podemos medirla por medio de instrumentos de auto reportado.

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 lapso de tiempo durante la vida del individuo. Durante estos lapsos, se dice que el sujeto se encuentra en un estado mental de ansiedad. 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 de ansiedad 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 desbalance entre la carga mental dada y la percepción de las habilidades que el individuo tiene para lidiar con dicha carga. Este desbalance 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 acerca 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 que lo provoca. Las personas con personalidades tímidas tienden a sufrir mas de este tipo de ansiedad.

A pesar de que los efectos negativos en la calidad de vida de las personas que sufren de ansiedad como rasgo son más fuertes que en la ansiedad situacional, este trabajo está enfocado en la ansiedad situacional. Detectar estas situaciones podría brindar una posibilidad al cuidador de manejar su ansiedad 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)¹, mal juicio, deterioro del lenguaje hablado y cambios de humor (Aziz *et al.*, 2012). Afecta a 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 necesitan de una persona que cuide de ellos (Meuser y Marwit, 2001), normalmente durante el resto de su vida. Usualmente necesitan ayuda en las actividades de la vida diaria, siendo esto una carga para los cuidadores.

2.4. Cuidadores

Uno de los sectores de población vulnerable, es el de los cuidadores de personas con demencia. Se encuentra documentado que los cuidadores, al llevar una carga física, cog-

¹Activities of Daily Life (ADL)

nitiva, y emocional derivada de su labor les genera padecimientos como ansiedad, estrés y hasta la muerte (Chen *et al.*, 2013) debido a sobrecargas físicas, debilitamiento del sistema inmunológico y riesgos de enfermedades del corazón. En un estudio, cuidadores que sufren de ansiedad relacionada con la actividad de cuidador reportaron un 63 % de tasa de mortalidad mayor que los no cuidadores de la misma edad (Schulz y Beach, 1999). Debido a que los cuidadores no necesariamente son personas con una formación profesional, pueden sufrir más los efectos de ansiedad. 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 propia del cuidado del paciente.

2.4.1. Cómo se genera la ansiedad en los cuidadores?

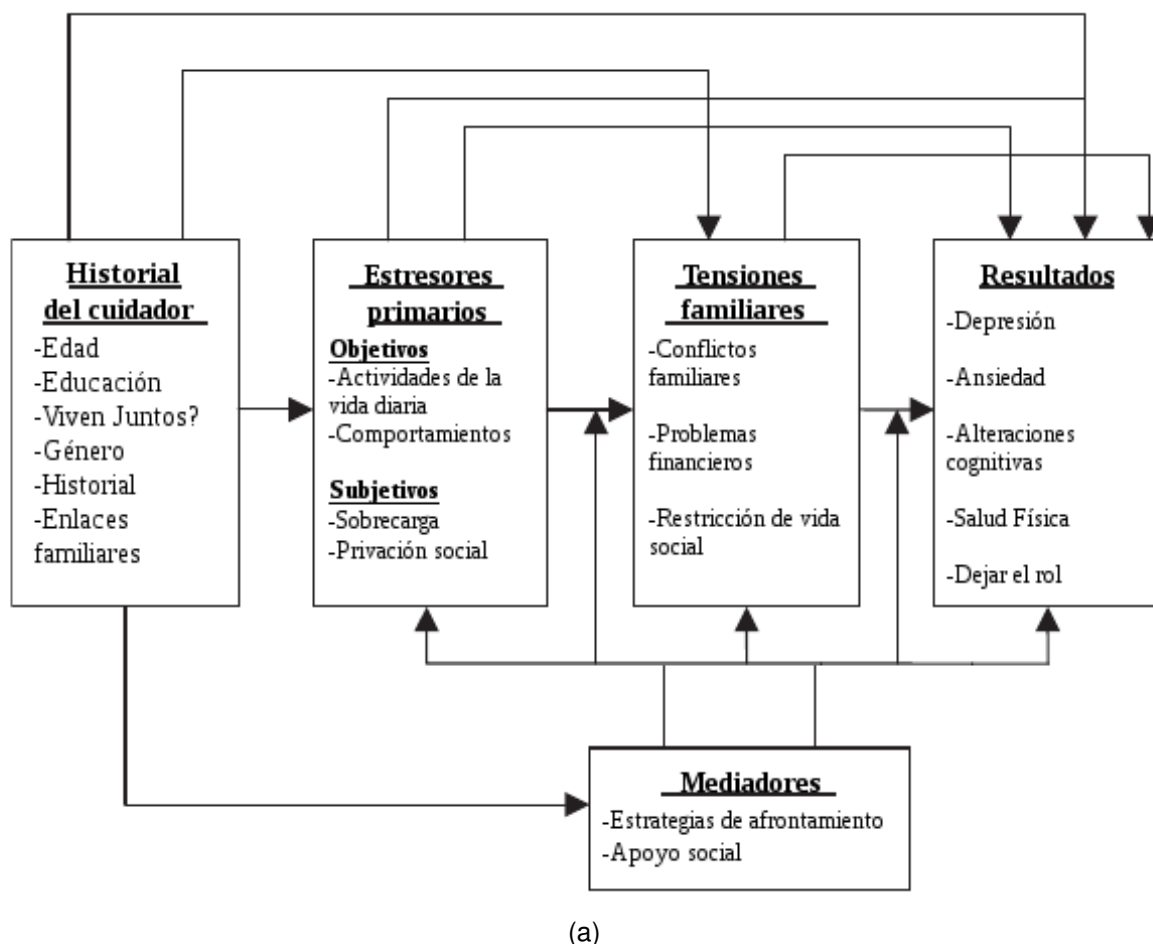


Figura 2: El modelo de ansiedad en cuidadores (Pearlin et. al 1990)

El modelo de la ansiedad en cuidadores, es definido por Pearlin como un conjunto de características que incluye el historial del cuidador, estresores primarios, tensiones familiares 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. Historial del cuidador

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. Por ejemplo, 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 emocionalmente difícil para los cuidadores ver como el declive cognitivo de un familiar con demencia se va desarrollando hasta el grado de que no reconocer a sus propios hijos.

2.4.3. Estresores primarios

Los factores de estrés primarios, o la carga física y/o cognitiva se dividen en dos: Objetivos y subjetivos. Los objetivos son aquéllos 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 aquéllos que afectan a la percepción del cuidador: Sobrecarga cognitiva y privación social.

2.4.4. Tensiones familiares

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 una persona con demencia 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 son algunas de las técnicas que son de mayor utilidad a los cuidadores

(Sharma y Gedeon, 2012). Sin embargo, no todos ellos las utilizan o utilizan estrategias negativas como el uso de alcohol o drogas.

Las consecuencias en el modelo de Perlin son 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 aquéllos 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.

2.5. 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 complementaria. Mientras el SNS aumenta los latidos del corazón, el SNP lo disminuye.

Los efectos de la ansiedad se manifiestan (entre otros fenómenos) en el ritmo cardíaco, respiración y sudoración. 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.

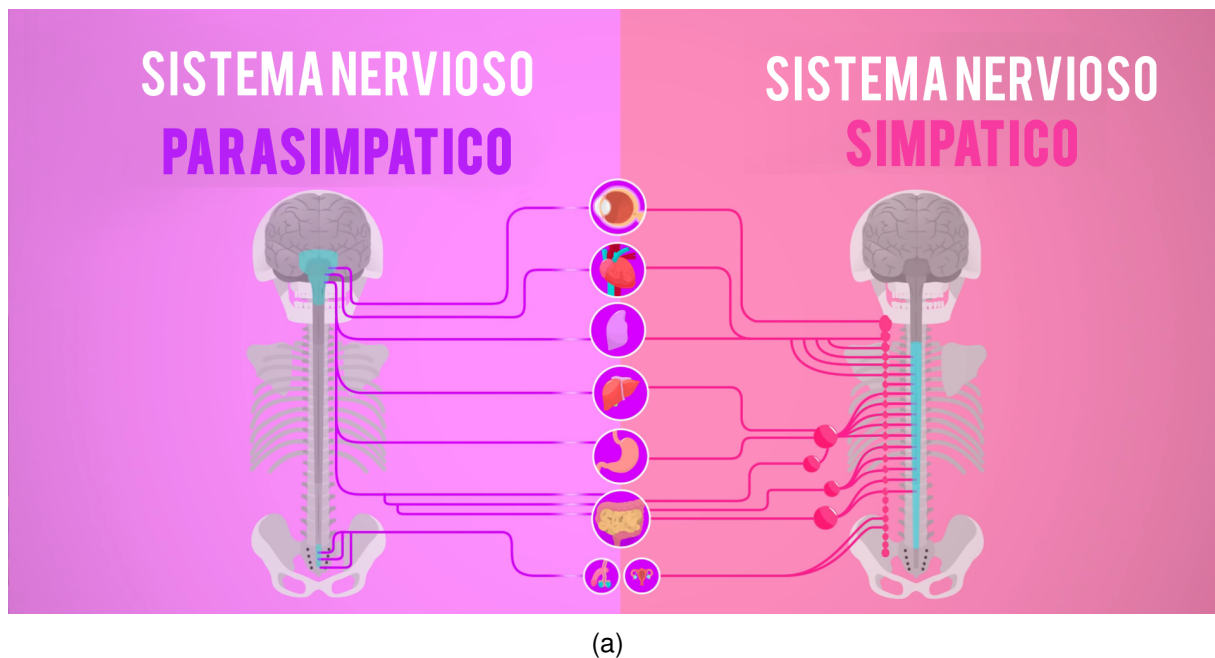


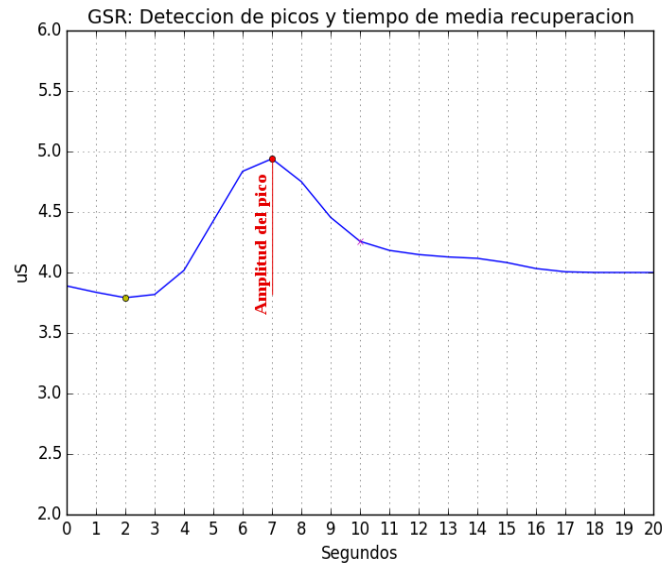
Figura 3: El sistema Autónomo central (Crash Course A&P #13)

2.5.1. 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 conductividad 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 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 “micro” (μ).

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 estímulo 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. El punto de levantamiento está denotado por el círculo de color amarillo. La amplitud por la línea roja y el punto de recuperación media por la cruz magneta.

- **Amplitud del pico:** Es la distancia que existe entre el punto de levantamiento del pico hasta el punto de valor máximo del pico.
- **Tiempo de media recuperación :** Es el tiempo que tarda la señal en disminuir la mitad del valor de la amplitud del pico.

2.5.2. Señales relacionadas con el corazón

Las señales relacionadas con el corazón se utilizan ampliamente como indicadores principales en estudios de detección de ansiedad y estrés (Sharma y Gedeon, 2012). 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.

2.5.3. Electroencefalograma (EEG)

Un electroencefalograma permite medir la diferencia en voltaje entre dos puntos del cerebro. El EEG consiste en el estudio y grabación de estas señales eléctricas (Tatum IV, 2014). Las señales eléctricas son creadas cuando cargas eléctricas se mueven dentro del sistema nervioso central. Existen dos tipos de instrumentos para EEG. Los Intracraneales que permiten medir la energía de neuronas específicas por medio de dispositivos injertados en el cerebro y los extracraneales, sensores puestos en el cuero cabelludo. El desarrollo de dispositivos extracraneales en los últimos años ha abierto la posibilidad de realizar mediciones de EEG no intrusivas y a bajo costo.

2.6. Instrumentos tradicionales para la medición de la ansiedad

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

- **Escala de índice de ansiedad de Hamilton** (*Hamilton Anxiety Rating Scale - HAM-A*):

La prueba HAM-A fué 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 reactivos, cada uno definido por una serie de síntomas (HAMILTON, 1959).

- **Escala de ansiedad autocalificada de Zung** (*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 más 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*”.

- **El inventario de ansiedad estado-rasgo** (*The State-Trait Anxiety Inventory - STAI*): La prueba STAI permite medir mediante auto-reportado la presencia y severidad de los síntomas de la ansiedad y la tendencia a ser ansioso (Julian, 2011a). Consiste de 40 reactivos, 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*”
- **Escala de ansiedad subjetiva autocalificada** (*Subjective Self-raiting 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. Cada nivel tiene una descripción asociada como: “*20, Ansiedad Mínima.*”, “*50, Ansiedad moderada. Me siento incómodo*” y “*100, La ansiedad más 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 monitorear el nivel de ansiedad constantemente.

2.7. 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 del 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 más precisos que con los sistemas tradicionales. Esta cualidad permite diseñar sistemas que pueden 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.

2.8. Trabajo previo en detección automática de ansiedad

El cómputo afectivo es una rama relativamente nueva de las ciencias de la computación. Su finalidad es que la computadora sea capaz de reconocer o emitir emociones humanas (Picard, 1997). Existen trabajos que utilizan el cómputo afectivo para detectar la ansiedad. Estos estudios, por lo general toman un enfoque parecido al del reconocimiento de patrones, el cual se basa en tres diferentes fases: *Captura de datos y pre-procesamiento*, *Extracción de características* y *Clasificación*. (Ver Figura 5).

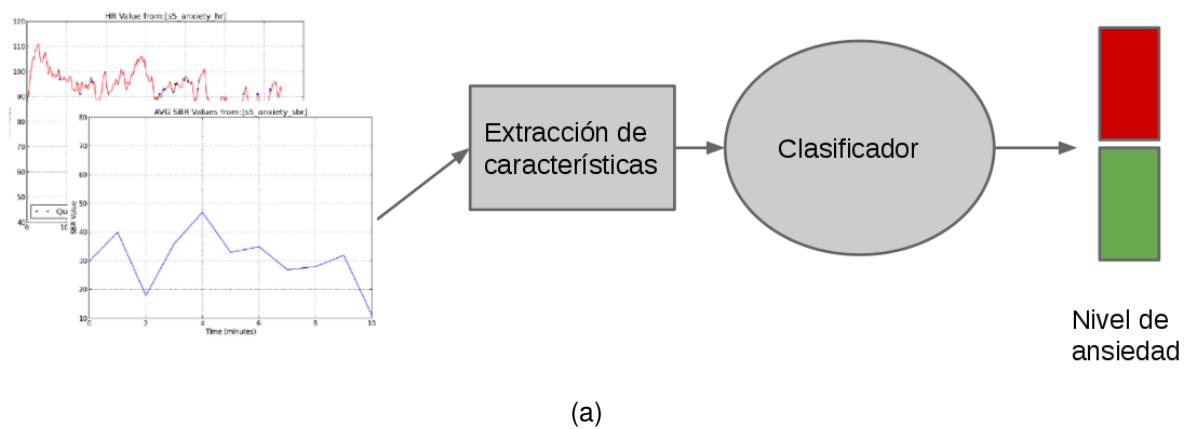


Figura 5: Fases comunmente usadas en el reconocimiento de emociones

Normalmente estas intervenciones implementan alguna técnica para inducir ansiedad. Una de las técnicas usada es aplicando pruebas mentales al participante (Rani *et al.*, 2007) o por medio de situaciones simuladas en un entorno virtual en tercera dimensión (Repetto *et al.*, 2013; Handouzi *et al.*, 2014) para luego medir las respuestas de sus señales fisiológicas. Estos estudios toman en cuenta también tiempos de relajación inicial y periodos de descanso entre pruebas, facilitando la diferenciación entre los estados emocionales con resultados mayores al 75 % en precisión.

Estos estudios se realizan bajo entornos controlados, por lo que la intensidad y frecuencia de los estresores pueden cambiar para cada prueba. Sin embargo, los entornos naturales donde se genera la ansiedad tienden a ser más impredecibles y dinámicos. Otras intervenciones se realizan en entornos simulados de oficina para detectar el estrés causado por cargas cognitivas (Cinaz *et al.*, 2013) con resultados de hasta 69.8 % de precisión.

En la actualidad, no existen intervenciones para la detección de ansiedad en cuidadores en situaciones de laboratorio ni naturalistas.

2.9. Máquinas de soporte vectorial (SVM)

La última fase de la detección de ansiedad es usualmente la implementación de alguna técnica de aprendizaje de máquina. Un modelo tradicional es el de la máquina de soporte vectorial ². La finalidad de la SVM es el resolver un problema de clasificación cuando se tienen n muestras de al menos dos clases. Esto se resuelve calculando el hiperplano óptimo que separe las clases diferentes. La figura 6 muestra el espacio de muestras y el hiperplano óptimo. Los planos paralelos son los vectores de soporte que ayudan a separar las clases con seguridad. La SVM se puede utilizar para el reconocimiento de ansiedad si cuantificamos las características de los eventos de ansiedad y los proyectamos en un espacio de números reales.

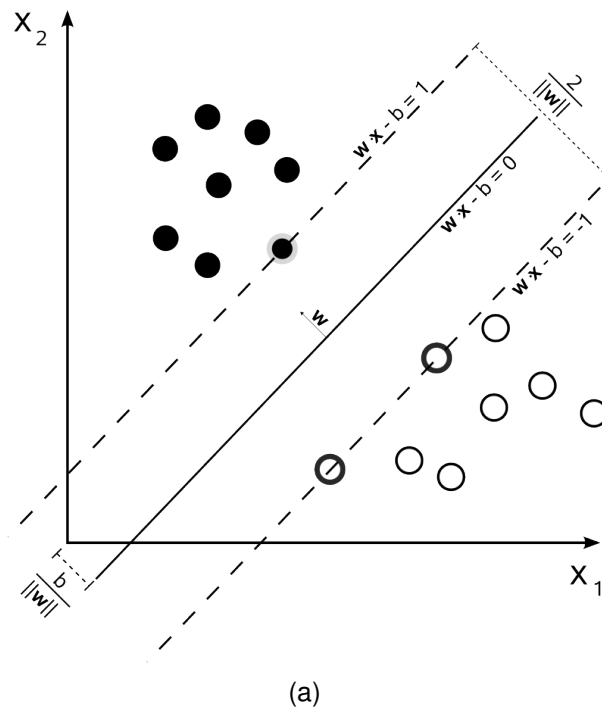


Figura 6: Ejemplo del funcionamiento de la máquina de soporte vectorial

2.10. Conclusión

La disponibilidad actual del cómputo vestible y su capacidad de capturar señales del cuerpo constantemente abren la posibilidad de cuantificar estados mentales que tradicio-

²Support Vector Machine

nalmente 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. Sin embargo, el capturar datos de situaciones de ansiedad en situaciones naturalistas y su análisis representa un reto. En el siguiente capítulo, se explica el desarrollo de un experimento para obtener datos de cuidadores haciendo uso del cómputo vestibular.

Capítulo 3. 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 más 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)” (Castro *et al.*, 2011) 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 un experimento para inducir ansiedad en cuidadores informales bajo situaciones simuladas y parecidas a la realidad. 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 del 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 involucramiento del usuario (Ver figura 7).

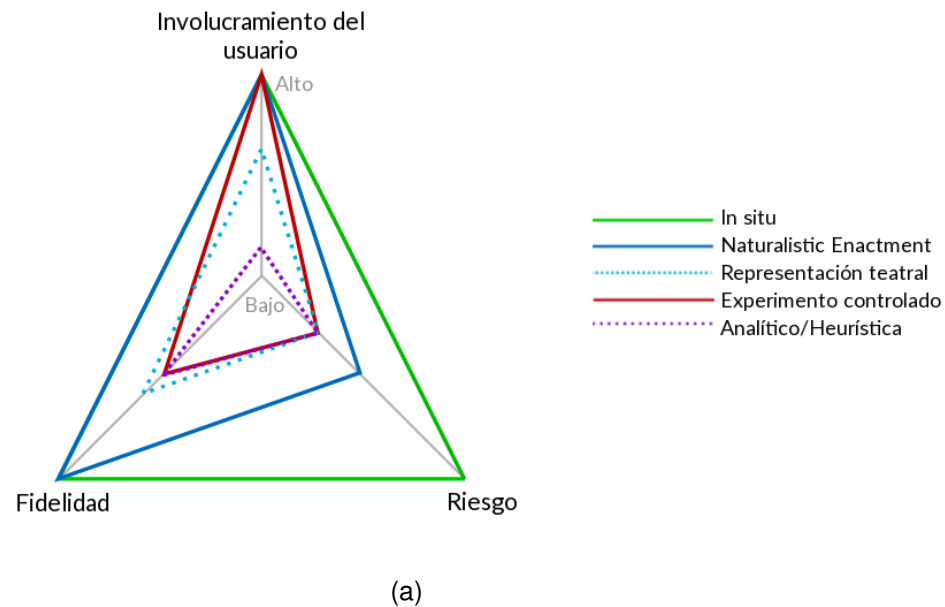


Figura 7: Métodos de evaluación clasificados de acuerdo a la involucramiento del usuario, fidelidad y riesgo (Castro *et al.*, 2011)

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. Una especialista en intervenciones con adultos mayores con demencia 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. En cambio, se les dijo que se evaluaba su rendimiento como cuidadores basados en el entrenamiento inicial que se les dió. Para fines prácticos de esta tesis, se referirá al adulto mayor como actor de un adulto mayor con demencia (aPcD).

Se les pidió firmar un documento de no divulgación (Ver Apéndice A.0.2) 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

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

3.2.1. Participantes

Los sujetos fueron reclutados a través de la lista de correo de CICESE (3 personas), por el departamento de ciencias de la computación (5 personas) y dos personas externas a la institución. 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 duró alrededor de 30 minutos. Para simular el escenario de una persona que recién toma un papel de cuidador se excluyeron a personas que fueran cuidadores que fueran cuidadores en el momento. Se incluyeron a personas que tuvieran experiencia previa como cuidadores informales para realizar comparaciones futuras (ver Trabajo a futuro). Se les dijo que estarían trabajando con una persona que realmente tenía demencia. También, se les ocultó la verdadera razón del estudio. Se obtuvo consentimiento firmado de todos los sujetos (Ver Apéndice A.0.1)

Todos los sujetos participaron en una sesión de entrenamiento, en donde una especialista en intervenciones con adultos mayores con demencia 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

El desarrollo del experimento se dividió en diferentes actividades. A continuación se explican a detalle cada una de ellas.

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.

3.3.2. Tareas de terapias

Antes de iniciar la tarea, equipamos a los participantes con una banda de pecho Zephyr Hxm para monitorear 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 y ya equipados con los dispositivos, se les pidió a los participantes relajarse por medio de respiración profunda y con los ojos cerrados para obtener una línea base de datos fisiológicos. Sólo una persona necesitó más de 5 minutos debido a que tuvo problemas para relajarse.

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 2 presenta las tareas realizadas por cada participante en las tres sesiones del estudio. La figura 8 muestra dos terapias de ejemplo. Los rostros de los participantes fueron modificados para mantener su privacidad.

Toda la intervención duró 15 días, cada prueba de los participantes duró alrededor de 30 minutos. Cada día dos participantes asistieron al sitio.

Cada participante asistió a tres sesiones. Por cada sesión, una o dos tareas fueron

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	Crucigrama
S3	Formación de palabras	Cruzigrama	Memorama
S4	Atado de agujetas	Clasificación de imágenes	Memorama
S5	Clasificación de imágenes	Atado de agujetas	Crucigrama
S6	Separación de objetos	Memorama	Atado de agujetas
S7	Separación de objetos	Atado de agujetas	Crucigrama
S8	Crucigrama	Atado de agujetas	Clasificación de imágenes
S9	Formación de palabras	Clasificación de imágenes	Memorama
S10	Memorama	Formación de palabras	Atado de agujetas

realizadas, 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 comportamientos disruptivos de distinto nivel de intensidad. 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.

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 monitorear el experimento.

Dos investigadores permanecieron parados al lado de la mesa de madera para operar el equipo y tomar notas (Ver figuras 9 y 10). 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)



(b)

Figura 8: a) Participante 7 durante una terapia de memorama. b) Participante 7 durante una terapia de separación de objetos.

a que se pone debajo de la ropa, en contacto con la piel. 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.

3.4.1. 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



(a)

Figura 9: Escenario del experimento. Las actividades fueron realizadas sobre una mesa, con el actor de un adulto mayor 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.

android (ver figura 11) 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.

Para obtener datos del ritmo cardíaco de la banda Zephyr HxM se utilizó el programa de línea de comandos “anxiLogger”¹ desarrollado por el autor 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”² 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.

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.

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

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



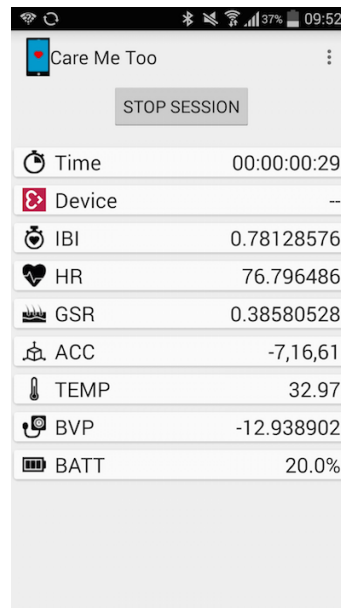
(a)

Figura 10: Fotografías del escenario real.

3.5. Obtención de “ground truth”

Un reto del experimento fue obtener información de “ground truth”³. Para lograrlo, se utilizaron tres diferentes técnicas: Análisis de video, observación directa y autoreportado.

³En este trabajo se utiliza el término en inglés “ground truth” para referirse a la “verdad absoluta”. En este caso se refiere a los periodos de tiempo en que los participantes experimentaron ansiedad.



(a)

Figura 11: La aplicación Care Me Too mostrando señales fisiológicas siendo grabadas.

La figura 12 muestra el proceso unificado de etiquetado. A continuación se explica el procesamiento de cada fuente.



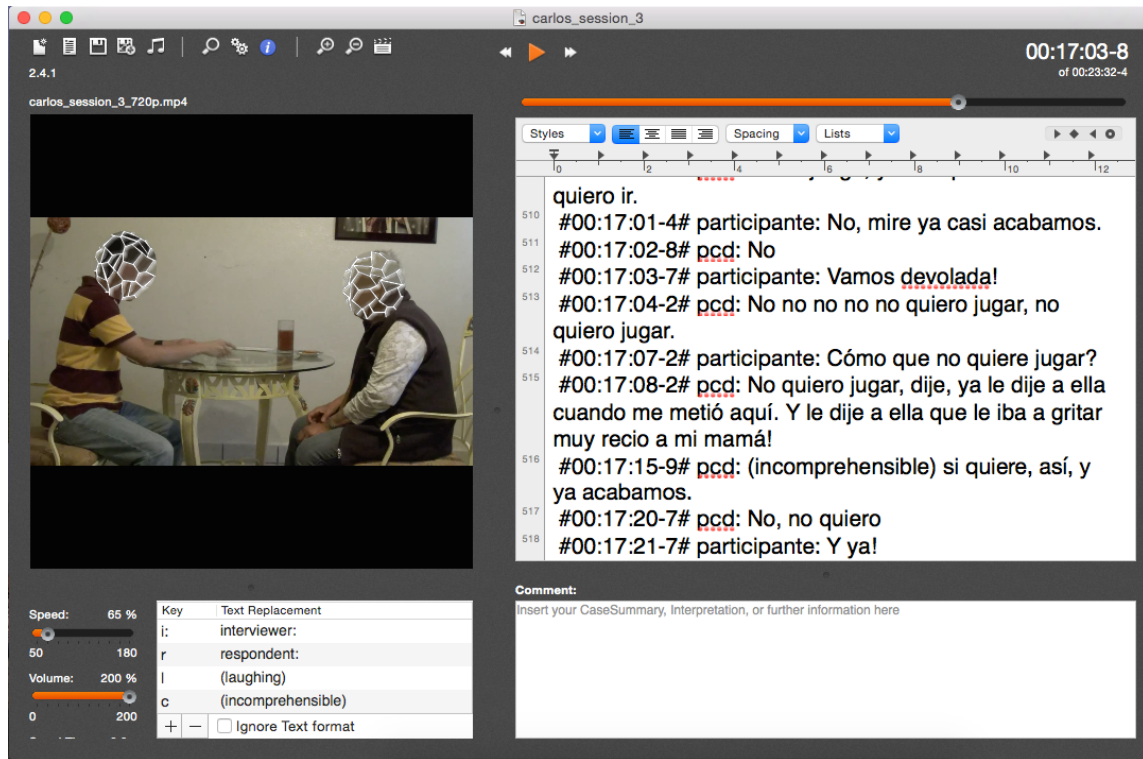
(a)

Figura 12: Proceso de etiquetado a partir de tres diferentes fuentes.

3.5.1. Procesamiento de video

Todos los videos fueron transcritos utilizando el programa F5 transkript para Mac OS X. Con el archivo de transcripción se generaron subtítulos para facilitar el análisis. Luego, se etiquetó línea por línea el comportamiento del actor de un adulto mayor con demencia. Cada línea fue clasificada en una de los tres posibles niveles que cumplieran con un

criterio (ver tabla 3). La figura 13 muestra una porción de la transcripción de la sesión de un participante



(a)

Figura 13: Transcripción correspondiente a una sesión completa de un participante

3.5.2. Observación

Dos investigadores realizaron observación en el sitio, tomando nota del tiempo, nivel del comportamiento del actor de un adulto mayor con demencia y una descripción del evento. Esta descripción fue escrita en base a lo que el participante y/o la aPcD dijo o hizo en el momento. El nivel de comportamiento fue codificado en base a la tabla 3. Esta codificación no es un instrumento de medición de ansiedad, sino una clasificación que describe el comportamiento del aPcD y ayuda como información extra para pasos posteriores. La sección 3.5.4 muestra como esta información es unida con otras fuentes. Un evento etiquetado como “0” corresponde a cuando la aPcD se encuentra realizando la tarea como se le pidió. En esta situación el cuidador puede estar totalmente relajado o bien ligeramente estresado. En un evento con la etiqueta “1” la aPcD se encuentra en un estado renuente diciendo cosas como “No me gusta esta tarea” o “Hazlo tu, yo no quiero”. La aPcD podría estar realizando la tarea con bajo rendimiento o podría no

prestar atención del todo. En un nivel “2”, la aPcD realiza situaciones no esperadas como preguntar al participante por su madre o cualquier otra pregunta que lo ponga incómodo. La atención hacia la tarea puede ser muy baja. En el nivel “3”, la aPcD realiza acciones como tratar de golpear al participante, levantarse de la silla y querer salir de la habitación o gritar. La atención a la tarea suele ser nula. La figura 14 ejemplifica la observación correspondiente a una sesión.

Tabla 3: Criterio de etiquetado de comportamiento de la aPcD.

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

3.5.3. Autoreportado

Se les entregó a los participantes un formulario en papel para indicar su nivel de ansiedad mientras desarrollaban la tarea. La escala del nivel de ansiedad fue tomada de la escala de ansiedad subjetiva autocalificada explicada en el 2. Se les explicó a los participantes durante la sesión de entrenamiento como utilizar el formulario de auto reportado. Sin embargo, algunos de ellos encontraron difícil de contestarlo adecuadamente, principalmente porque estaban muy ocupados con la terapia. La figura 16 ejemplifica el auto reportado de un participante que contestó correctamente el formulario.

3.5.4. Unificación de “ground truth”

Por último se generó un formato con los datos de transcripción, nivel del evento del actor de un adulto mayor con demencia y auto reportado. Al mismo tiempo se observó el video para obtener rasgos de ansiedad como cambios en la tonalidad de voz, desvío de mirada, o movimientos del participante. Con esta información, se etiquetó cada 30

Figura 14: Libreta de observación. Se anotó el tiempo con respecto al inicio de la sesión, el nivel de evento de la aPcD percibido y una porción del dialogo como referencia. Otros datos como la temperatura y humedad relativa del cuarto fueron anotados.

Formato de autoreporte del cuidador									
		Actividad: Organización de objetos				Hora de inicio			
Pide	Respuesta	Ayuda	Comentarios	Nivel de ansiedad					Hora de fin.
SI	NO		Presentar todo bien	1	2	3	4	5	4:15
SI	NO			1	2	3	4	5	4:18
SI	NO		Una, una	1	2	3	4	5	4:19
SI	NO			1	2	3	4	5	4:20
SI	NO		Se despara	1	2	3	4	5	4:21
SI	NO		No le gusta, para hablar	1	2	3	4	5	4:23
SI	NO		Se caen las fichas	1	2	3	4	5	4:24
SI	NO		Preguntar por si mismas	1	2	3	4	5	4:26
SI	NO		No se jura algo	1	2	3	4	5	4:26
SI	NO		Control de juego	1	2	3	4	5	4:28
SI	NO		Normalice la hora bien.	1	2	3	4	5	4:30
SI	NO		Aumentar todo	1	2	3	4	5	4:32
SI	NO		Acepto de 4	1	2	3	4	5	4:33
SI	NO		La hace bien	1	2	3	4	5	4:34
SI	NO		Quere más Corre, Corre, corre.	1	2	3	4	5	4:37
SI	NO		Las últimas Fichitas mal y	1	2	3	4	5	4:40
SI	NO		contadas bien.	1	2	3	4	5	

Figura 15: Formato de auto reportado de una sesión completa de un participante

segundos si existía ansiedad o no. Se anotó con el número “1” cuando claramente el participante experimentaba ansiedad y con un “0” si claramente no. Si el segmento era muy

ambiguo (p. ej. El participante se ve ansioso en el video pero el nivel del auto reportado y el evento de la PcD eran bajos) se etiquetó con el número “-1”. La figura 16 ejemplifica un segmento codificado.

150	Transcript	PcD	Auto reportado	Etiqueta
151	#0:12:19.0#Participante:Ahora	0	5	1
152	#0:12:19.2#Pcd: ¿Si sabe dónde está mi mamá?	2	5	1
153	#0:12:24.3#Participante: Mmm no	2	5	1
154	#0:12:25.1#Pcd:Pues es que quiero que venga por mi porque ya me quiero ir	3	5	1
155	#0:12:29.5#Pcd: Cómo que no sabe si usted me dijo que si sabía dónde estaba mi mamá	3	5	1
156	#0:12:34.9#Participante: Así perdón si se	1	5	1
157	#0:12:37.9#Pcd Mmm	1	5	1
158	#0:12:39.8#Participante:Sí ahí , este ahorita va a venir por , ya que acabe de jugar	1	5	1
159	#0:12:44.5#Participante: Otra vez ahora vamos a poner uno verde y uno rosa	1	5	1
160	#0:12:49.4#Pcd: Mm Mejor lo vamos a poner así, sí, sí (Incomprensible)	2	5	1

(a)

Figura 16: Segmento codificado como ansiedad. El nivel de auto reportado es alto y existen valores altos en el comportamiento de la aPcD.

3.6. Preprocesamiento 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 atributos de la señal GSR (picos, tiempos de recuperación medios, amplitudes, etc.) y guardar los datos en formato .csv y .json.

Se remuestreó 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 periodos 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 se filtraron todos los picos con amplitud mas grande que un umbral ($t \geq 0.04$ para datos no normalizados y $t \geq 0.01$ para datos normalizados en base a experimentación e inspección visual) con la finalidad de evitar variaciones dadas por el sensor o muy pequeñas para tener una utilidad. 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.

Tabla 4: Características usadas como entrada para el clasificador de SVM

Señal	Característica	Descripción	Unidad
GSR	<i>Amplitud de los picos</i>	Distancias promedio desde el punto de crecimiento hacia el pico	μS
GSR	<i>Amplitud máxima de los picos</i>	Amplitud más grande de los picos	μS
GSR	<i>Amplitud mínima de los picos</i>	Amplitud más chica de los picos	μS
GSR	<i>Varianza de los picos</i>	Varianza total de todos los picos	μS
GSR	<i>Tiempo promedio de media recuperación de los picos</i>	Varianza total de todos los picos	μS
IBI	<i>Mínimo</i>	Valor mínimo del segmento	Segundos
IBI	<i>Máximo</i>	Valor máximo del segmento	Segundos
IBI	<i>Promedio</i>	Valor promedio del segmento	Segundos
IBI	<i>Desviación estándar</i>	Desviación estandar de todos los datos del segmento	Segundos

3.7. Preprocesamiento 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.

3.8. Extracción de características

Una vez segmentadas y etiquetadas las sesiones se tomaron varias características por cada tipo de señal. Estas características generalizan al evento completo. La tabla 4 describe dichas características.

3.9. Conclusión

El diseño de este experimento permite capturar datos de actores en un escenario concreto de cuidadores de personas con demencia que simulan condiciones cercanas a las reales. Esto abre la posibilidad de analizar por medio de tecnología los efectos de ansiedad en los cuidadores.

En la siguiente sección se utiliza una técnica de aprendizaje de máquina para clasificar los eventos de ansiedad. Se explican las diferentes pruebas realizadas y los resultados generales de este experimento.

Capítulo 4. Resultados preliminares del experimento y detección de ansiedad

4.1. Introducción

En este capítulo se presentan el conjunto de señales fisiológicas obtenidas del experimento descrito en el capítulo anterior y las características que se calcularon a partir de estas señales. Se muestran observaciones hechas sobre los datos de manera general y de casos específicos útiles a considerar en la detección de ansiedad. Por último se muestran los resultados de las diferentes pruebas de clasificación hechas sobre el conjunto de datos.

4.2. Datos recolectados

Todas las sesiones se llevaron a cabo del 8 de Julio hasta el 30 de Julio del 2015. Se recolectaron datos de 29 sesiones de las 30 planeadas para el experimento. La sesión faltante pertenece a un participante que canceló su tercera participación debido a problemas de agenda. Por cada sesión se tomaron datos de tres dispositivos. Cada dispositivo capturó diferentes señales del usuario. La lista completa de los datos se encuentra en la tabla 5.

Tabla 5: Señales que componen el conjunto de datos obtenido.

Dispositivo	Señal	Frecuencia
Empatica E3	Pulso de volumen de sangre (BVP)	64.0 Hz
Empatica E3	Intervalo entre latidos (IBI)	N/A
Empatica E3	Resistencia galvánica de la piel (GSR)	32.0 Hz
Empatica E3	Acelerómetros (X,Y,Z)	32.0 Hz
Empatica E3	Temperatura de la piel	2.0hz
Zephyr Hxm	Ritmo Cardíaco (HR)	N/A
Zephyr Hxm	Intervalo entre latidos (IBI)	N/A
Muse band EEG	Electroencefalograma (EEG), 4 electrodos	220.0Hz
Muse band EEG	Acelerómetros (X,Y,Z)	64.0 Hz

A pesar de que se capturaron diversos tipos de datos, solo se utilizaron los datos de GSR e IBI durante las pruebas. La intención de capturar las demás señales fué la de realizar investigaciones futuras sobre el conjunto de datos.

Se obtuvieron 974.64 minutos (16 horas, 14 minutos) de datos en total de 10 diferentes participantes. Esto incluye periodos de relajación y periodos de prueba. El promedio de las sesiones incluyendo tiempo de relajación fue de 33.23 minutos ($\sigma = 5.481$ minutos). Solamente un participante requirió de tiempo extraordinario para la relajación (23:57 minutos). La lista completa de tiempos de descanso y tarea se muestra en la tabla 6. Los tiempos fueron calculados en base a las mediciones de la aplicación “Care Me Too” descrita en la sección 3.4.1.

La habitación donde se llevó a cabo el experimento mantuvo una temperatura promedio de 24.53 °C ($\sigma = 1.174$) y 71.92 % de humedad relativa ($\sigma = 3.531$) . Las mediciones fueron hechas al inicio de cada sesión con la aplicación “S Health” con un dispositivo Samsung Galaxy S4. El dispositivo fue colocado sobre la mesa donde se encontraban los investigadores y se permitió que el sensor se autocalibrara durante unos segundos.

Para este trabajo se utilizaron los datos de 5 participantes. El total de sesiones usados fue 15. Los datos usados en las siguientes secciones son los correspondientes a los participantes P1, P6, P7, P8 y P9. Sólo se utilizó a la mitad de los participantes para este estudio debido a que el tiempo necesario para etiquetar los videos es demasiado largo. Además, algunos participantes proveyeron muy poca información de su estado de ansiedad. Los resultados aquí presentados son preliminares. El anexo B contiene los datos recolectados por participante.

4.3. Observaciones generales

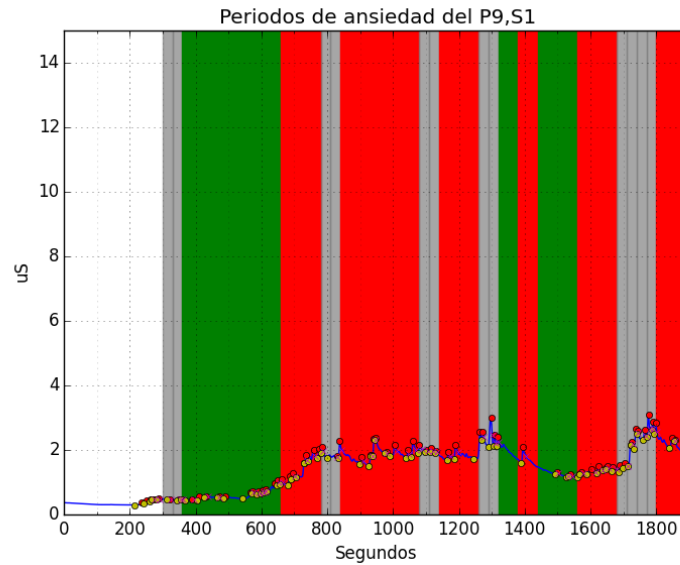
A continuación se describen observaciones generales de las sesiones utilizando las gráficas de GSR e IBI.

Una de las finalidades principales del experimento fué generar ansiedad y obtener una respuesta fisiológica. Si tomamos como ejemplo los datos de sudoración de la sesión 2 del participante 7 (Ver figura 17) podemos observar un periodo inicial de relajación desde el segundo 0 hasta el 200. Durante este periodo, el participante no recibió estímulos de la

Tabla 6: Tiempo total de cada sesión por participante

Participante	Sesión	Tiempo (Min:Seg)	total Tiempo de relaja- ción(Min:Seg)
p1	S1	33:41	3:40
p1	S2	37:27	5:00
p1	S3	34:08	6:00
p2	S1	26:47	3:37
p2	S2	30:35	4:00
p2	S3	31:04	5:00
p3	S1	28:01	5:33
p3	S2	34:41	4:40
p3	S3	34:40	5:00
p4	S1	29:23	5:33
p4	S2	41:39	7:17
p5	S1	30:07	5:00
p5	S2	26:23	5:00
p5	S3	31:43	5:00
p6	S1	30:07	8:55
p6	S2	56:09	23:57
p6	S3	31:03	5:00
p7	S1	32:19	4:20
p7	S2	32:40	5:00
p7	S3	35:12	5:00
p8	S1	32:44	4:19
p8	S2	34:13	5:00
p8	S3	27:18	5:00
p9	S1	33:21	3:40
p9	S2	36:39	5:00
p9	S3	28:49	5:00
p10	S1	34:36	4:14
p10	S2	36:03	3:47
p10	S3	32:06	5:00

persona con demencia que le causaran ansiedad. Unos segundos después, la PcD entra a la habitación y se presenta con el participante. En este periodo (entre el segundo 200 y el 300) se pueden observar ligeros cambios en su nivel de sudoración. A partir del segundo 350 hasta el 650 la señal crece ligeramente pero se mantiene dentro de un margen moderado. Esto puede ser debido a que durante ese periodo no recibió estímulos muy fuertes, lo cual coincide con los segmentos que fueron reportados y catalogados como de no ansiedad. Cuando empiezan los periodos de ansiedad se registran aumentos súbitos en la señal como los que se observan alrededor del segundo 620 y 830. Si revisamos los datos de observación, tenemos eventos de comportamiento de la persona con demencia de nivel 2 alrededor del segundo 602. La porción correspondiente del diálogo dice lo siguiente: “PcD: Oye.. ¿‘usted sabe donde está mi mamá?’” “Participante: Ah.. no.” “PcD: Yo me quiero ir con ella ya.”. Esto da indicios de una relación entre los estímulos que



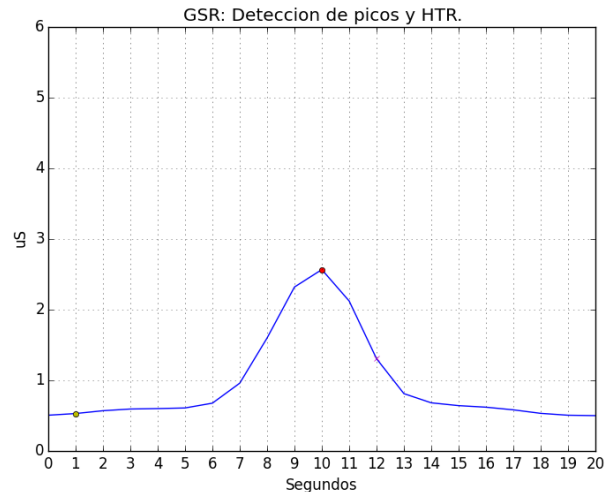
(a)

Figura 17: Señal de sudoración del participante 7. El periodo con fondo blanco inicial corresponde al tiempo de relajación. Los periodos verdes corresponden a las etiquetas de no ansiedad y los rojos a los de ansiedad. Las secciones grises son segmentos ambiguos, en donde no se pudo determinar si había o no ansiedad.

utilizamos y la respuesta fisiológica.

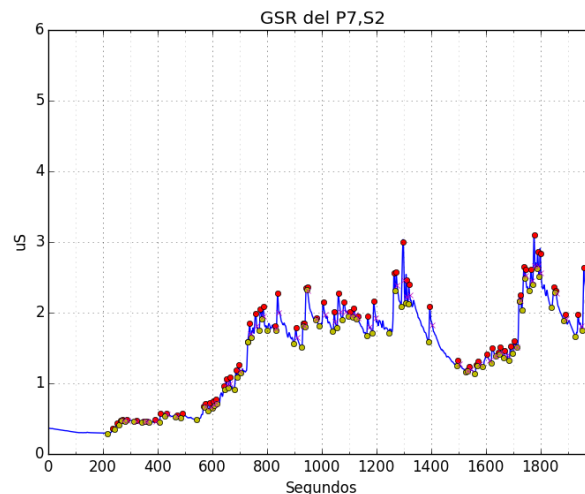
Una de las diferencias sustanciales de este experimento es la forma en que el participante recibe los estímulos. En los experimentos de laboratorio, el participante se encuentra en un entorno aislado y controlado. Se establecen frecuencias e intensidades exactas para los estímulos. Esto resulta en señales fisiológicas más limpias y fáciles de interpretar. En este estudio, al tener una situación más parecida a la realidad, se obtiene claramente una señal con más ruido y más difícil de interpretar. Un ejemplo muy claro se observa en la señal de sudoración. En un experimento de laboratorio, si vemos un segmento de datos el participante tiene un periodo de relajación, un estímulo de unos segundos y otro periodo inmediato de relajación se vería como en la figura 18. En este estudio, por el contrario, la señal no vuelve a su nivel inicial (ver figura 19).

Otra de las señales relacionadas con la ansiedad y las emociones en general es el IBI (Cinaz *et al.*, 2013). Existe una relación entre la relajación y el IBI. Entre más espaciados se encuentran los latidos del corazón, podría indicar que la persona se encuentra más relajada. Entre más cortos sean, la persona se puede encontrar más estresada. En este experimento se observó un fenómeno muy directo sobre la señal. Durante el periodo



(a)

Figura 18: Ejemplo de señal de sudoración comúnmente encontrado en otros estudios. Los periodos de relajación anteriores y posteriores al estímulo permiten identificar la respuesta fisiológica del participante.

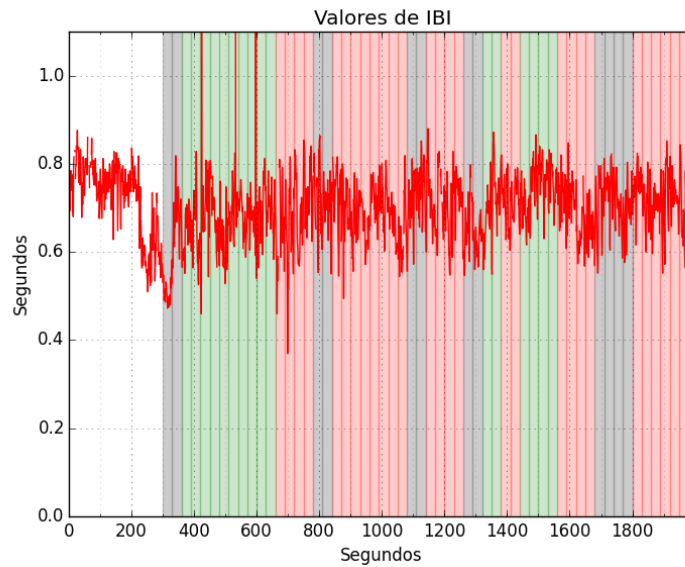


(a)

Figura 19: Señal de sudoración perteneciente al participante 7, sesión 1. La señal no vuelve a su valor inicial antes del estímulo.

de relajación los valores de IBI tendían a ser más cercanos a 1.0, mientras que en los periodos de la prueba el valor tendía a 0.4. En la figura 20 se puede observar como durante los primeros 200 segundos (parte del periodo de relajación) los latidos son más espaciados, mientras que durante la prueba y más específico a ciertas regiones el valor disminuye. Alrededor del segundo 700 se observa un valle mucho más bajo que el resto de la señal el cual puede estar relacionado con un evento de ansiedad. En general, la señal de IBI se ve como una manifestación de un efecto fisiológico más relacionado y

sensible a los efectos de la ansiedad.



(a)

Figura 20: Señal de IBI del participante 7, sesión 1. Los valores son más bajos durante la actividad que durante el periodo de relajación. Los colores de fondo fueron aclarados para facilitar la observación.

4.4. Variación entre participantes

Como resultado del estudio, se esperaban variaciones en las señales fisiológicas entre los participantes. En la señal de GSR, algunos individuos mostraban picos muy marcados seguidos de una corta recuperación y una serie de picos adicionales. Otros mostraron casi nulo incremento, lo cual podría indicar que la persona no sintió ansiedad o bien, que no manifiesta el efecto de la ansiedad a través de la sudoración. Algunos participantes muestran un crecimiento exponencial, el cual podría indicar que la persona experimenta niveles de ansiedad cada vez más elevados. Otra posibilidad es de que la pieza plástica que utiliza el dispositivo para colocarse en la muñeca cause que el sudor se mantenga en la piel y se acumule durante la sesión. Un usuario que produzca mucho sudor podría causar este efecto y podría dificultar la interpretación del nivel de ansiedad. Esto da indicios de que una aplicación que tome en cuenta el estado de ansiedad debe de tomar en cuenta que diferentes usuarios pueden reaccionar de manera diferente a un estresor. La figura 21 ilustra estos fenómenos.

Durante la fase de relajación, se observó que el nivel de sudoración decaía gradualmente hasta alcanzar un valor bajo de entre 0.1 y 1.0. Sin embargo, uno de los partici-

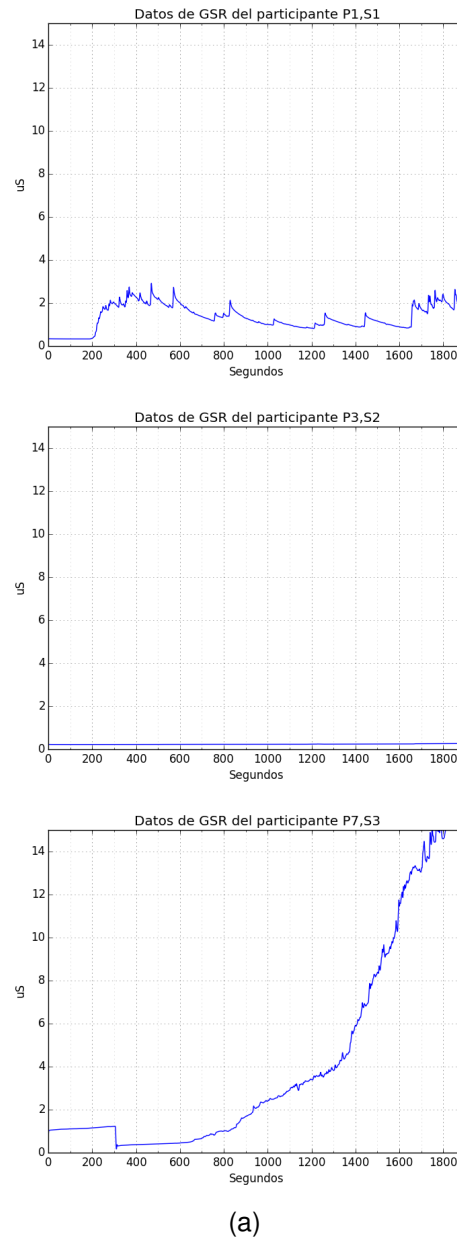


Figura 21: Señal de GSR de tres diferentes participantes. Cada participante muestra una reacción diferente a los estímulos de ansiedad.

pantes en una sesión en particular se comportó de manera diferente. Su nivel inicial de sudoración fue muy alto, de alrededor de 14 μS , por lo que se tomó la decisión de darle mas tiempo de relajación. Después se reajustó el dispositivo para eliminar el sudor acumulado y se le pidió que se volviera a relajar. El tiempo total de relajación fué de 23:57 minutos. La figura 22 ilustra este efecto. Una posible causa es que el participante se haya sentido ansioso mientras observaba al participante anterior realizar la terapia. Esta reacción no se presentó en las otras dos pruebas del mismo participante.

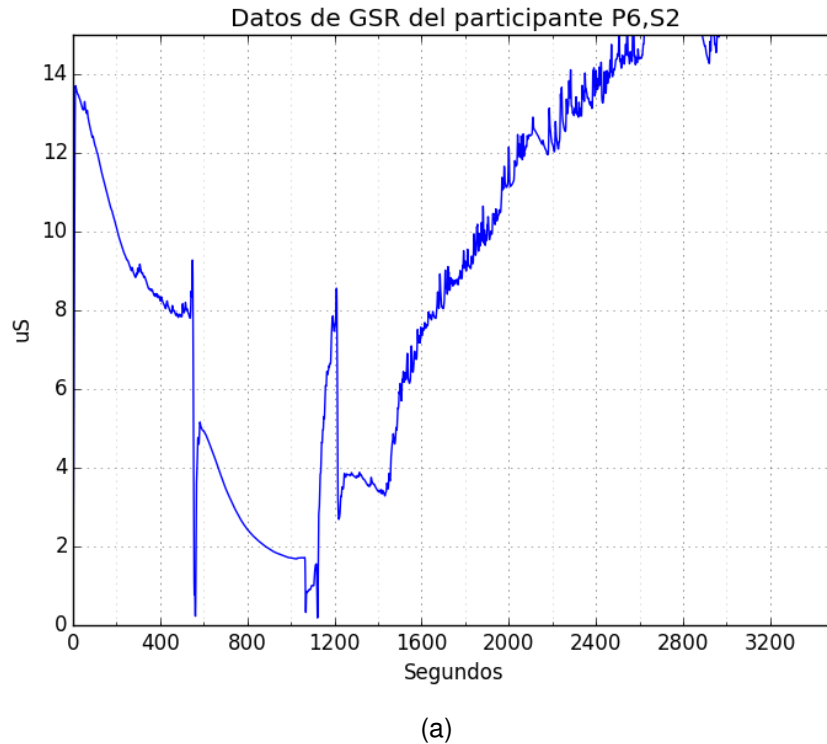


Figura 22: Señal de GSR del participante 6, sesión 2. Se pueden observar múltiples variaciones durante el periodo de relajación producto del estado emocional del participante y el ajuste del dispositivo. El pico súbito del segundo 1100 corresponde al aviso de inicio de actividad.

4.5. Resultados de aprendizaje de máquina

La siguiente sección muestra los resultados de las pruebas realizadas utilizando el algoritmo de clasificación SVM. Todas las pruebas se hicieron utilizando la librería “python-scikit”. Los datos de entrada fueron los vectores de características obtenidos de los segmentos etiquetados como “ansiedad” y “no ansiedad”. Los segmentos tuvieron una duración de 30 segundos. En todas las pruebas se utilizan 9 características seleccionadas manualmente. Se realizaron diferentes pruebas con diferentes “kernels” de la máquina de soporte vectorial. A continuación se muestran los resultados de cada una.

Se contó con un total de 212 muestras de ansiedad y 310 de muestras de no ansiedad. (La tabla 7 incluye a detalle los conteos de muestras)

4.5.1. Pruebas por sujeto

En aprendizaje de máquina, precisión es un resultado de relevancia, mientras que exhaustividad es una medida de cuantos resultados relevantes está regresando. Un sistema

Tabla 7: Conteos de muestras de ansiedad obtenidas

Sujeto	Segmentos de ansiedad	Segmentos de no ansiedad	Segmentos ambiguos
P1	36	28	42
P6	24	96	30
P7	70	68	16
P8	60	62	6
P9	22	56	22
Total	212	310	116

con alta exhaustividad y baja precisión regresa muchos resultados, pero la mayoría de las etiquetas son incorrectas comparandolos con “ground truth”. Un sistema con alta precisión y baja exhaustividad es lo contrario, regresa muy pocos resultados pero la mayoría de las etiquetas son correctas comparadas con “ground truth”. Por lo general, un sistema que utiliza aprendizaje de máquina debe de tener valores altos de ambas medidas. Sin embargo, dependiendo de la aplicación, un valor alto de los dos es suficiente para realizar bien la tarea. A continuación se muestran diferentes pruebas y se utilizan la precisión y exhaustividad para interpretar los resultados.

Un primer enfoque para la detección de ansiedad fue por medio del entrenamiento de un modelo personal. Este enfoque es utilizado debido a que las características de las señales fisiológicas pueden cambiar de individuo a individuo. Para esta prueba se utilizó el 80 % de los datos de cada participante como entrenamiento y el 20 % restante para pruebas. En esta prueba se obtuvieron valores de precisión y exhaustividad bajos. Una posible razón de este resultado es el hecho de que se cuenta con una baja cantidad de muestras de cada clase. La primera fila de la tabla 8, utilizando GSR e IBI para el P1 muestra estos valores.

4.5.2. Prueba en conjunto

Se realizó una segunda prueba con los datos, en esta ocasión se tomó el 80 % de todas las sesiones de todos los participantes como entrenamiento y el 20 % restante como prueba. En esta ocasión, se obtienen valores de precisión parecidos entre las señales, con una exhaustividad baja. Esto podría significar que la cantidad de muestras es uno de los factores que afectan el rendimiento del clasificador para este conjunto de datos. La tabla 9 muestra los resultados.

Tabla 8: Resultados en la clasificación por participante.

Sujeto	Señal	Mtras. Entren.	Mtras. Prueba	Precisión (Lin)	Recall (Lin)	Precisión (RBF)	Recall (RBF)
P1	GSR+IBI	22	6	60	50	42.86	50
P1	GSR	22	6	50	16.67	50	83.33
P1	IBI	22	6	50	50	60	50
P6	GSR+IBI	19	5	100	100	100	100
P6	GSR	19	5	100	20	66.67	40
P6	IBI	19	5	100	100	100	100
P7	GSR+IBI	54	14	48.15	92.86	30	21.43
P7	GSR	54	14	14.29	7.14	27.27	21.43
P7	IBI	54	14	48.15	92.86	33.33	7.14
P8	GSR+IBI	48	12	25	8.33	64.29	75
P8	GSR	48	12	25	8.33	57.14	33.33
P8	IBI	48	12	42.11	66.67	80	66.67
P9	GSR+IBI	17	5	100	40	60	60
P9	GSR	17	5	100	20	100	40
P9	IBI	17	5	0	0	100	100

Tabla 9: Resultados en la clasificación en conjunto.

Sujeto	Señal	Mtras. Entren.	Mtras. Prueba	Precisión (Lin)	Recall (Lin)	Precisión (RBF)	Recall (RBF)
P1+P6+P7+P8+P9	GSR+IBI	169	43	81.48	51.16	75	48.84
P1+P6+P7+P8+P9	GSR	169	43	71.43	11.63	68.18	34.88
P1+P6+P7+P8+P9	IBI	169	43	71.88	53.49	76.67	53.49

4.5.3. Pruebas entre sujetos

La siguiente prueba tomó en cuenta la necesidad de tener una mayor cantidad de datos y que al mismo tiempo fuera aplicable para la detección de ansiedad para un participante en específico. Se tomaron los datos de las tres sesiones del participante a probar y todo el conjunto restante como entrenamiento. Esto se hizo para todos los participantes disponibles con las tres señales. Se encontró una precisión alta en la mayoría de los casos mientras que el “recall” permaneció muy bajo utilizando un kernel lineal. En el caso del kernel RBF, los resultados fueron bajos. (Ver tabla: 11). Una variante de esta prueba, fue utilizar un kernel polinomial. En este caso, se obtuvo puntajes altos en precisión y recall para la mayoría de los casos.

Tabla 10: Resultados en la clasificación entre sujetos usando kernels lineales y RBF.

Sujetos de en-tren.	Sujeto de prueba	Señal	Mtras. En-tren.	Mtras. Prueba	Precisión (Lin)	Recall (Lin)	Precisión (RBF)	Recall (RBF)
P6+P7+P8+P9	P1	GSR+IBI	176	36	43.55	20.15	57.5	34.33
P6+P7+P8+P9	P1	GSR	176	36	33.33	1.49	68.97	14.93
P6+P7+P8+P9	P1	IBI	176	36	46.27	23.13	62.5	44.78
P1+P7+P8+P9	P6	GSR+IBI	188	24	66.67	13.11	86.21	40.98
P1+P7+P8+P9	P6	GSR	188	24	68	13.93	83.33	61.48
P1+P7+P8+P9	P6	IBI	188	24	76.47	42.62	92.54	50.82
P1+P6+P8+P9	P7	GSR+IBI	142	70	53.28	38.69	60.74	48.81
P1+P6+P8+P9	P7	GSR	142	70	47.06	14.29	57.5	27.38
P1+P6+P8+P9	P7	IBI	142	70	56.78	39.88	58.49	55.36
P1+P6+P7+P9	P8	GSR+IBI	152	60	100	4.43	92	29.11
P1+P6+P7+P9	P8	GSR	152	60	100	2.53	88	27.85
P1+P6+P7+P9	P8	IBI	152	60	69.02	80.38	100	38.61
P1+P6+P7+P8	P9	GSR+IBI	190	22	74.07	16.67	84.62	27.5
P1+P6+P7+P8	P9	GSR	190	22	100	8.33	86.11	25.83
P1+P6+P7+P8	P9	IBI	190	22	72.22	21.67	88.33	44.17

Tabla 11: Resultados en la clasificación entre sujetos usando un kernel polinomial.

Sujetos de en-tren.	Sujeto de prueba	Señal	Mtras. En-tren.	Mtras. Prueba	Precisión (Poly)	Recall (Poly)
P6+P7+P8+P9	P1	GSR+IBI	176	36	73.72	75.37
P6+P7+P8+P9	P1	GSR	176	36	0	0
P6+P7+P8+P9	P1	IBI	176	36	70	62.69
P1+P7+P8+P9	P6	GSR+IBI	188	24	87.63	69.67
P1+P7+P8+P9	P6	GSR	188	24	86.13	96.72
P1+P7+P8+P9	P6	IBI	188	24	76.92	8.2
P1+P6+P8+P9	P7	GSR+IBI	142	70	65.91	69.05
P1+P6+P8+P9	P7	GSR	142	70	37.5	3.57
P1+P6+P8+P9	P7	IBI	142	70	63.33	67.86
P1+P6+P7+P9	P8	GSR+IBI	152	60	72	91.14
P1+P6+P7+P9	P8	GSR	152	60	72.56	98.73
P1+P6+P7+P9	P8	IBI	152	60	72.17	96.84
P1+P6+P7+P8	P9	GSR+IBI	190	22	77.27	28.33
P1+P6+P7+P8	P9	GSR	190	22	100	0.83
P1+P6+P7+P8	P9	IBI	190	22	94.74	15

4.5.4. Prueba por sesión

Por último, se realizó una prueba para comparar la información de “ground truth” con el modelo general. La gráfica 23 muestra dicha comparación. Se utilizó un filtro de erosión sobre los datos de predicción para ajustar los periodos en donde el clasificador no detectaba ansiedad. Como resultado, muestra dos grandes bloques que indican periodos de ansiedad y uno pequeño, en donde detecta ansiedad cuando no lo hay.

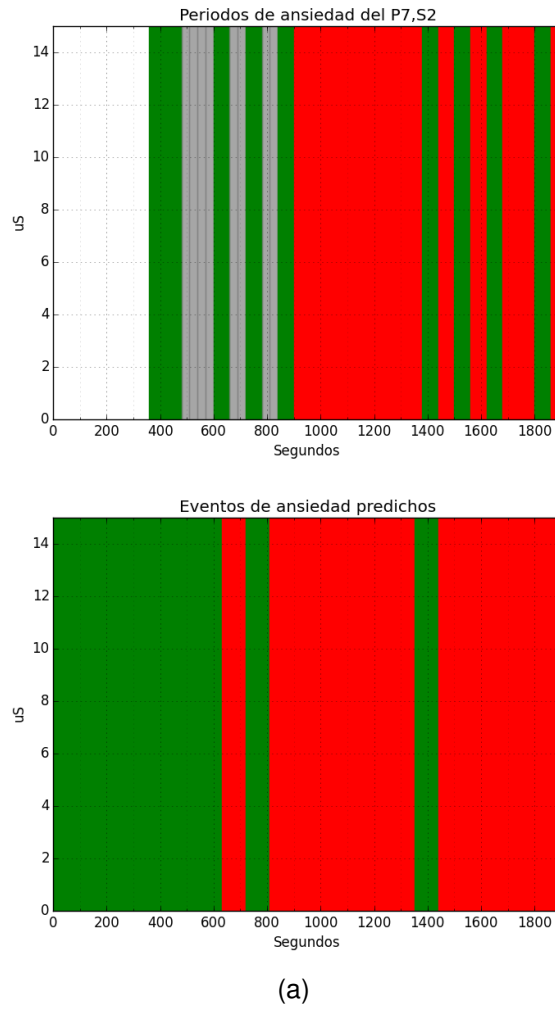


Figura 23: Comparación de los eventos de ansiedad predichos (gráfica inferior) por el modelo de SVM con ground truth (gráfica superior).

4.6. Conclusión

El diseño de este experimento muestra que es posible obtener datos fisiológicos de cuidadores en situaciones naturalistas. Se exploró como estas situaciones afectan a los datos obtenidos y se dió una primera aproximación a las técnicas necesarias para procesar datos en estas condiciones. Se mostró también que técnicas se pueden utilizar para solventar las deficiencias del método y se muestra un conjunto de datos en el que se puede trabajar para desarrollar mejores técnicas de detección de ansiedad.

Capítulo 5. Conclusiones y trabajo a futuro

5.1. Introducción

Existe una tendencia mundial hacia el envejecimiento de la población. El incremento en el número de adultos mayores obedece principalmente a mejoras en el sistema de salud y una menor tasa de natalidad. En países en desarrollo, como México, este fenómeno se está desarrollando de manera más acelerada. El papel del cuidador se vuelve un elemento importante en la salud del adulto mayor. La demanda del cuidador para cubrir las necesidades del adulto mayor son muy variadas y complejas y pueden desencadenar problemas como la depresión y la ansiedad. En este trabajo se presentan los resultados de un experimento con situaciones simuladas parecidas a las reales a través de una técnica llamada “Naturalist Enactment” resultando en una base de datos fisiológicos de 10 personas diferentes bajo situaciones de ansiedad. Se describió como se obtuvo “ground truth” y el procesamiento realizado a las señales fisiológicas de diferentes dispositivos vestibles. Por último, se mostró que el uso de cómputo vestibular para la detección de ansiedad en situaciones naturalistas es factible.

Los métodos de investigación expuestos y los resultados preliminares obtenidos muestran que el cómputo vestibular podría ser utilizado para la detección de ansiedad. Sin embargo, hacen falta más estudios para resolver el problema completamente.

5.2. Contribución

Como resultados de este estudio, se pueden indicar las siguientes contribuciones:

- **Experimento para inducir ansiedad en condiciones realistas de cuidado de un adulto mayor con demencia:** Una de las tendencias actuales en las ciencias de la computación es realizar experimentos fuera del laboratorio. Este ambiente con menos controles, ruidosos, impredecibles y difíciles de analizar permiten simular situaciones más parecidas a la vida real. En este estudio se mostró como se pueden realizar experimentos en situaciones simuladas obtener resultados cuantificables.
- **Base de datos:** Se generó una base de datos fisiológicas de personas bajo condiciones parecidas a las de los cuidadores de personas con demencia. Con esta base

de datos es posible hacer pruebas de nuevos métodos de detección de ansiedad sin necesidad de realizar un experimento nuevo. La base de datos abre también la posibilidad de analizar aspectos no considerados originalmente de las reacciones de los individuos bajo las condiciones de estrés con los datos de EEG.

- **Análisis preliminar:** Se hizo un análisis preliminar de los datos con resultados promisorios que dan evidencia de que es factible hacer detección por medio de cómputo vestible.
- **Artículo de congreso:** Se escribió el artículo *“Detecting State Anxiety when Caring for People with Dementia. Miranda D., Jesus F., Catalina I.”*. Aceptado para publicación en “AmiHEALTH 2015, International Conference on Ambient Intelligence and Health, Diciembre 2015”

5.3. Limitaciones

Una de las limitaciones de este trabajo es que obtuvieron muy pocas muestras de ansiedad por participante, una intervención mas largar solucionaría este probema. Sin embargo, aumentar el número de sesiones y/o participantes aumentaría el tiempo necesario para obtener la “ground truth”.

Otra dificultad es obtener información de “ground truth”. A pesar de que se obtuvo información útil con el método de etiquetado, se necesitaron cerca de 8 horas por sesión para completarlos. En general, se requieren maneras confiables no exhaustivas para las aplicaciones conscientes de la ansiedad.

En este estudio participaron personas que no eran cuidadores en el momento de las pruebas. Los cuidadores reales tienen necesidades complejas y su sensibilidad a los estímulos de la persona a quien cuidan podrían ser diferentes.

5.4. Trabajo a futuro

Algunas consideraciones de trabajo a futuro son las siguientes:

- **Obtención de “ground truth”:** El proceso actual de etiquetado de segmentos de

ansiedad requiere de mucho tiempo y trabajo humano. Una opción para reducir el tiempo es utilizar la información de EEG capturada.

- **Algoritmos de clasificación:** Las pruebas realizadas a los datos son preliminares. Se deben de considerar técnicas diferentes que se adapten mejor a estos tipos de situaciones y que reporten mayor precisión y exhaustividad.
- **Utilizar datos de los participantes con experiencia de cuidador:** Los datos utilizados corresponden a los participantes sin experiencia de cuidador. Un estudio para analizar la diferencia entre los participantes con y sin experiencia sería un paso mas para acercarse a resolver el problema de ansiedad en cuidadores.
- **Aplicación consciente de la ansiedad:** Realizar una aplicación en dispositivos móviles y/o vestibles que incluya las “estrategias de afrontamiento”.

Lista de referencias bibliográficas

- 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 Gerds, 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.
- Cinaz, B., Arnrich, B., Marca, R., y Tröster, G. (2013). Monitoring of mental workload levels during an everyday life office-work scenario. *Personal Ubiquitous Comput.*, **17**(2): 229–239.
- 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. *British Journal of Medical Psychology*, **32**(1): 50–55.
- Handouzi, W., Maaoui, C., Pruski, A., y Moussaoui, A. (2014). Objective model assessment for short-term anxiety recognition from blood volume pulse signal. *Biomedical Signal Processing and Control*, **14**: 217 – 227.
- 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. (2015). 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*, **23**(3): 293–303.
- Julian, L. J. (2011a). 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.
- Julian, L. J. (2011b). 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.
- Meuser, T. M. y Marwit, S. J. (2001). A comprehensive, stage-sensitive model of grief in dementia caregiving. *The Gerontologist*, **41**(5): 658–670.
- 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.
- 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.
- Picard, R. W. (1997). Affective computing. **252**.
- Prince, M., Bryce, R., Albanese, E., Wimo, A., Ribeiro, W., y Ferri, C. P. (2013). The global prevalence of dementia: A systematic review and metaanalysis. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, **9**(1): 63–75.
- 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.
- 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.
- Schulz, R. y Beach, S. R. (1999). Caregiving as a risk factor for mortality: the caregiver health effects study. *Jama*, **282**(23): 2215–2219.
- 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. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, **6**(4): 386–398.
- 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.
- Tatum IV, W. O. (2014). *Handbook of EEG interpretation*. Demos Medical Publishing.
- 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. Instrumentos para el diseño del experimento

A.0.1. 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, firma y domicilio del participante

A.0.2. 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:

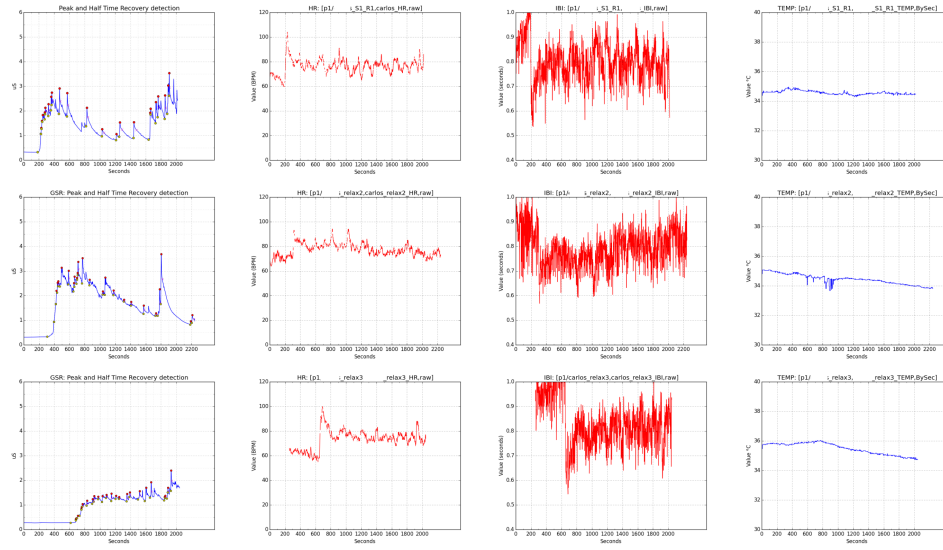
- Comentar la situación mental o física del adulto mayor.
- Describir las actividades que realizó durante las terapias.
- Compartir técnicas o cualquier otra información que pueda ser utilizada para afectar el resultado de las terapias de otros participantes.

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.

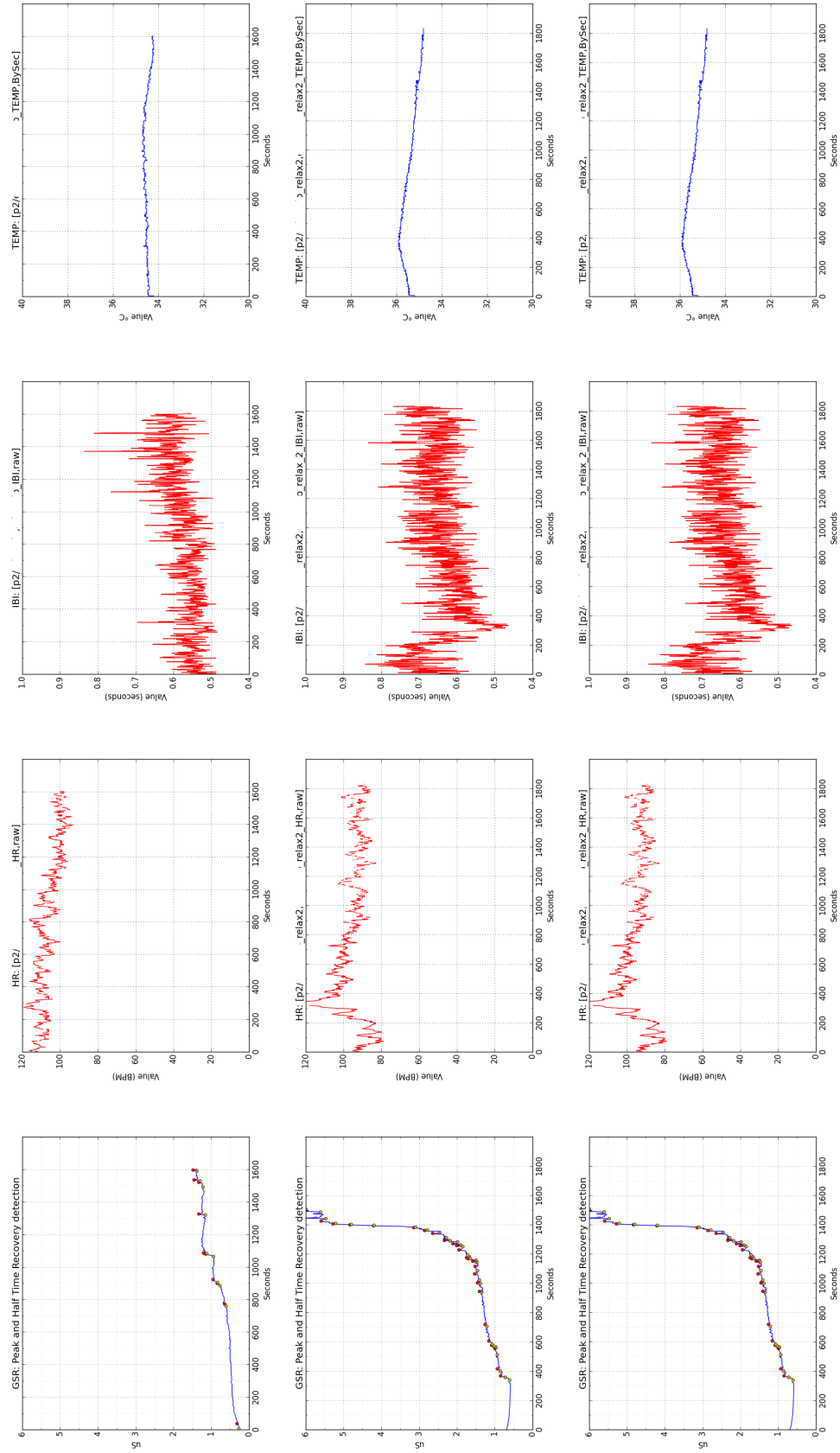
Nombre, firma y domicilio del participante

Apéndice B. Datos recabados por participante



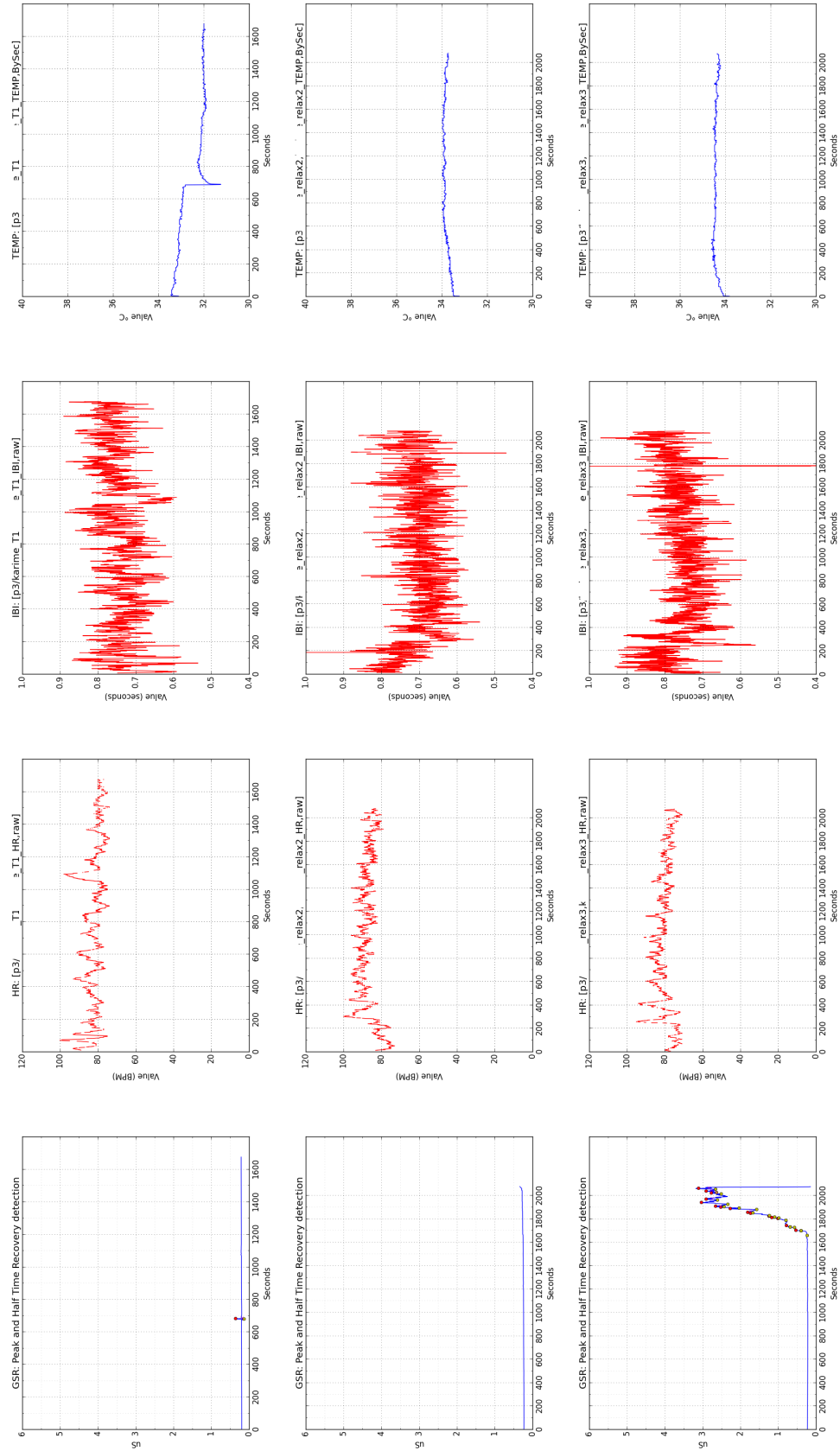
(a)

Figura 24: GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 1 durante las 3 sesiones.



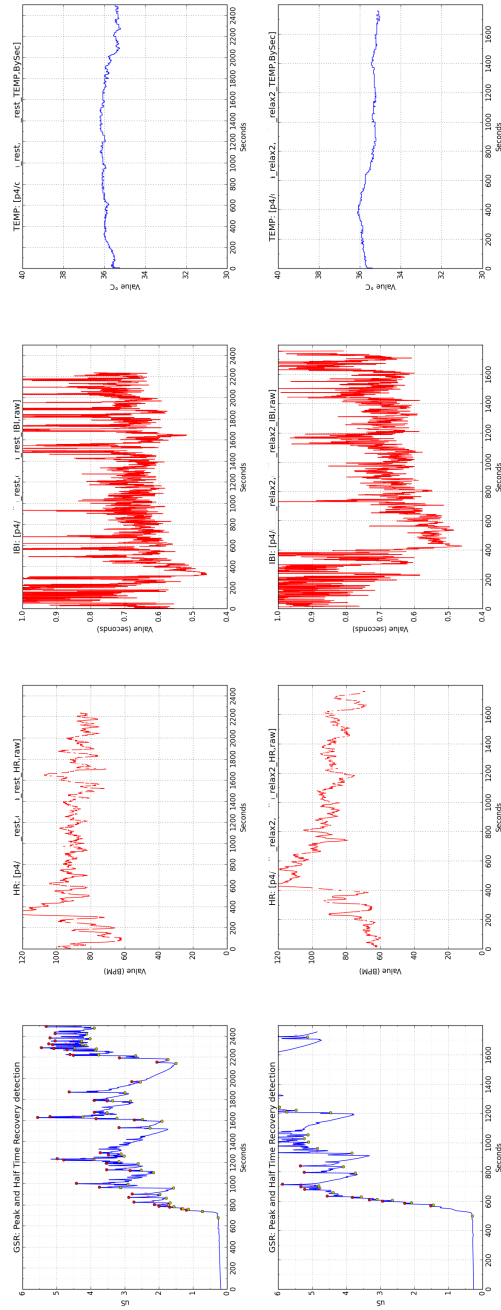
(a)

Figura 25: GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 2 durante las 3 sesiones.



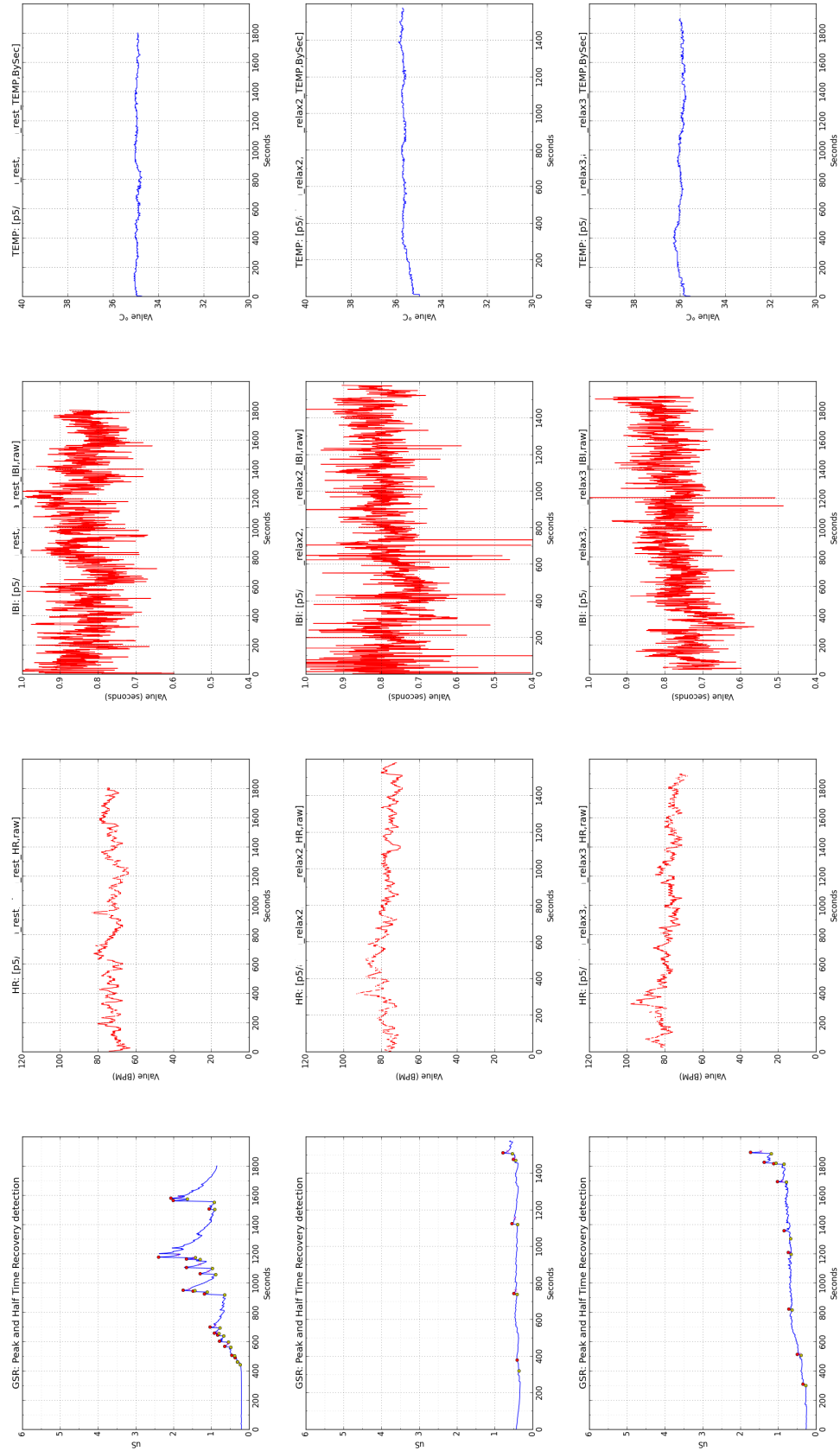
(a)

Figura 26: GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 2 durante las 3 sesiones.



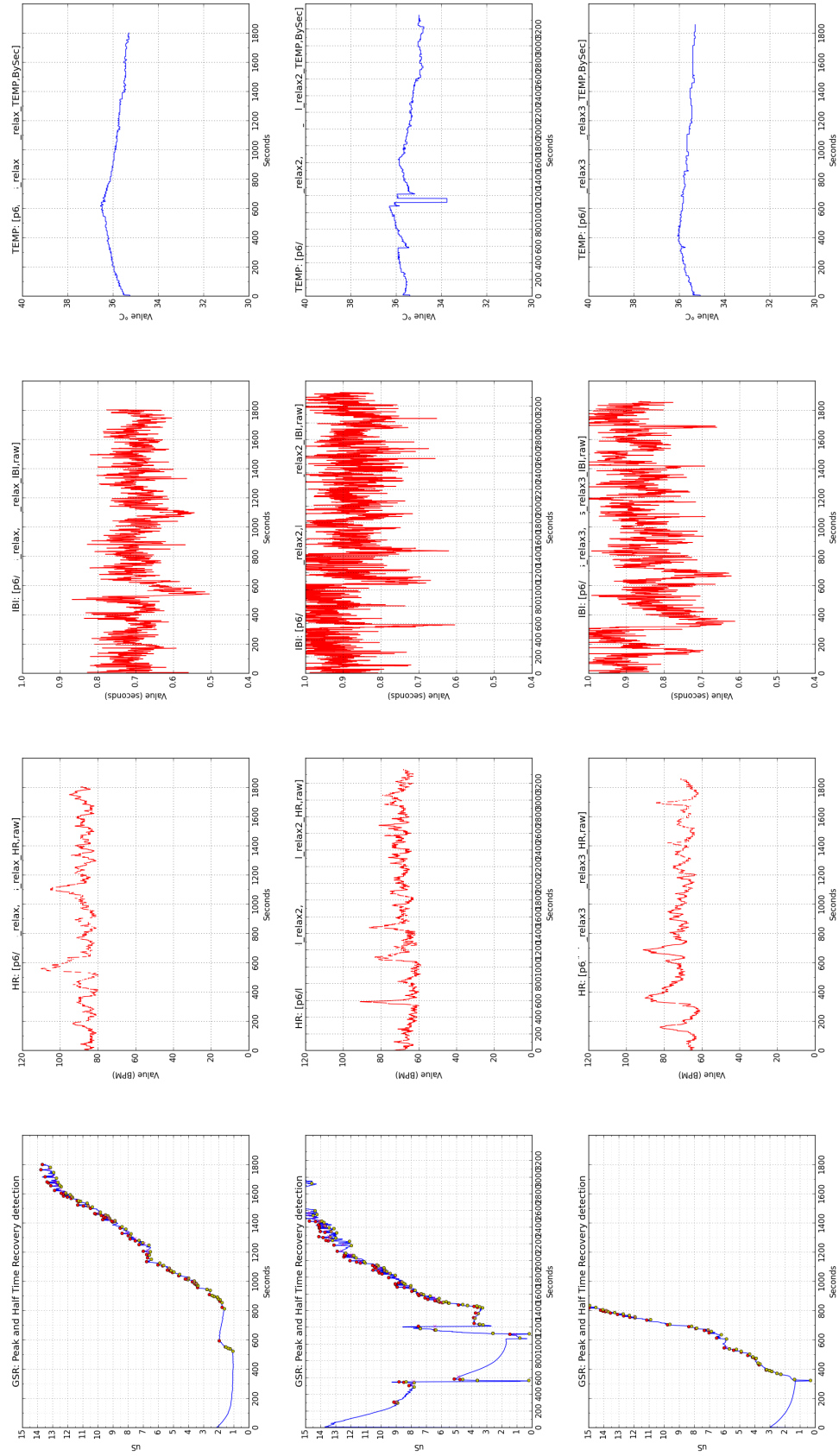
(a)

Figura 27: GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 4 durante las 2 sesiones.



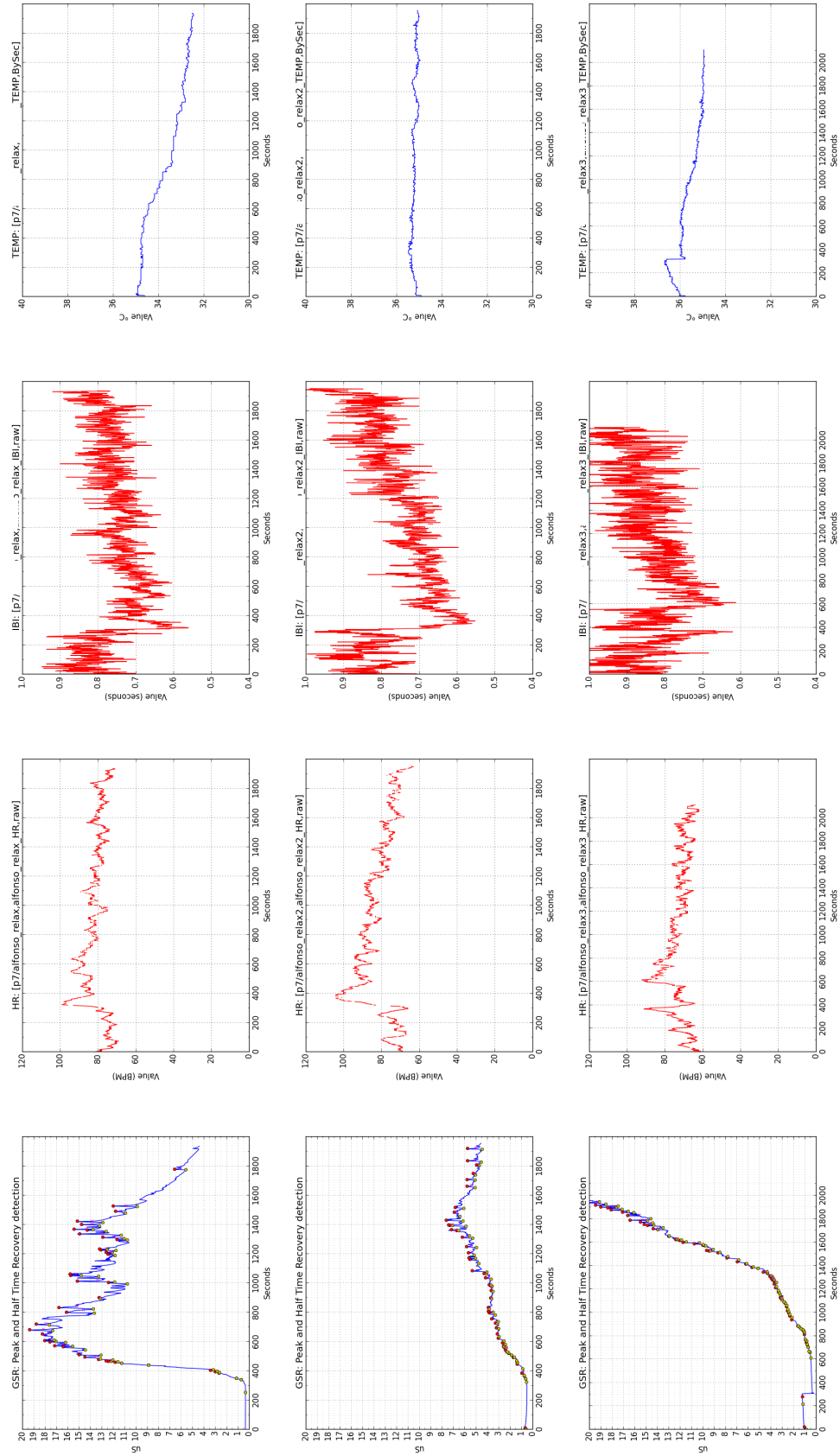
(a)

Figura 28: GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 5 durante las 3 sesiones.



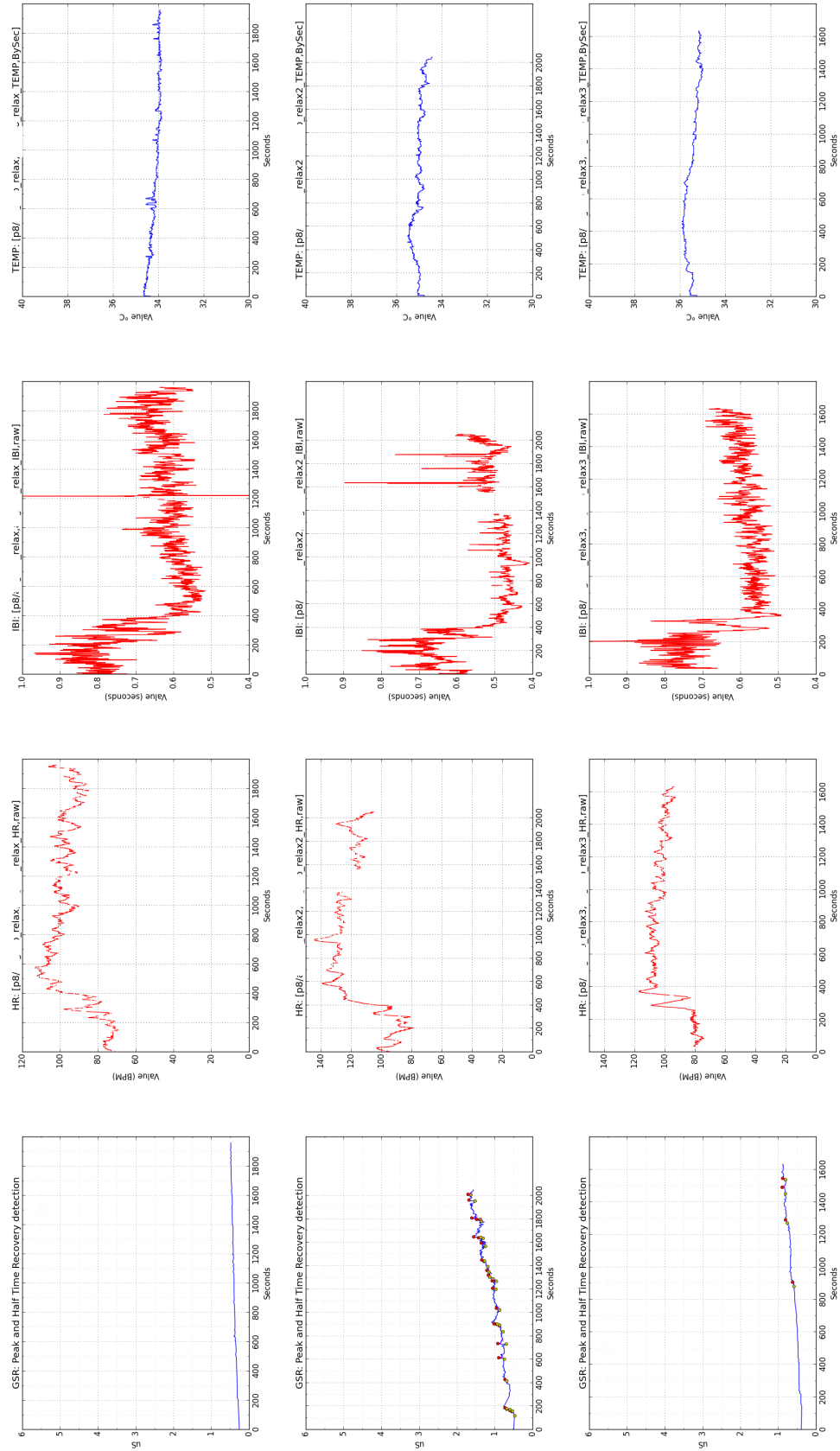
(a)

Figura 29: GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 6 durante las 3 sesiones.



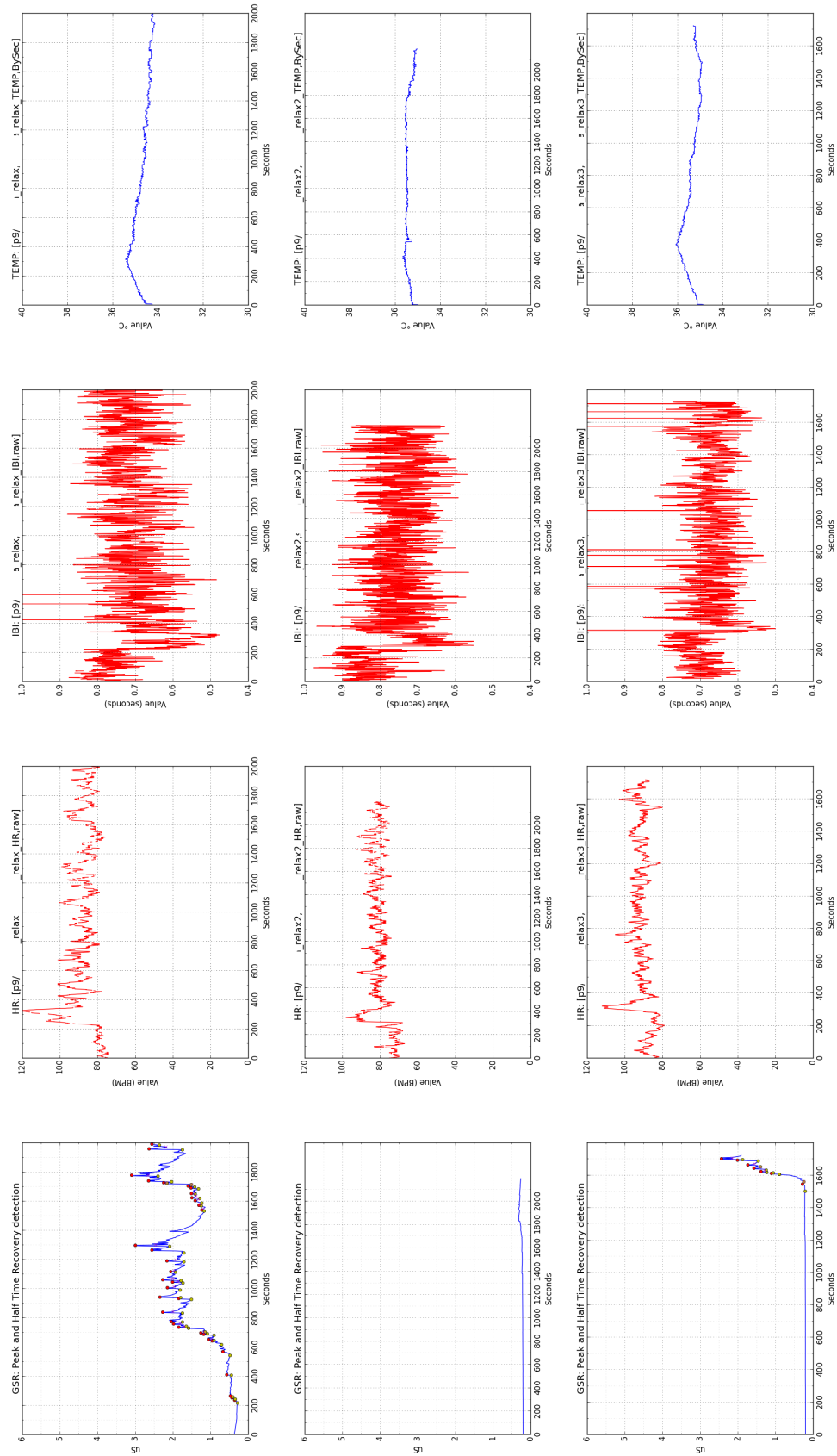
(a)

Figura 30: GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 7 durante las 3 sesiones.



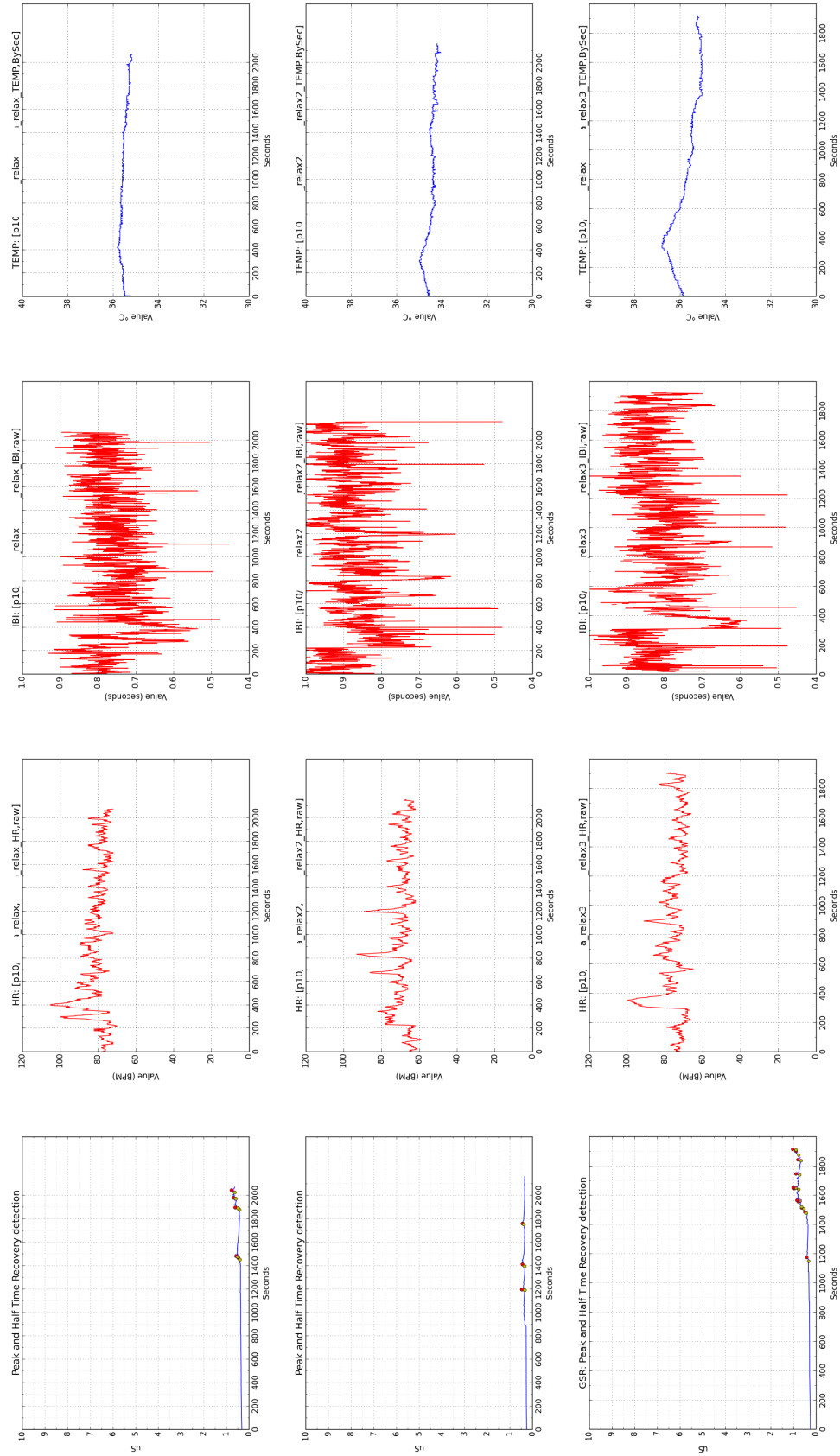
(a)

Figura 31: GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 8 durante las 3 sesiones.



(a)

Figura 32: GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 9 durante las 3 sesiones.



(a)

Figura 33: GSR,HR,IBI y Temperatura obtenidos del participante 10 durante las 3 sesiones.