

**BIODINÁMICA EMOCIONAL - BE**

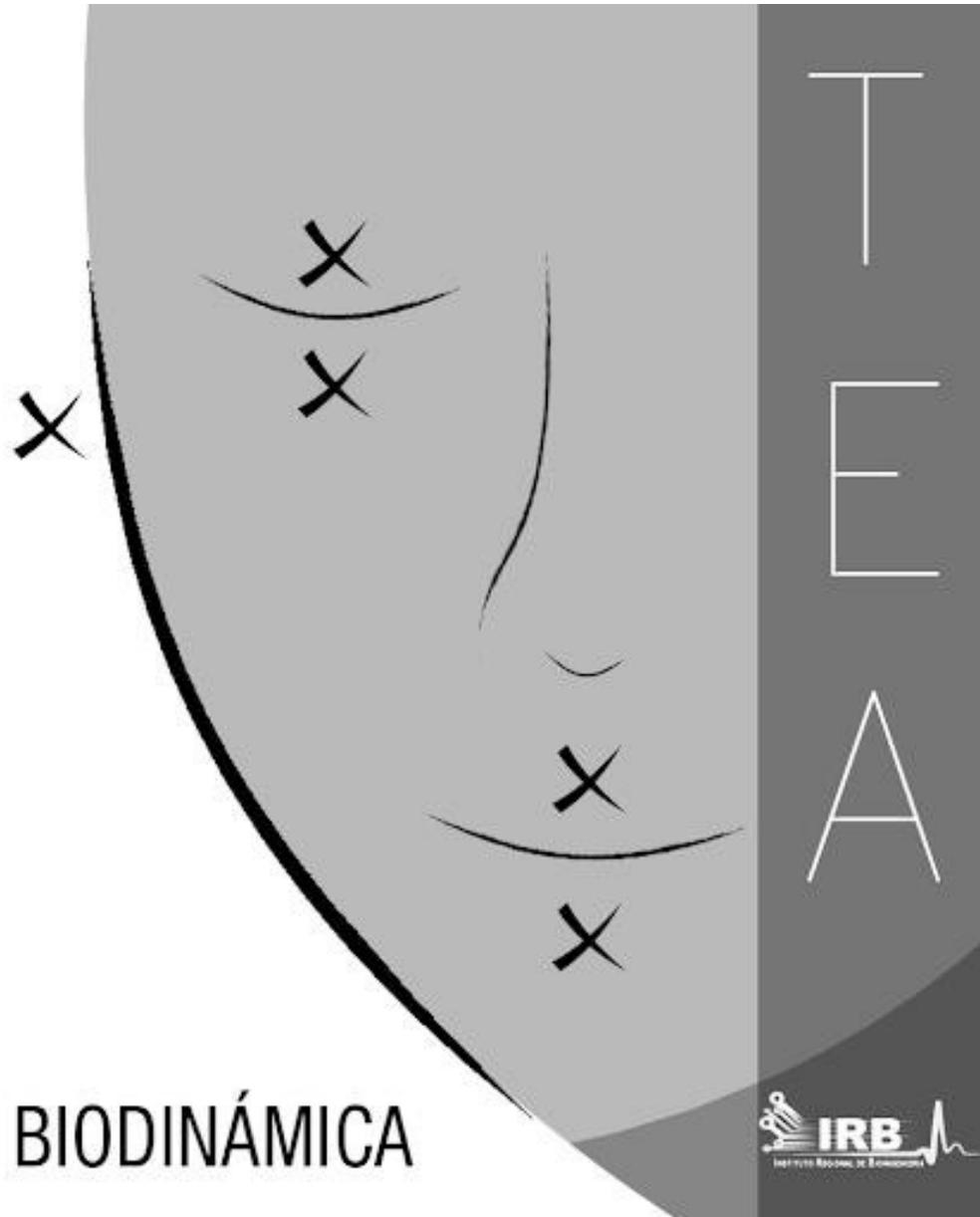
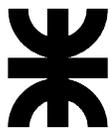
**PROYECTO**

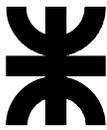
**Versión 1.1**

**15/6/2023**

**INFORMACIÓN DEL PROYECTO**

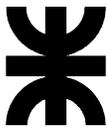
<b>Autores</b>	
<b>Integrante 1</b>	<b>Gómez Marcelo Alberto</b>
<b>Legajo:</b>	<b>8714</b>
<b>e-mail:</b>	<b><u>marcegomez002@gmail.com</u></b>
<b>Integrante 2</b>	<b>Ysetta Carlos Daniel</b>
<b>Legajo:</b>	<b>8440</b>
<b>e-mail:</b>	<b><u>cyac_mendoza@yahoo.com.ar</u></b>
<b>Integrante 3</b>	<b>Bertomeu José Gabriel</b>
<b>Legajo:</b>	<b>8322</b>
<b>e-mail:</b>	<b><u>jbertomeu@distrosol.com.ar</u></b>
<b>Tutor</b>	<b>Dr. Ing. Nelson Dugarte Jerez</b>
<b>Director</b>	<b>Esp. Ing. Antonio Álvarez Abril</b>
<b>Jurado</b>	<b>Ing. Roberto Montilla</b>
<b>Año Académico</b>	<b>2023</b>
<b>Responsable de la cátedra</b>	<b>Ing. Antonio Álvarez Abril</b>
<b>Empresa / Cliente / Laboratorio Patrocinador (Sponsor)</b>	<b>Instituto Regional de Bioingeniería (I.R.B.) Centro Regional de Investigación y desarrollo en Computación y Neuroingeniería (CeReCoN)</b>





## Índice

1	RESUMEN DEL PROYECTO .....	3
1.1	RESUMEN .....	3
1.2	SUMMARY .....	4
2	PALABRAS CLAVES.....	4
3	INTRODUCCIÓN.....	4
3.1	IDEA Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	5
3.2	OBJETIVO GENERAL .....	6
3.3	OBJETIVO PARTICULAR .....	6
3.4	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	7
3.4.1	<i>Antecedentes del proyecto</i> .....	7
3.4.2	<i>Estado actual</i> .....	7
3.4.3	<i>Necesidad del negocio y definición del problema</i> .....	8
3.4.3.1	Beneficios del proyecto .....	9
3.4.4	<i>Alcance</i> .....	9
3.4.5	<i>Límites o fuera de alcance</i> .....	10
3.4.6	<i>Planificación del proyecto: Cronograma</i> .....	11
4	DESARROLLO DEL PROYECTO .....	12
4.1	RECONOCIMIENTO EMOCIONAL .....	12
4.1.1	<i>Bases funcionales y neurales del reconocimiento emocional</i> .....	13
4.1.2	<i>Antecedentes de software de reconocimiento emocional</i> .....	15
4.1.2.1	Emotient .....	17
4.1.2.2	Afectiva .....	17
4.1.2.3	EmoVu .....	17
4.1.2.4	Lector de cara por Noldus .....	17
4.1.3	<i>Concepto de Biometría</i> .....	18
4.2	DESARROLLO TÉCNICO.....	20
4.2.1	<i>Metodología</i> .....	20
4.2.1.1	Descripción general del sistema.....	20
4.2.1.2	Recursos utilizados.....	21
4.2.1.3	Técnica empleada.....	21
4.2.1.4	Video estímulo .....	22
4.2.1.5	Criterio de selección de los pacientes control .....	33
4.2.1.5.1	Criterios de inclusión .....	34
4.2.1.5.2	Criterios de exclusión .....	34
4.2.1.5.3	Aspectos éticos .....	34
4.2.1.6	Adquisición de la video respuesta.....	35
4.2.1.7	Almacenamiento y manejo de la información.....	37
4.2.1.8	Descripción técnica de la etapa de software del sistema .....	39
4.2.1.9	Funcionamiento de la aplicación de adquisición .....	40
4.2.1.10	Procesamiento de los datos recolectados .....	45
4.2.1.11	Análisis de las señales.....	48
4.2.1.12	Procesamiento de la información .....	50
4.2.2	<i>Resultados</i> .....	54
4.3	FACTIBILIDAD ECONÓMICA .....	68
5	CONCLUSIONES Y ANEXOS .....	69
5.1	CONCLUSIONES .....	69
5.2	ANEXO .....	71
6	BIBLIOGRAFÍAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74



---

## **1 RESUMEN DEL PROYECTO**

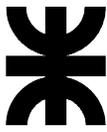
### **1.1 Resumen**

Dentro del ámbito de la salud, existe una especialidad dedicada al tratamiento de personas con autismo, también llamado Trastorno del Espectro Autista (TEA).

No se han encontrado referencias sobre algún dispositivo capaz de detectar reacciones faciales (registros de biodinámica facial) a estímulos auditivos y visuales en pacientes con TEA. Se estima que un procedimiento de este tipo sería de gran utilidad al profesional tratante para realizar un diagnóstico precoz en patologías de este tipo.

Este proyecto se desarrolla con el propósito de elaborar un dispositivo capaz de detectar reacciones a estímulos emocionales por medio de la medición de parámetros biométricos sobre el rostro del paciente. El sistema consiste en una etapa de hardware y un software desarrollado en plataforma libre. El hardware se utiliza de una cámara de video que toma la imagen del rostro del paciente mientras se somete a un estímulo visual, que puede desencadenar reacciones emocionales. La etapa de software, permite el análisis de las imágenes captadas, en busca de los patrones de movimiento que se reflejan en el rostro del paciente como resultado de su emotividad. Lo que se pretende es identificar valores métricos cuantitativos en formas de respuestas vectoriales que sirvan como indicadores del estado de empatía reflejado por la emocionalidad del paciente y por consiguiente sirvan de referente al médico especialista para la detección temprana de patologías como el síndrome de espectro autista (TEA).

Los resultados preliminares muestran que sí es posible la detección de las respuestas emocionales, basados en la biométrica en función del tiempo tomada entre puntos específicos en el rostro del paciente. Las pruebas de funcionamiento se realizaron sobre 15 pacientes. La respuesta vectorial biométrica presenta una marcada diferencia entre los cambios de estado emocional, destacando respuestas en el desplazamiento de los labios ante eventos de alegría y depresión de los ceños de las cejas para eventos de tristeza.



## **1.2 Summary**

Within the field of health, there is a specialty dedicated to the treatment of people with autism, also called Autism Spectrum Disorder A.S.D. (in spanish T.E.A.).

No references have been found about any device capable of detecting facial reactions (facial biodynamic records) to auditory and visual stimuli in patients with ASD. It is estimated that such a procedure would be very useful to the treating professional to make an early diagnosis in pathologies of this type.

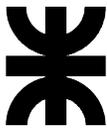
This project is developed to create a device capable of detecting reactions to emotional stimuli utilizing the measurement of biometric parameters on the patient's face. The system consists of a stage of hardware and software developed on a free platform. The hardware is used by a video camera that takes the image of the patient's face while undergoing visual stimulation, which can trigger emotional reactions. The software stage allows the analysis of the captured images, in search of the movement patterns that are reflected in the patient's face as a result of their emotionality. The aim is to identify quantitative metric values in forms of vector responses that serve as indicators of the state of empathy reflected by the patient's emotionality and therefore serve as a reference to the specialist doctor for the early detection of pathologies such as autism spectrum syndrome(A.S.D.).

Preliminary results show that it is possible to detect emotional responses, based on biometrics as a function of time taken between specific points on the patient's face. Functional tests were performed on 15 patients. The biometric vector response presents a marked difference between changes in an emotional state, highlighting responses in the movement of the lips to events of joy and depression of the eyebrows for sadness events.

## **2 PALABRAS CLAVES**

Biodinámica, T.E.A. (Trastorno del espectro autista), Biométrica, estímulos, estados emocionales, patrones de respuesta.

## **3 INTRODUCCIÓN**



### **3.1 Idea y Descripción del Proyecto**

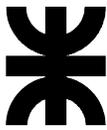
La idea surgió a partir de la utilidad que tendría poder registrar en personas con TEA, las reacciones faciales que se producirían cuando fueran presentados ante ellos, determinados estímulos visuales y auditivos con un nivel relativo de carga emocional. Sería de gran utilidad poder medir como cambian en el tiempo los valores biométricos que se generan con las alteraciones de las formas del rostro con cada estímulo visual, conocer cuál es la demora en producirse dichas reacciones a partir del momento en que el paciente visualiza el estímulo, y cuáles son las características faciales más afectadas con el tipo de estímulo que se presenta al paciente.

Posteriormente a medida que el proyecto avanza en su desarrollo, se hace evidente que el abanico de posibilidades que este sistema ofrece, es mucho más amplio que la sola aplicación a personas con TEA.

Los conceptos y el método que este proyecto brinda, podrían ser aplicados a cualquier persona con patologías de características cerebrales, ya sean de tipo orgánico o funcional, desde el estudio de estrés sintomático hasta para medir el nivel de recuperación de personas que han sufrido daño neurológico (como pacientes en recuperación de ACV).

Estas consideraciones escapan al alcance de este proyecto, el cual se centrará solamente en obtener conclusiones sobre estudios realizados en la detección de patrones indicadores solo sobre dos estados emocionales (alegría y tristeza). Estos dos únicos estados emocionales fueron tomados en cuenta dada su relación evidente con el entorno social y debido al material referencial que se encuentra sobre el tema.

El proyecto trata de un sistema de medición biométrica del rostro sobre las imágenes capturadas en un video continuo, con el propósito de detectar los cambios emocionales. Este proyecto constituiría una herramienta útil como ayuda para el diagnóstico de algunos trastornos que tienen origen en las redes neuronales del cerebro.



Como elemento introductorio se explica sucintamente su funcionamiento, el cual consiste en mostrar a una persona, un video que contiene determinados estímulos visuales, que tienden a producir algún tipo de reacción o respuesta emocional en dicha persona, mientras que una cámara de video que enfoca el rostro en sincronía con el video estímulo, va registrando las reacciones faciales que se producirían en el individuo.

Esta acción constituye una primera etapa de lo que denominamos el estudio. A continuación, le sigue la etapa del procesamiento digital del video grabado con el fin de obtener resultados.

Se realizaron múltiples ensayos individuales en personas voluntarias consideradas sanas, lo que nos permitió obtener un conjunto de resultados, que sirvió para poder establecer un promedio de respuestas. Asumimos luego, que este promedio viene a representar la respuesta típica o respuesta patrón para dicho tipo de población.

El sistema es altamente seguro ya que no es invasivo y no tiene contacto físico con el cuerpo humano.

### **3.2 Objetivo general**

Establecer patrones de reacciones biodinámicas del rostro ante la presencia programada de ciertos estímulos visuales de tendencia emocional.

### **3.3 Objetivo particular**

En particular, nuestro objetivo se centra en analizar exclusivamente las reacciones que se producirían debido a situaciones de alegría y tristeza.

Para este análisis se estudia qué zonas del rostro son mayormente proclives a mostrar una respuesta mensurable.



### **3.4 Justificación del proyecto**

#### **3.4.1 Antecedentes del proyecto**

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), por lo menos un 50% de las enfermedades mentales comienzan antes de los 14 años, y lo peor es que la mayoría de los casos no son detectados y/o tratados [1].

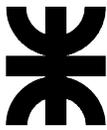
Cifras oficiales de la OMS para el 2001 revelan que 450 millones de personas en el mundo padecen de algún tipo de trastorno mental, que conducen por lo menos a 1 millón suicidios de personas que se consideraban sanas. La prevalencia global de trastornos mentales para el 2013 era de 17,6%, con el reporte mundial de síntomas psiquiátricos hasta del 29,2% durante el transcurso de la vida. Y lo alarmante de esta situación es el incremento desproporcionado de patologías cognitivas y conductuales que sufre nuestra sociedad con el pasar del tiempo [1] [2].

La falta de conocimiento sobre el funcionamiento del cerebro y la aplicación de técnicas poco probatorias del estado psicológico del paciente, dificultan enormemente la detección acertada de las enfermedades mentales. El diagnóstico psicológico lo realizan los médicos especialistas, principalmente observando las respuestas biodinámicas del rostro del paciente ante un test evaluador. El problema principal con las enfermedades mentales es que, en la mayoría de los casos, pasan desapercibidas en su fase inicial. Aun para la visión entrenada del especialista, es difícil distinguir una expresión natural de una fingida a la hora de evaluar el paciente.

Lo que se pretende es integrar en un solo estudio los parámetros que se obtienen de la medición de la biométrica del rostro, en un análisis correlativo con una señal patrón que refleje una aproximación a los estados emocionales, y represente los niveles de empatía del paciente ante los estímulos visuales que se le presenten.

#### **3.4.2 Estado actual**

Proyecto aprobado por el jurado.



### **3.4.3 Necesidad del negocio y definición del problema**

A los seres humanos nos resulta familiar definir la visión, como aquel sentido que nos permite percibir un aspecto fundamental del mundo que nos rodea, tan solo abriendo nuestros ojos. Al hacer esto, realizamos una acción involuntaria que se denomina “ver”.

La evolución ha permitido un alto nivel en el desarrollo de este sentido natural, tal vez porque desde el inicio de la vida, es el medio más utilizado para relacionarse con el medio que lo rodea. El sentido de la visión adquiere un énfasis aún más preponderante en los humanos, porque establece vínculos que lo relacionan con el entorno y en especial con las personas que lo rodean.

Uno de los aspectos más interesantes de la visión es la relación que hace el cerebro humano para distinguir las expresiones faciales. En este sentido, es evidente como el rostro humano tiene la capacidad de comunicar un sinnúmero de rasgos y características que, a su vez, pueden ser captadas por la visión de otros individuos y analizadas en el cerebro del que las percibe.

Culturalmente es fundamental determinar un nivel básico del estado emocional del individuo observado, solo por las formas que describe su rostro, ya que esto permite la interacción entre las personas que coexisten en la comunidad y por consiguiente la vida en sociedad.

Existen patologías cognitivas y emocionales, como el síndrome del espectro autista (TEA), que dificultan la interrelación del individuo con el entorno, porque no es capaz de percibir y mostrar el mismo nivel de emotividad del grupo social a su entorno, con lo cual genera un aislamiento personal que lo aparta de la comunidad y reduce sus condiciones de vida.

Hasta el presente, no hay sistema de visión más perfecto que el humano, y es probable que así lo sea por mucho tiempo más. Su complejidad es enorme y su funcionamiento aún guarda intrincados secretos. Sin embargo, este medio de percepción tiene sus límites, tanto en definición (el grado del detalle que se percibe) como en memorización de los resultados.

Esto limita a las personas para distinguir muchos de los aspectos emotivos que se pueden presentar en las expresiones fáciles, y en algunos casos, aún



cuando se detecten las patologías, es muy difícil para medir el nivel de afectación en el paciente, dado que la percepción es sugestiva del análisis que el médico cuando solo utiliza su visión.

La visión artificial es aquella que, a través de la tecnología, trata de emular o imitar a la visión humana, haciéndolo por medios electrónicos. La cámara realiza la función del ojo humano, la computadora cumple con las funciones de aprendizaje y procesamiento que haría el cerebro, y la memoria electrónica guarda los resultados de dicho aprendizaje.

La idea que se presenta en el desarrollo de este proyecto es realizar un análisis biométrico del rostro del paciente en cada nueva captación de la cámara, analizando las imágenes y comparando la información en la computadora con un patrón indicador de los estados emocionales del paciente. De esta manera, la visión artificial podría ser capaz de generar indicadores que le permitan al médico especialista establecer si el nivel emocional del paciente corresponde a los niveles comunes en una persona sana o si presenta algún tipo de afección patológica.

#### **3.4.3.1 Beneficios del proyecto**

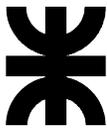
Para los usuarios (médicos, psicólogos, centros terapéuticos):  
Será una herramienta de ayuda para el diagnóstico, de bajo costo y fácil instalación, con soporte técnico local, adaptable a cualquier ambiente de trabajo, de manejo intuitivo y con resultados inmediatos para el análisis.

Para el IRB: además de la visión que detallamos en el punto correspondiente, la posibilidad de complementación de este proyecto con los estudios sobre autismo que está llevando a cabo el IRB en otras áreas.

Para los autores: posibilidad de desarrollo personal en esta área, tanto en materia de investigación como comercial.

#### **3.4.4 Alcance**

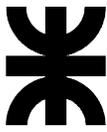
El alcance se centrará solamente en obtener conclusiones sobre estudios realizados en la detección de patrones indicadores solo sobre dos estados



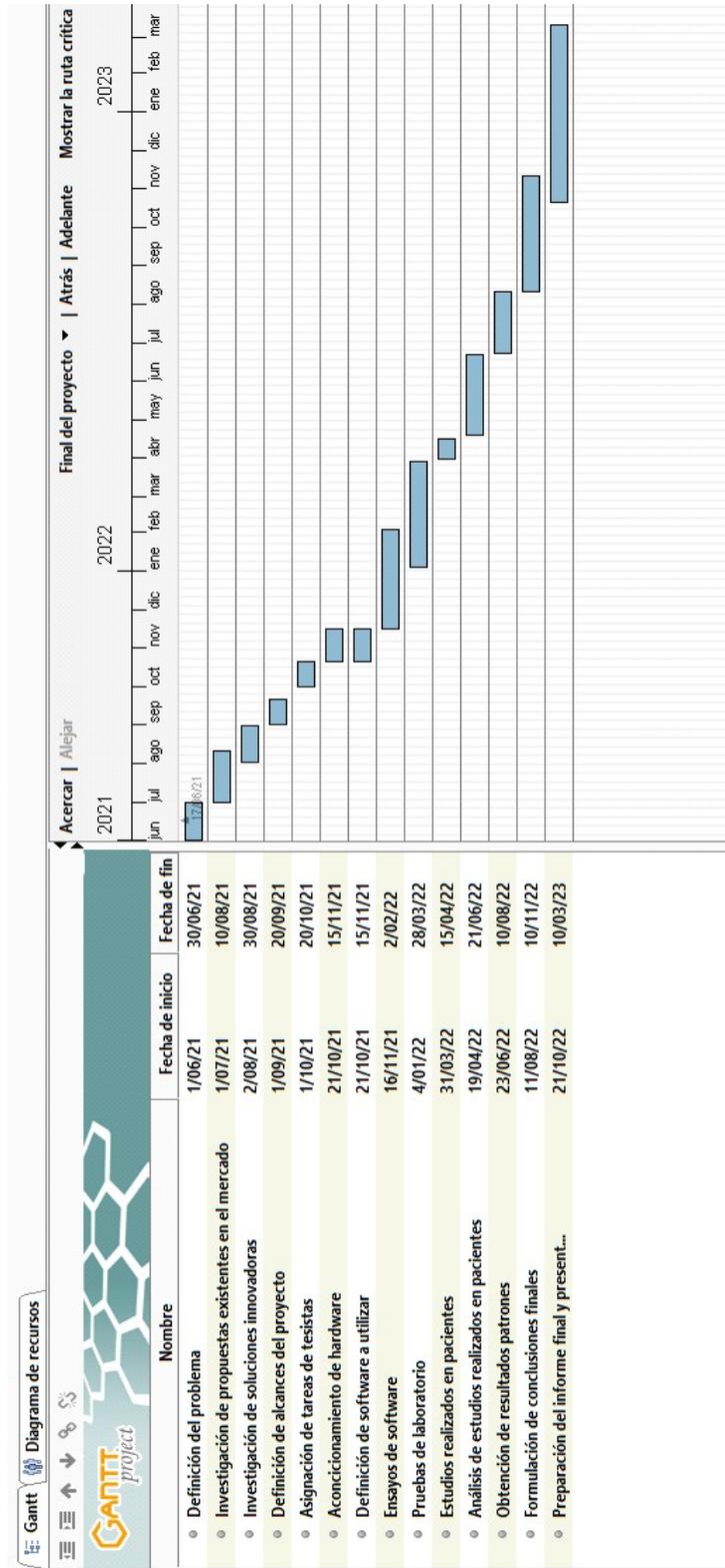
emocionales (alegría y tristeza). Estos dos únicos estados emocionales fueron tomados en cuenta dada su relación evidente con el entorno social y debido al material referencial que se encuentra sobre el tema.

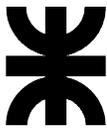
#### **3.4.5 Límites o fuera de alcance**

No se realizaron investigaciones sobre pacientes con algún tipo de trastornos previos, ni tampoco se analizaron otras emociones que no son las mencionadas en el alcance.



### 3.4.6 Planificación del proyecto: Cronograma



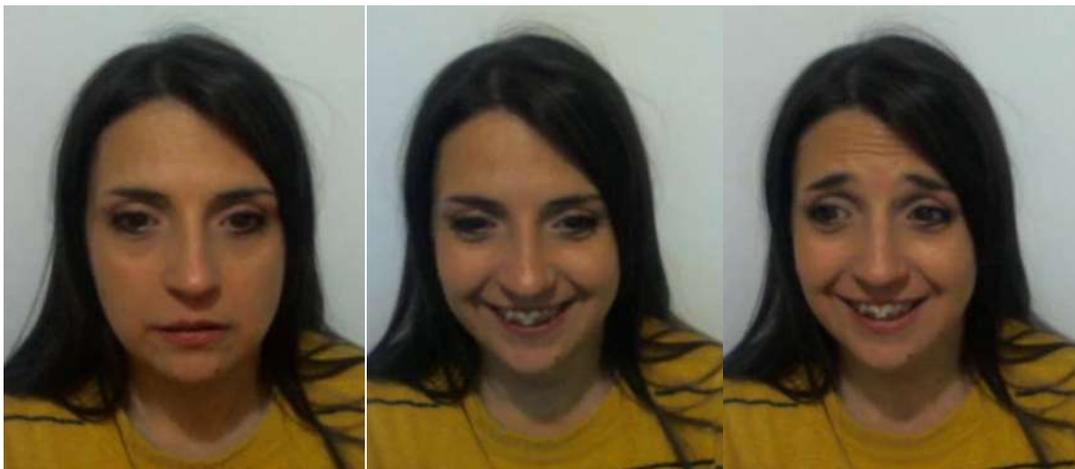


## 4 DESARROLLO DEL PROYECTO

### 4.1 Reconocimiento emocional

Ciertamente el rostro nos provee información relacionada con la identidad, pero a su vez se convierte en una ventana hacia el estado emocional de las personas. Las emociones desempeñan un rol fundamental para la experiencia, supervivencia y desarrollo humano [4], a través de ellas se conforma la personalidad [5]. El estudio de las emociones ha generado diversas teorías. Se reconoce que la teoría evolucionista plantea la hipótesis de la universalidad de la expresión facial de las emociones y de su carácter relevante para la supervivencia de los individuos. También plantea que existe un acuerdo en reconocer la importante función adaptativa que tienen las emociones en tanto ellas actúan como poderosos incentivadores y dinamizadores de la conducta.

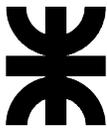
Además, es importante señalar la función social que desempeña la interpretación de las expresiones faciales. Según Bänziger, Grandjean & Scherer, el reconocimiento de emociones es un componente central de las competencias emocionales y es una base fundamental para la empatía y la habilidad de interpretar las reacciones de las personas y predecir las conductas resultantes [6]. La Fig. 2-1, muestra un paciente con diferentes reacciones emocionales.



(a)

(b)

(c)



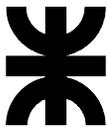
---

Fig. 2-1. Paciente control [3] con impresiones faciales que muestran diferentes emociones. (a) tristeza, (b) alegría, (c) sorpresa

Es notable el nivel de recursos neurológicos que el cerebro humano emplea para el reconocimiento de emociones solo con el empleo de la observación de los rasgos faciales. El reconocimiento de las emociones faciales, de acuerdo con Adolphs, se obtiene a través de tres estrategias complementarias. La primera es la percepción y depende de la activación de la corteza visual en respuesta a las características geométricas del rostro, lo que posibilita la vinculación del estímulo con la categoría específica de los rostros y a la vez detectar sus características elementales (edad, género, etc.). El segundo paso es el propio reconocimiento y depende del funcionamiento integrado de distintas áreas corticales. Este reconocimiento conlleva el análisis de los rasgos faciales que revelan emoción de manera más sobresaliente: los ojos y la boca. Es importante señalar que la información que se obtiene de la observación del rostro, se integra con datos provenientes de la memoria: experiencias pasadas o el conocimiento teórico de las emociones. Y el tercer mecanismo, que a través del cerebro logra identificar las emociones faciales, pues se produce una activación en las zonas de la corteza motora, lo que provoca un efecto de simulación o representación interna de las posturas observadas y genera el estado emocional que se cree correspondiente al observado. Estas estrategias que intervienen en el reconocimiento emocional, deben ser analizadas, como un continuo, siendo necesaria la actuación de todas para que se produzca este proceso. [4].

#### **4.1.1 Bases funcionales y neurales del reconocimiento emocional.**

La localización de las áreas cerebrales relacionadas con el proceso de reconocimiento facial de emociones ha conllevado la realización de experimentos y estudios clínicos. En este sentido se destacan las investigaciones de Adolphs, Damasio, Tranel y Damasio [8], quienes luego de estudiar a personas con lesiones en ambos hemisferios cerebrales encontraron que no existe deterioro en el procesamiento de expresiones faciales emocionales en los sujetos con lesiones únicamente en el hemisferio izquierdo, solo los daños en el hemisferio derecho se asocian a este deterioro.



Otro resultado importante de esta investigación es que la mayoría de los daños se localizan en dos regiones de la neocorteza derecha: el córtex parietal inferior derecho de la superficie lateral y la corteza infracalcarina anterior en la superficie mesial.

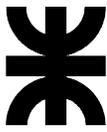
En posteriores estudios se señala la participación de las cortezas somatosensoriales en relación al reconocimiento de emociones, siendo necesaria para que el sujeto pueda generar una representación interna, que permitiría simular cómo otro puede sentirse al estar manifestando una determinada expresión emocional [8].

Mediante esta vía se ha probado que existen procesos cerebrales que se relacionan con el reconocimiento de emociones lateralizadas en el hemisferio derecho frente a rostros y en el hemisferio izquierdo ante palabras con contenido emocional.

El empleo del ERP (potenciales evocados o potenciales relacionados con eventos) según Bentin, Allison, Puce, Perez, y McCarthy [9], ha permitido la descripción del curso temporal que sigue el procesamiento de rostros, de esta forma se ha encontrado que el componente más pronunciado de eventos relacionados a rostros corresponde a una polaridad negativa que se da en torno a los 170 ms después de la presentación del estímulo, o N170. En este sentido se señala además que a través de paradigmas experimentales que utilizan como estímulos la presentación de rostros expresando estados emocionales, se han reportado cambios en la actividad cerebral a los 100 ms y a los 250-500 ms después de la presentación de un estímulo.

De acuerdo con Fernández, Dufey y Mourguez [10], estudios realizados han permitido concluir que el procesamiento de la expresión emocional precede al reconocimiento facial, esto deviene como resultado de investigaciones que demostraron la presencia de componentes más tempranos que el N170 que se dan a los 140-170, 120, e incluso a los 85 ms posteriores a la presentación del estímulo y que, además, son sensibles a la expresión emocional.

Se reconoce a través de exploraciones realizadas a pacientes con lesión cerebral, que la corteza orbitofrontal, la amígdala y el lóbulo temporal intervienen en el reconocimiento de las emociones. En un estudio realizado a pacientes con prosopagnosia por Duchaine, Parker & Nakayama [11], se encontró posterior a la



aplicación de seis test, problemas en el reconocimiento de la identidad facial, mientras que el reconocimiento de emociones en las pruebas aplicadas resultó normal.

Muchos autores han discutido de la participación de la amígdala en el proceso emocional. La utilización de la resonancia magnética funcional ha revelado una activación considerable en la amígdala en respuesta a los rostros que expresan alegría y miedo. Sin embargo, los resultados de algunos estudios no son consistentes con esta noción, Wilson y Keil [12], plantean que el reconocimiento de las emociones, incluidas el miedo, puede ocurrir incluso en ausencia de la amígdala y además las neuronas en la amígdala humana responden a las expresiones faciales particulares, pero exclusivamente a las expresiones de miedo (Fig. 2-2.)

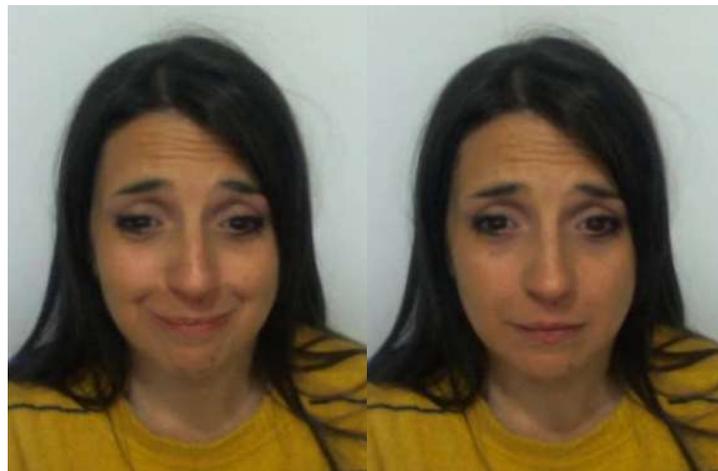
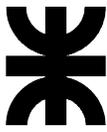


Fig. 2-2. Expresiones faciales de miedo

#### **4.1.2 Antecedentes de software de reconocimiento emocional**

Hay una gran cantidad de software accesible de APP en línea que es paralelo a la capacidad humana para discernir gestos emotivos. Estas APP impulsadas por algoritmos utilizan la detección facial y el análisis semántico para interpretar el estado de ánimo de las fotos, los videos, el texto y el habla. En este trabajo de investigación se han explorado diversos software empleados en reconocimiento de emociones. Cabe destacar que, en el acopio de información realizada no se encontró documentación sobre el empleo de alguno de estos



---

algoritmos en el análisis de la biométrica del rostro relacionado con las distintas patologías derivadas de los estados emocionales (Tema propuesto como objetivo de esta investigación).

El interés por la detección visual se está expandiendo enormemente. Se estima que el mercado global de reconocimiento facial crecerá de 2,77 billones de U\$S en 2015 a 6,19 billones de U\$S en 2020. El reconocimiento de emociones lleva la mera detección / reconocimiento facial un paso más allá, y sus casos de aplicación médica son de gran importancia para los especialistas.

Un caso de uso obvio es dentro de las pruebas grupales. La respuesta del usuario a los videojuegos, comerciales, o productos puede probarse a mayor escala, con grandes datos acumulados automáticamente y, por lo tanto, de manera más eficiente.

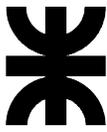
Bentley utilizó el reconocimiento de expresiones faciales en una campaña de mercadotecnia para sugerir modelos de automóviles basados en respuestas emotivas a ciertos estímulos.

También se ha sugerido la tecnología que revela sus sentimientos para detectar a los estudiantes con dificultades en un entorno de aula, o ayudar a los autistas a interactuar mejor con los demás.

Algunos casos de uso incluyen:

- Ayudando a medir mejor la clasificación de TV.
- Agregar otra capa de seguridad a la seguridad en centros comerciales, aeropuertos, estadios deportivos y otros lugares públicos para detectar intenciones maliciosas.
- Wearables (wearables son conjuntos de dispositivos electrónicos que se incorporan en alguna parte de nuestro cuerpo, interactuando de forma continua con el usuario y con otros dispositivos) que ayudan a los autistas a discernir la emoción.
- Visualizar compras virtuales creando nuevas experiencias de realidad virtual.

Los algoritmos comerciales de visión por computadora utilizan detección facial, seguimiento de los ojos y señales específicas de alteraciones en el rostro,



para determinar el estado de ánimo de un sujeto. Hay muchas APP que escanean una imagen o video para detectar rostros, pero estos hacen un esfuerzo adicional para mostrar un estado emotivo. Son ejemplos de estos tipos de software, entre muchos otros [13]:

#### **4.1.2.1 Emotient**

Emotient es ideal para una campaña publicitaria que quiere rastrear la atención, el compromiso y el sentimiento de los espectadores.

#### **4.1.2.2 Afectiva**

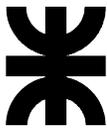
Con 3.289.274 caras analizadas hasta la fecha, Afectiva es otra solución para la detección de compromiso de escala masiva. Ofrecen SDK y APP para desarrolladores de dispositivos móviles y proporcionan buenos análisis visuales para rastrear expresiones a lo largo del tiempo. Visite su demostración de prueba para graficar puntos de datos en respuesta a la visualización de varios anuncios. Este software es muy costosa su licencia.

#### **4.1.2.3 EmoVu**

Producido por Eyeris, los productos de detección facial EmoVu incorporan aprendizaje automático y detección de microexpresión que permiten a una agencia medir con precisión el compromiso emocional y la eficacia de su contenido en su público objetivo. Con SDK (de sus siglas en inglés software development kit) de escritorio, SDK móvil y APP (del inglés application) para control de grano fino, EmoVu ofrece un amplio soporte de plataforma, que incluye muchas características de seguimiento, como posición de la cabeza, inclinación, seguimiento de ojos, ojo abierto / cerrado y más. Ofrecen una demostración gratuita con creación de cuenta.

#### **4.1.2.4 Lector de cara por Noldus**

Utilizado en el ámbito académico, la APP de Face Reader de Noldus se basa en el aprendizaje automático, aprovechando una base de datos de 10.000 imágenes de expresión facial. La APP utiliza 500 puntos faciales clave para

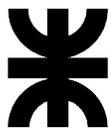


---

analizar 6 expresiones faciales básicas, así como neutral y desprecio. Face Reader también detecta la dirección de la mirada y la orientación de la cabeza. Noldus parece tener una gran cantidad de investigaciones respaldando su software.

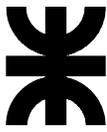
#### **4.1.3 Concepto de Biometría**

Todos los seres humanos tenemos características morfológicas únicas que nos diferencian. La forma de la cara, la geometría de partes de nuestro cuerpo como las manos, nuestros ojos, rostro y tal vez la más conocida, la huella digital, son algunos rasgos que nos diferencian del resto de seres humanos. El concepto biometría proviene de las palabras bio (vida) y metría (medida), por lo tanto con ello se infiere que todo equipo biométrico mide e identifica alguna característica propia de la persona. La Fig. 2-3, muestra la ubicación de los puntos que caracterizan las distintas morfologías del rostro.



La Fig. 2-3. Distintas morfologías

La biometría es el conjunto de características fisiológicas y de comportamiento que pueden ser utilizadas para verificar la identidad del individuo, lo cual incluye huellas digitales, reconocimiento del iris, geometría de la mano, reconocimiento visual y otras técnicas. La medición biométrica se ha venido estudiando desde tiempo atrás y es considerada en la actualidad como el método ideal de identificación humana.



## **4.2 Desarrollo técnico**

### **4.2.1 Metodología**

Captar la emocionalidad de un individuo solo con la observación de su rostro es un tema abstracto que el cerebro humano interpreta muy a menudo. Pareciera simple, dado que cada persona lo hace muy cotidianamente con sus semejantes, pero es evidente lo complicado que es identificar y relacionar cada expresión facial y luego relacionarlo con el estado anímico y emocional que representa. Se hace aún más complicado cuando el objetivo que se persigue es detectar patrones que les permita a los médicos identificar anomalías neurológicas y patologías cognitivas.

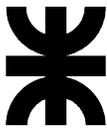
Este capítulo está destinado a describir el funcionamiento del sistema desarrollado, con el propósito de lograr los objetivos propuestos. En el contenido de este capítulo se describen las técnicas implementadas y los recursos utilizados en cada una de las partes que componen el proyecto.

#### **4.2.1.1 Descripción general del sistema**

Para la detección de patrones indicadores de patologías, por medio de la biométrica del rostro se pretende identificar el estado emocional del paciente en presencia de un medio controlado identificado como estímulo emocional. La hipótesis predice que, si la respuesta emocional no corresponde a los niveles normalizados por los médicos especialistas, entonces se define una posible relación con alguna afección patológica.

Dado que son muchos los tipos de emociones involucrados con las relaciones psicosomáticas cognitivas y las posibles afecciones neurológicas, este proyecto solo se delimitó al estudio de solo dos estados emocionales: alegría y tristeza.

El problema se centra en establecer los patrones de identificación del estado emocional. Para esto, se diseñó un experimento con la asistencia de médicos expertos especialistas en el tema, donde se analizaron las respuestas emocionales de un grupo significativo de pacientes control. La idea es identificar



---

los patrones biométricos más relevantes en cada uno de los estados emocionales en estudio.

El producto final de este desarrollo identifica el estado emocional, empleando procedimientos de análisis matemático que compara los patrones encontrados a partir de las experiencias con las señales biométricas de cualquier persona que se someta al estudio.

#### **4.2.1.2 Recursos utilizados**

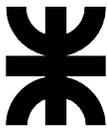
Para llevar a cabo los estudios relacionados a este proyecto, son necesarios:

- Un ambiente físico acondicionado para tal fin. La toma de datos se realizó dentro de las instalaciones del laboratorio del IRB (UTN-FRM).
- Mobiliario:
  - Mesa, silla.
  - Pantalla para proyección (opcional).
- Hardware:
  - Computadora.
  - Televisor LED 42" donde será reproducido el video estímulo.
  - Cámara de video.
  - Parlantes.
- Software para la toma de datos y posterior procesamiento de dicha información, realizado sobre plataforma libre GNU-Linux [3.1],

#### **4.2.1.3 Técnica empleada**

Para relacionar las mediciones derivadas de la biométrica del rostro con el estado emocional del paciente, se diseñó un experimento donde se le presenta al paciente un video que sirve de estímulo emocional mientras se toma el video enfocado sobre su rostro. La idea es medir la biométrica en el tiempo con respecto a los diferentes segmentos contenidos en el video.

El protocolo experimental implementado fue diseñado con ayuda de un médico neurólogo, con el propósito de establecer marcadores claros en los intervalos de tiempo, donde se puedan identificar los patrones que identifiquen los estados emocionales del paciente en estudio. Para simplificar la experiencia se



redujo el proceso de análisis a la detección solo de dos patrones emocionales: alegría y tristeza. La Fig. 3-1, presenta una descripción sintetizada del proceso que se desarrolla en el sistema.

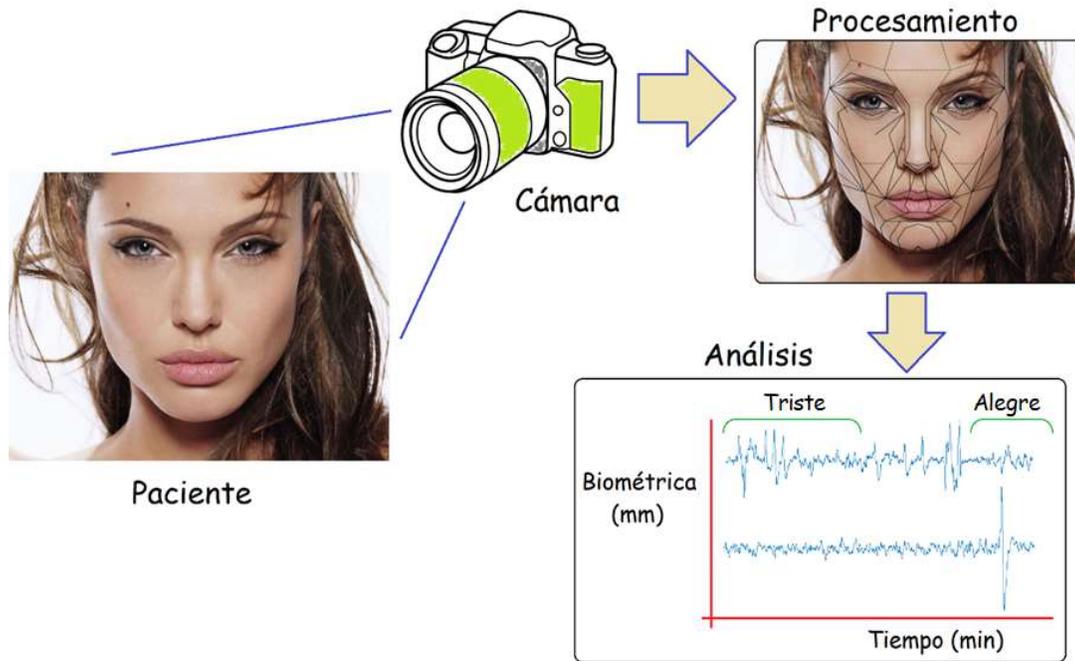


Fig. 3-1. Descripción sintetizada del funcionamiento del sistema.

#### **4.2.1.4 Video estímulo**

El video estímulo consiste en una película, cuya duración es de 187 segundos. La película contiene una secuencia de 8 segmentos cortos independientes, que no guardan ninguna relación unos con otros. El objetivo individual de cada segmento es presentar un estímulo emocional diferente a la persona que lo está viendo.

La Tabla 3.1, presenta el protocolo implementado en el video presentado en el experimento, para todos los pacientes control. La película alterna segmentos que producirían alegría con segmentos que generarían tristeza y viceversa. Algunos videos terminan e inmediatamente comienza el siguiente, en otros casos se hace una pausa activa entre los videos mostrando una serie de imágenes dinámicas no biológicas que denominamos imágenes neutras, siendo así llamadas porque éstas no debieran aportar estímulos emocionales adicionales.

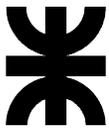
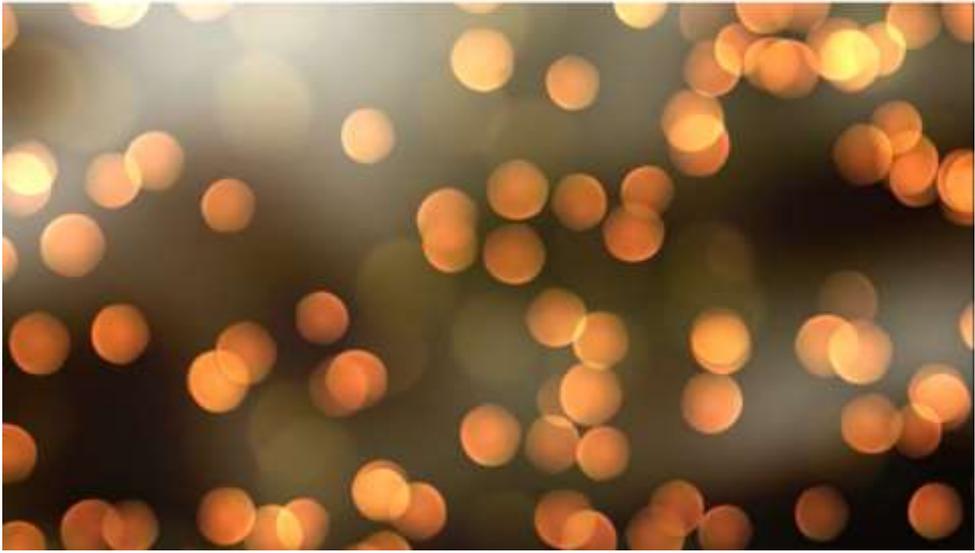
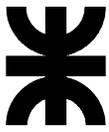


Tabla 3.1. Protocolo implementado en el video presentado en el experimento.

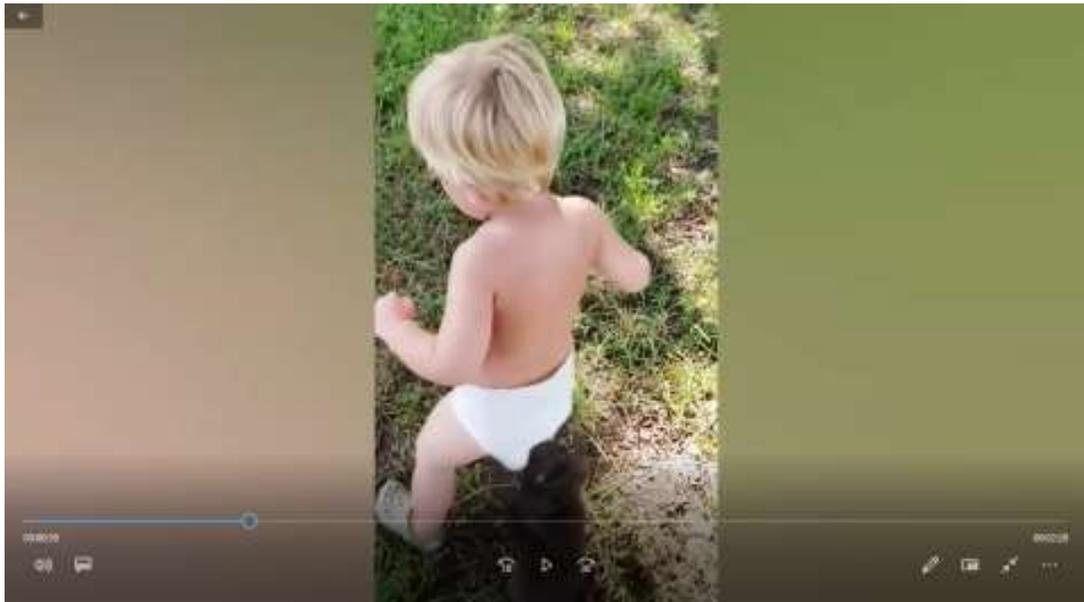
Actividad	Tiempo		Fotogram a Inicial	Estímulo del segmento
	Inicio [seg]	Fin [seg]		
Inicio del video	0	20,00	1	Neutro
				
Video Motivacional 1				
Un perro choca contra la cámara	20,10	30,00	600	Alegría
Momento clave de gran estímulo	29,27		886	



Video Motivacional 2				
La niña nunca termina de caer en la pileta	30,01	35,19	909	Alegría
Momento clave de gran estímulo	29,27		1060	



Video Motivacional 3				
Un niño con un cachorro a cuestas	36,27	42,04	1087	Alegría



Intervalo relajante

42,05

62,06

1260

Neutro



Video Motivacional 4

Joven despide a su mascota

62,07

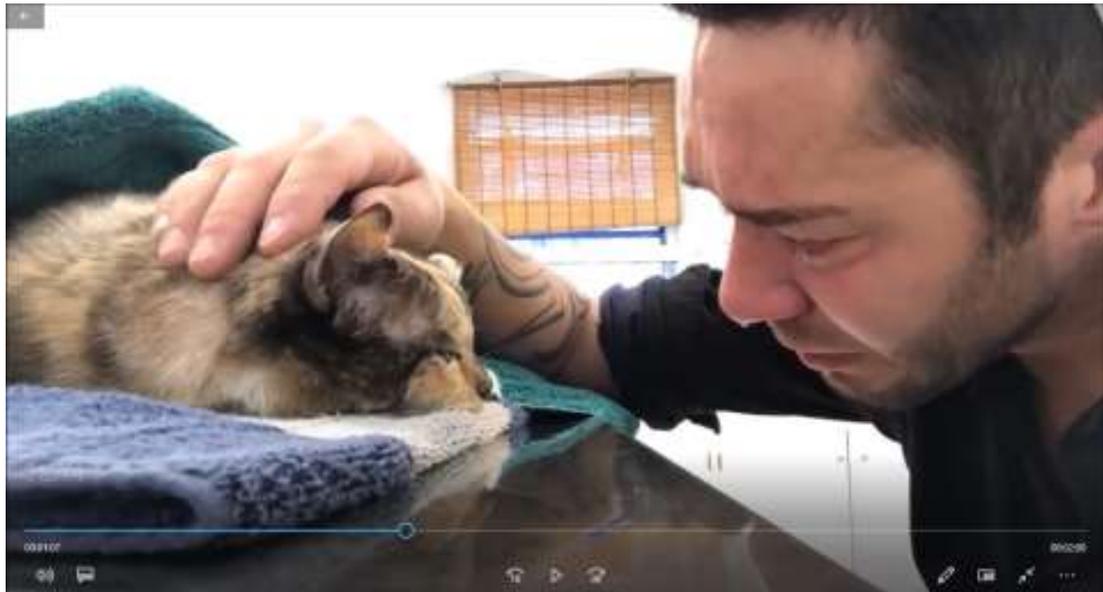
82,08

1860

Tristeza



*BIODINÁMICA EMOCIONAL-BE*



Intervalo relajante

82,09

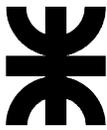
102,10

2460

Neutro

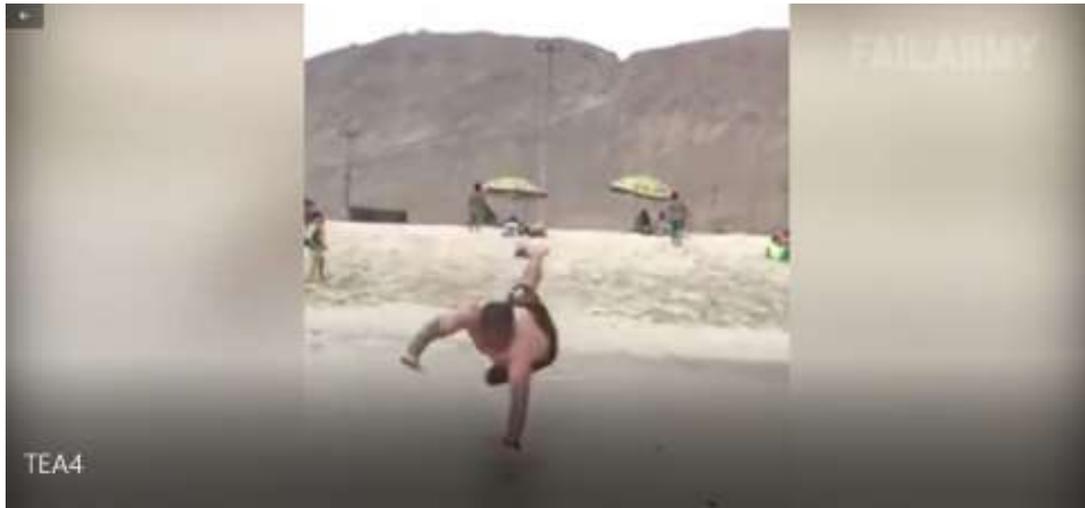


--	--	--	--	--



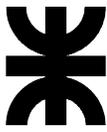
**BIODINÁMICA EMOCIONAL-BE**

Video Motivacional 5	102,11	111,87	3060	Alegría
Hombre que no midió la profundidad.				
Momento clave de estímulo elevado.	106,94			



Video Motivacional 6	111,88	116,38	3353	Para captar atención
Parte 1: Salto de esquiador experto				





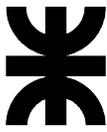
**BIODINÁMICA EMOCIONAL-BE**

Parte 2: Salto de esquiador inexperto	116,39	120,35	3488	Alegría
Momento clave de estímulo elevado	119,22		3560	



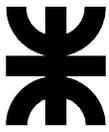
Video Motivacional 7 Parte 1: Experto en artes marciales	120,36	123,28	3607	Para captar atención
---	--------	--------	------	----------------------





*BIODINÁMICA EMOCIONAL-BE*

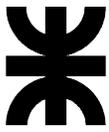
Parte 2: Joven principiante se golpea.	123,29	126,86	3695	Alegría
Momento clave de estímulo elevado	124,72		3738	
				
Intervalo	126,87	146,88	3802	Neutro



Video Motivacional 8				
Joven llora a su perro	146,89	167,73	4402	Tristeza
Momento clave de estímulo elevado	152,71		4660	
Momento clave de estímulo elevado	161,80		4830	

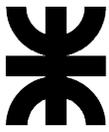


Intervalo final	167,74	183,07	5027	Neutro
-----------------	--------	--------	------	--------



*BIODINÁMICA EMOCIONAL-BE*





Como lo indica la Tabla 3.1, el video estímulo comienza con un segmento neutro de 20 segundos de duración, que tiene el fin de captando la atención del espectador que será necesaria en los próximos segmentos.

A continuación, se presentan 3 segmentos motivacionales uno a continuación del otro, un perro impactando contra la cámara que lo filma, una niña intentando zambullirse en una pileta, y un pequeño niño atrapado por un cachorro que se cuelga de su pañal. Esta secuencia tiene por objetivo, video a video, ir logrando un paulatino incremento en el estado de alegría de la persona.

Luego, un intervalo neutro de 20 segundos tenderá a relajar a la persona, mientras espera la llegada del cuarto segmento o video motivacional. Este cuarto segmento, con una duración de 20 segundos, es claramente un video que transmite tristeza, dada la empatía que el espectador experimenta con el joven que está despidiendo a su mascota.

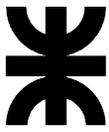
Posteriormente, corresponde un nuevo intervalo neutro con el consabido objetivo de relajar el estado anímico del espectador.

La secuencia de los segmentos 5, 6 y 7, son todos definidos como videos motivacionales, donde el estímulo de alegría se presenta por el contraste que se presenta. La característica de contraste se hace más relevante en los videos 6 y 7. En estos videos el efecto de estímulo se realiza en dos etapas: la primera parte, para preparar al espectador por el fenómeno que se realiza y la segunda parte para crear la motivación de alegría por el efecto de contraste. En el segmento 6 presenta un experto esquiador realizando un salto perfecto y en la segunda parte, se muestra un improvisado esquiador cuyo final de salto no es el que hubiera querido tener. En la primera parte del video 7, se muestra un avezado en artes marciales manejando con gran destreza un bastón, mientras que en la segunda parte un principiante dirige un golpe a sí mismo con un bastón similar.

Posteriormente y luego de un intervalo neutro de 20 segundos de video neutro, muestra un nuevo video con tendencia a generar tristeza, en el cual una joven llora a su perro quizás muy enfermo.

La última etapa presenta un segmento neutro de 17 segundos, que se utiliza para relajar el espectador y finalizar la secuencia.

Para identificar los efectos en el análisis posterior, se realiza un marcaje de fotogramas donde comienzan y donde terminan cada uno de los segmentos en el



video. Esta numeración tiene una correlación directa con los fotogramas del video grabado del rostro, y se utilizará en el análisis de la información recopilada.

En la tabla 1, también se identifican los momentos clave, que son marcados según su posición en el tiempo y por su correspondiente número de fotograma en el que ocurren en el video estímulo. Según los expertos en psicología, estos momentos clave indican los instantes en que el video muestra los intervalos que pueden generar mayor emocionalidad. Este marcaje permite identificar las reacciones espontáneas más significativas en el espectador, de acuerdo al estímulo emocional que se le presenta.

Los segmentos identificados en la tabla como intervalos o segmentos neutros, solo muestra el movimiento aleatorizado de partículas esféricas de varios colores sobre fondos oscuros, sin características biológicas, cuyo objetivo es hacer una pausa activa entre segmentos relevantes sin producir tendencias emocionales.

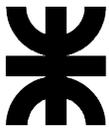
#### **4.2.1.5 Criterio de selección de los pacientes control**

Las personas simplemente son invitadas a participar de manera voluntaria, recibiendo como única retribución, nuestro entero agradecimiento a su disposición por parte de todos los que llevamos adelante este proyecto.

Como aliciente, la mayoría de las personas que han participado como pacientes control, manifiestan la satisfacción de haber contribuido con su participación en una experiencia de investigación que, en un futuro cercano, podría generar un producto de connotaciones significativas en el área de la salud.

De las personas voluntarias que manifiestan su deseo de participar, son seleccionadas como pacientes control aquellas que califican dentro de los parámetros de salud mínimos exigidos para los estudios a realizar. Para esto, cada voluntario es sometido a un examen médico previo al experimento, con el propósito de verificar su estado de salud neurológica y psicológica. Este examen es realizado por el médico neurólogo, para constatar la homogeneidad emocional del grupo control.

El criterio médico de selección de personas que puedan figurar como pacientes control en la presente investigación, está basado en la experiencia profesional del galeno especialista. La idea es obtener respuestas que sirvan como



patrones de comparación para la identificación de emocionalidad a otras personas.(Ref 222)

Es importante la participación de voluntarios de diferentes edades, sexos, razas y grupos étnicos, para que los resultados obtenidos tengan una mayor aplicabilidad y sean extrapolables a la población general. Las características predominantes del grupo control son:

#### **4.2.1.5.1 Criterios de inclusión**

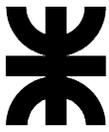
- 1) Sexo: Ambos.
- 2) Edad: de 18 a 65 años.
- 3) Grupo étnico: todos.
- 4) Historia clínica: ausencia de enfermedad relevante para este estudio.
- 5) Exploración física normal.
- 6) Capacidad para comprender la información sobre el ensayo.
- 7) Consentimiento informado por escrito.

#### **4.2.1.5.2 Criterios de exclusión**

- 1) Antecedentes de enfermedades psicosomáticas y/o neurológicas relevantes para este estudio.
- 2) Abuso de alcohol o drogas.
- 3) Dificultad para colaborar.
- 4) Cualquier condición que pudiera suponer un aumento del riesgo o dificultar la interpretación de los resultados.

#### **4.2.1.5.3 Aspectos éticos**

En la actualidad la disciplina del ensayo clínico está bien regularizada a nivel mundial. La normativa y legislación va orientada a garantizar la máxima seguridad del sujeto de ensayo, transparencia y agilidad para consolidar lo que se considera una de las facetas principales de los avances en Medicina. En cumplimiento con la reglamentación vigente, tanto a nivel nacional como internacional, se tomaron en cuenta los siguientes criterios:



- 1) La libertad de los sujetos para escoger y por tanto de la necesidad de un consentimiento informado, habiendo recibido previamente la información necesaria para la toma de la decisión.
- 2) El fin del estudio debe ser obtener un beneficio para la población, sin causar daño o lesión tanto al nivel físico como mental al sujeto del estudio.
- 3) El sujeto siempre tendrá la libertad de abandonar el ensayo cuando quiera.
- 4) Debe ser dirigido por personal cualificado y si hay riesgo para los sujetos, el estudio se interrumpirá.

Tomando en cuenta estos criterios, se redactó un documento de “consentimiento informado” que es leído y firmado por los voluntarios que califican como pacientes control. Así mismo, también es firmado por el médico neurólogo que conduce las experticias médicas (ver Apéndice 1, formato de consentimiento informado implementado en esta investigación).

#### **4.2.1.6 Adquisición de la video respuesta**

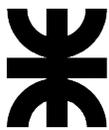
La video respuesta se adquiere sobre el rostro del paciente mientras experimenta el video estímulo. Las pruebas se realizaron en horas nocturnas y con iluminación artificial del ambiente, con la finalidad de evitar las interferencias que puedan ocasionar los cambios de iluminación natural durante el día. Se realizó una luxometría a la altura de los ojos del paciente, para conocer la cantidad de luz emitida por los estímulos respectivos, resultando en 7 Lux para los segmentos neutros y aproximadamente 12 Lum (+/- 5%) para los segmentos de felicidad y tristeza. Las Figura 3-2, muestran uno de los pacientes control realizando el experimento.



Fig. 3-2. Uno de los pacientes control realizando el experimento.

Para cada una de las adquisiciones, se ubica el monitor de proyección del video estímulo sobre una mesa, a una altura promedio que ubica la mayoría de los espectadores con su mirada al centro de la pantalla. La silla donde se ubica al paciente, se coloca de modo que su rostro quede a una distancia aproximada de 1 m del monitor.

La cámara empleada para la adquisición de la video respuesta se mantiene fija justo a la altura del borde superior del monitor, donde no causa interferencia con el estímulo y con enfoque predominante sobre el rostro del espectador. Para la grabación del video de respuesta del paciente se utilizó una cámara comercial tipo webcam, marca Logitech, modelo HD 720 p Autofocus. Los cuadros por segundo de grabación (fps: frames per second) fueron definidos por software en 30 fps, con la intención de sincronizar la grabación con el video estímulo. El video con las respuestas del paciente se almacena en un archivo con formato AVI [3.2]. Detrás de la persona voluntaria se coloca un fondo liso, claro y unicolor, para disminuir las interferencias con el análisis del rostro.



La persona se deja sola en el lugar, manteniendo el ambiente silencioso y con mínimo de elementos que puedan generar distracciones que puedan desviar su atención durante el tiempo que dura el video estímulo.

Una vez ubicada la persona en el lugar, además de revisar que todos los aspectos anteriores se encuentren en orden, se calibra la cámara y se regula el volumen de los parlantes. Antes de iniciar el experimento se recomienda al voluntario, que trate de mantener su cuerpo relajado, sus ojos abiertos con parpadeo normal, manteniendo su mirada fija sobre el monitor donde será reproducido el video estímulo.

Posteriormente el operador del sistema da inicio a la reproducción del video estímulo, donde también se inicia automáticamente la grabación de las imágenes del rostro de la persona. Luego de unos minutos el video estímulo y la grabación finalizan, quedando concluido el registro de la video respuesta con las imágenes de las reacciones del rostro para su posterior procesamiento.

#### **4.2.1.7 Almacenamiento y manejo de la información**

Para el almacenamiento de la información, se creó una base de datos diseñada para que funcione como historia médica electrónica (HME). Esta base de datos, permite relacionar el paciente que se somete al estudio con cada una de las adquisiciones que se realicen. El software del sistema genera varios archivos de datos en la computadora, donde se almacenan los datos personales del paciente, los datos del médico tratante, y los antecedentes. Luego se crea un vínculo que identifica cada estudio exclusivamente con el paciente en estudio. Por último, predispone las herramientas de procesamiento de la información con el propósito de analizar las señales vinculadas a las respuestas emocionales del paciente.

La recolección de datos, el procesamiento y análisis de la información recolectada se realiza totalmente en software libre, con el propósito de reducir costos en los trámites de licencias.

El software de aplicación para el proyecto, fue desarrollado sobre la plataforma GNU-Linux, distribución Ubuntu [3.3], utilizando para su programación el lenguaje Python 3.7 [3.4], por la gran cantidad de paquetes asociados, estos son bibliotecas o librerías [3.5] y herramientas de gestión de tablas y matrices de datos



que se pudieron emplear a tal efecto, además del machine learning [3.6], data sets y computer-vision.

Las librerías utilizadas en este software son:

-Tkinter: Interfaz de Python para crear ventanas o interfaces de usuario [3.9].

-Opencv: Librería libre de visión artificial originalmente desarrollada por Intel Corporation [3.10], para capturar imágenes desde un dispositivo, editarlas, dibujar sobre ellas y guardarlas [3.11].

-Dlib: Librería que se utiliza para ubicar los puntos del rostro que son útiles a la investigación, donde se obtienen las coordenadas de dichos puntos dentro de la cara para poder ser posteriormente dibujados [3.12].

-Matplotlib: Librería para dibujar gráficos a partir de matrices de datos [3.13].

La arquitectura de diseño del software es MVC (modelo, vista, controlador).

Los modelos son los que proponen las estructuras de datos, así como las estructuras de las tablas en la base de datos.

Los controladores son los que se encargan de la lógica de datos, primero para la captura de imágenes y posteriormente para su procesamiento.

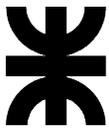
Las vistas son las encargadas de la lógica de la interfaz gráfica de usuario, denominada GUI según sus siglas en inglés (graphical user interface).

Para el desarrollo de los programas, se utilizó Docker [3.14] como contenedor de software, empleando la base de datos MongoDB [3.15], y de estas maneras poder independizar la arquitectura, del sistema operativo donde esté corriendo.

El paquete Dlib, utiliza un archivo de detección pre-entrenado con machine learning para detectar rostros humanos dentro del marco de una imagen integral, donde a su vez este archivo puede ser perfeccionado con el uso de la aplicación para que la detección sea más precisa, o sea que evoluciona con el constante entrenamiento.

La detección de un rostro implica determinar 68 puntos de la cara, los cuales están indexados y siempre siguen el mismo orden.

Las mediciones son tomadas a partir de los gestos o vectores que el médico encargado del estudio selecciona en el programa aplicativo del software. Un gesto o



vector se define como la línea que une dos puntos de la cara. Luego en cualquier fotograma de estudio, el módulo del gesto o vector será la distancia que hay entre esos dos puntos.

A lo largo del video, la dinámica de un gesto, es representada por un gráfico que muestra las variaciones del módulo del gesto.

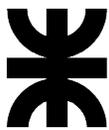
Suele suceder que las gráficas que dibujan esta evolución de la biométrica del rostro, sufren una perturbación por ruido que tiende a alterar los valores útiles de los gestos. Esta perturbación se debe a los desenfoques momentáneos que experimenta la cámara como consecuencia de los movimientos que realiza el paciente, a las condiciones lumínicas inadecuadas del ambiente, o al poco entrenamiento del archivo de detección. Para mitigar esta falencia la función módulo del gesto dependiente del tiempo, se suaviza matemáticamente, eliminando máximos o mínimos exagerados, logrando así una curva continua, que refleja mejor los hechos capturados.

Entre las diversas rutinas de la aplicación, las secciones de Alta-Baja-Modificaciones (ABM) de datos, se administran y gestionan los pacientes, los médicos y los gestos que se van a utilizar a la hora de realizar un estudio. Son requisitos previos a los estudios, tener completos todos los datos requeridos por estas pantallas mencionadas, porque estas bases de datos son necesarias para la identificación inequívoca de los estudios que comienzan luego con la captura de imágenes.

La pantalla del menú principal, deriva al usuario de la aplicación a la acción que este desee realizar. La pantalla denominada Captura, da inicio al proceso de captación de datos para el estudio, mientras que la pantalla Estudios realiza el proceso de análisis de los datos nuevos capturados o bien puede mostrar estudios realizados anteriormente.

#### **4.2.1.8 Descripción técnica de la etapa de software del sistema**

La etapa de software se desarrolló en dos partes que funcionan en complemento sobre el mismo sistema. La primera parte consiste en el diseño de una aplicación que permite coordinar el experimento y almacenar la señal captada. La segunda parte del software del sistema, está formada por los algoritmos estructurados para realizar el procesamiento de la información adquirida.



#### 4.2.1.9 Funcionamiento de la aplicación de adquisición

El programa se inicia desplegando un Menú Principal. En la Fig. 3-3, se muestra la ventana del menú principal. En esta pantalla se encuentran una serie de botones identificados como: ABM de pacientes, ABM de médicos, ABM de gestos a medir, Nuevo Estudio e Historial.

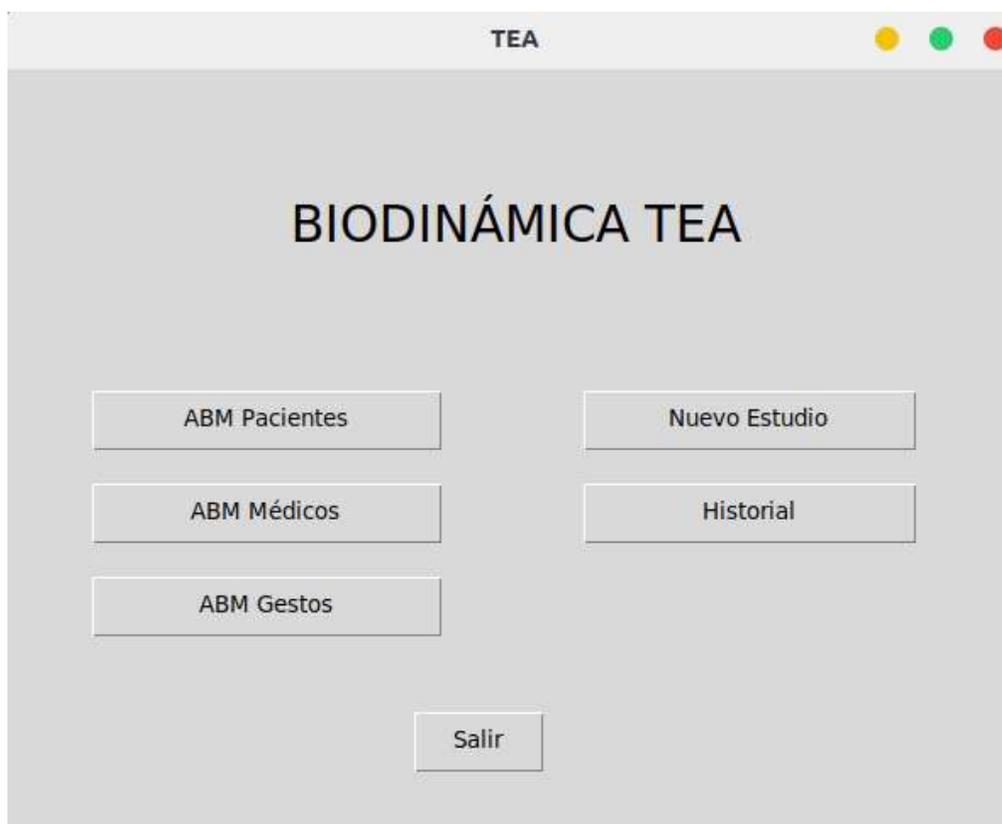
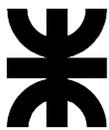


Fig. 3-3. Ventana menú principal

#### Ventana ABM Pacientes(Figura 3-4)

Al accionar este botón se despliega una ventana, ver Fig. 3-4, que permite dar de alta los Pacientes o se modificar sus datos. Los datos a ingresar son:

Apellido



Nombres

Nacionalidad

Documentos de identidad

Fecha de nacimiento

Sexo

paciente

### ABM Pacientes

Apellido  Nombre

Documento  Fecha de Nacimiento

Nacionalidad  Sexo  F  M

{Rolando David} Gonzalez  
Veronica Salanitro  
{Pablo Fabian} Murua  
Melisa Maza  
Cinthia Loffaro  
Gustavo Boggio  
Lorena Delmau  
Belen Molina  
Facundo Gonzalez  
Lorena Valls

Nuevo Editar Grabar Salir

Fig. 3-4. Menú de altas, bajas y modificaciones de pacientes

#### Ventana ABM Médicos (Figura 3-5)

En esta ventana se dan de alta los profesionales médicos o se modifican sus datos.

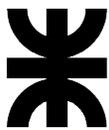
Los datos a ingresar son:

Apellido

Nombres

Especialidad

Matrícula



The image shows a software window titled "Medicos" with a blue header bar containing the text "ABM Médicos". Below the header, there are four input fields: "Apellido", "Nombre", "Especialidad", and "Matrícula". Below these fields is a large text area containing the text "Alvarado, Negman, Neurologo". At the bottom of the window, there are four buttons: "Nuevo", "Editar", "Grabar", and "Salir".

Figura 3-5. Menú de altas, bajas y modificaciones de médicos.

### Ventana ABM Gestos (Figura 3-6)

En esta ventana se dan de alta los gestos a analizar o se modifican sus datos.

Los datos a ingresar son:

Descripción del gesto

Punto, identificados en el rostro, que pertenecen al gesto

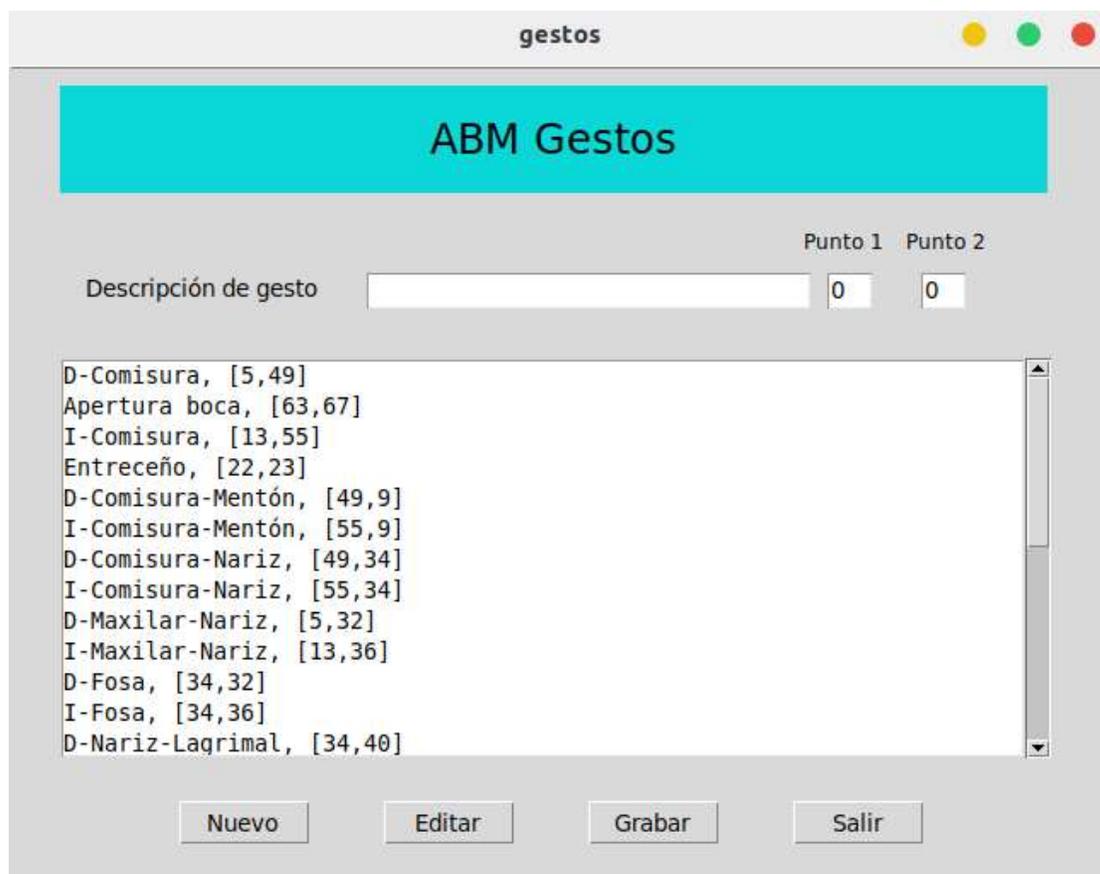


Figura 3-6. Menú de altas, bajas y modificaciones de gestos

### Ventana Estudio (Figura 3-7)

En esta ventana se realiza el estudio.

Los pasos a seguir son:

- a- Seleccionar el paciente previamente registrado con el procedimiento ABM pacientes en la base de datos.
- b- Seleccionar el médico que realizará el estudio, previamente registrado con el procedimiento ABM médicos en la base de datos.
- c- Seleccionar los gestos a analizar, previamente registrados con el procedimiento ABM gestos en la base de datos.
- d- El botón Calibrar cámara, evalúa la posición del paciente, la distancia del mismo y la iluminación del rostro, para realizar un enfoque óptimo de la persona.
- e- Con el botón Iniciar captura comienza el estudio.



En este procedimiento se reproduce el video con emociones de alegría y tristeza, separados por imágenes neutras (no biológicas) y se captura video del rostro del paciente, en forma sincronizada.

Al finalizar el estudio, se graba el video capturado.

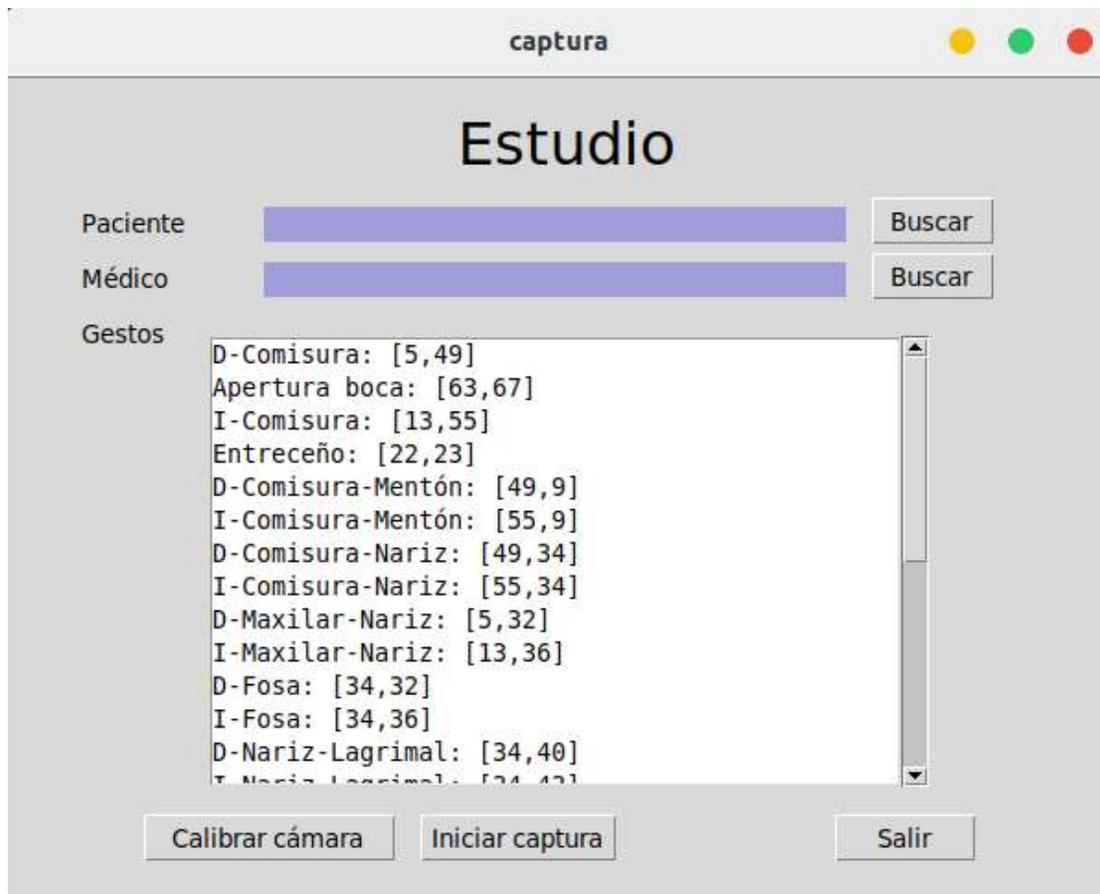


Figura 3-7. Menú de selección de gestos a estudiar

#### Ventana de historial de Estudios (Figura 3-8).

En esta ventana se visualizan todos los estudios realizados (procesados o no).

Se identifican los estudios no procesados y luego se procesan.

El procesado de estudios realiza la identificación de los 68 puntos del rostro del paciente.

Esto permite calcular valores (módulos) de los vectores gestos seleccionados para el estudio cuadro por cuadro.



Estos valores son almacenados en la base de datos.

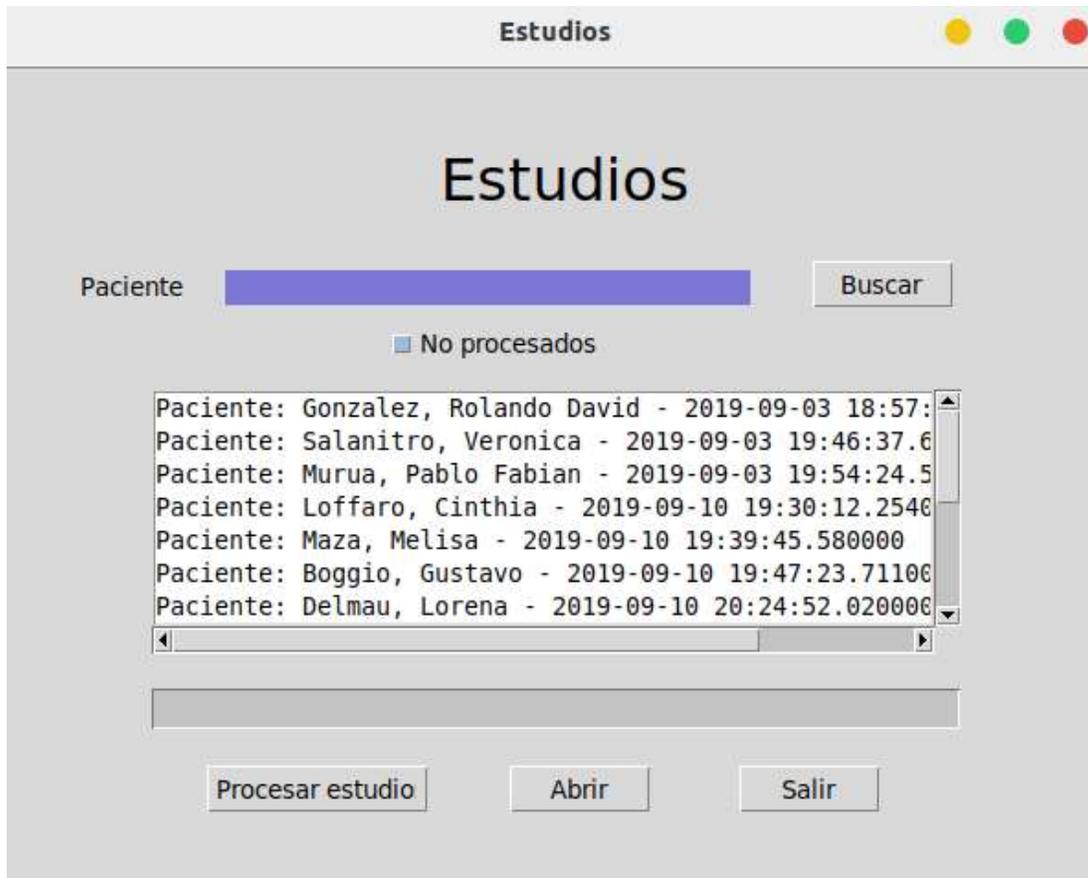


Figura 3-8. Menú de procesamiento de estudios para obtener graficas

#### 4.2.1.10 Procesamiento de los datos recolectados

El procesamiento de la información, consiste en un algoritmo que realiza una secuencia automatizada en el computador, sobre cada cuadro de imagen captado en la video respuesta del paciente.

El software detecta la forma del rostro dentro del marco del video, para posteriormente identificar la posición donde se ubica cada rasgo de dicho rostro. Por lo tanto, el software detecta: los bordes de la cara, las cejas, los ojos, la nariz y la boca, asignando a cada una de estas zonas mencionadas un número de puntos específicos que resultan clave para el estudio de los gestos en el rostro.



Esta asignación automática de puntos específicos se realiza en cada fotograma del video grabado. Teniendo en cuenta que se graban 30 imágenes (o fotogramas) por segundo, se considera que la resolución que se logra cubre en su totalidad cualquier posible cambio significativo de interés médico en la respuesta del rostro. La Figura 3-9, muestra los puntos del rostro que son objetivo en la detección del procesamiento.

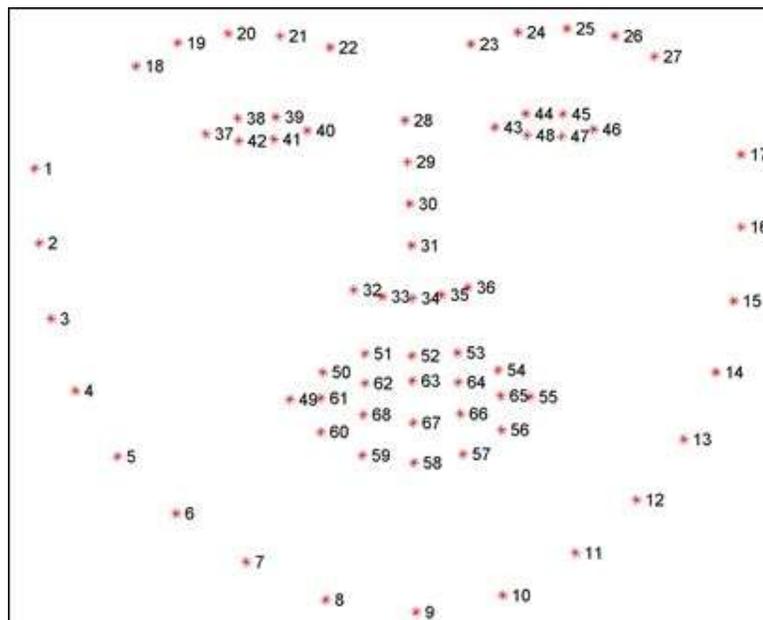
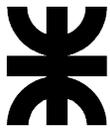


Fig. 3-9. Puntos del rostro que son objetivo en la detección del procesamiento.

Por sí solos, los puntos detectados sobre la imagen del rostro, no representan utilidad en la investigación. La información médica relevante se determina con el análisis de cómo cambian las distancias entre los puntos. De esta forma el estudio de variabilidad de la distancia entre dos puntos seleccionados convenientemente puede generar un patrón indicativo de la emoción que se desea estudiar.

Por consiguiente, eligiendo el par de puntos adecuados, es posible medir la biométrica de los parpados de los ojos, el movimiento de la boca, etc., que se pueden relacionar con eventos de tristeza, que podrían indicar una sonrisa, etc.



La biométrica tomada entre dos puntos específicos en el tiempo, se le considera vector de respuesta. La Figura 3-10 muestra un fotograma donde se visualizan algunos vectores que se pueden obtener a partir del procesamiento realizado.

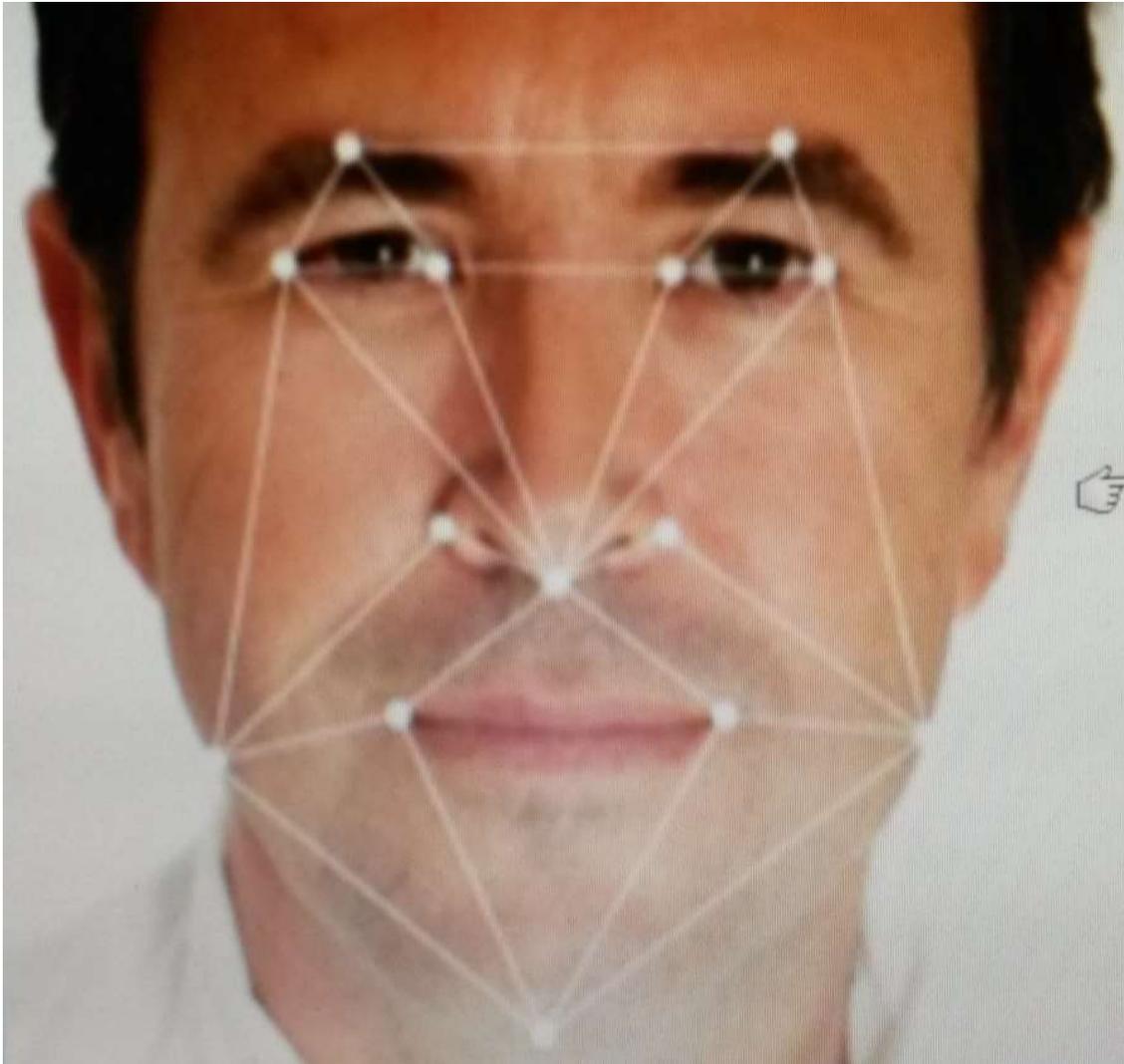
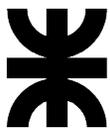


Figura 3-10. Fotograma con algunos de los vectores que se pueden obtener.



#### 4.2.1.11 Análisis de las señales

Para la presente investigación se han elegido 27 pares de puntos para estudiar los movimientos del rostro, donde estos pares representan 27 vectores correspondientes. Vemos a continuación en la Figura 3-11 los vectores usados:

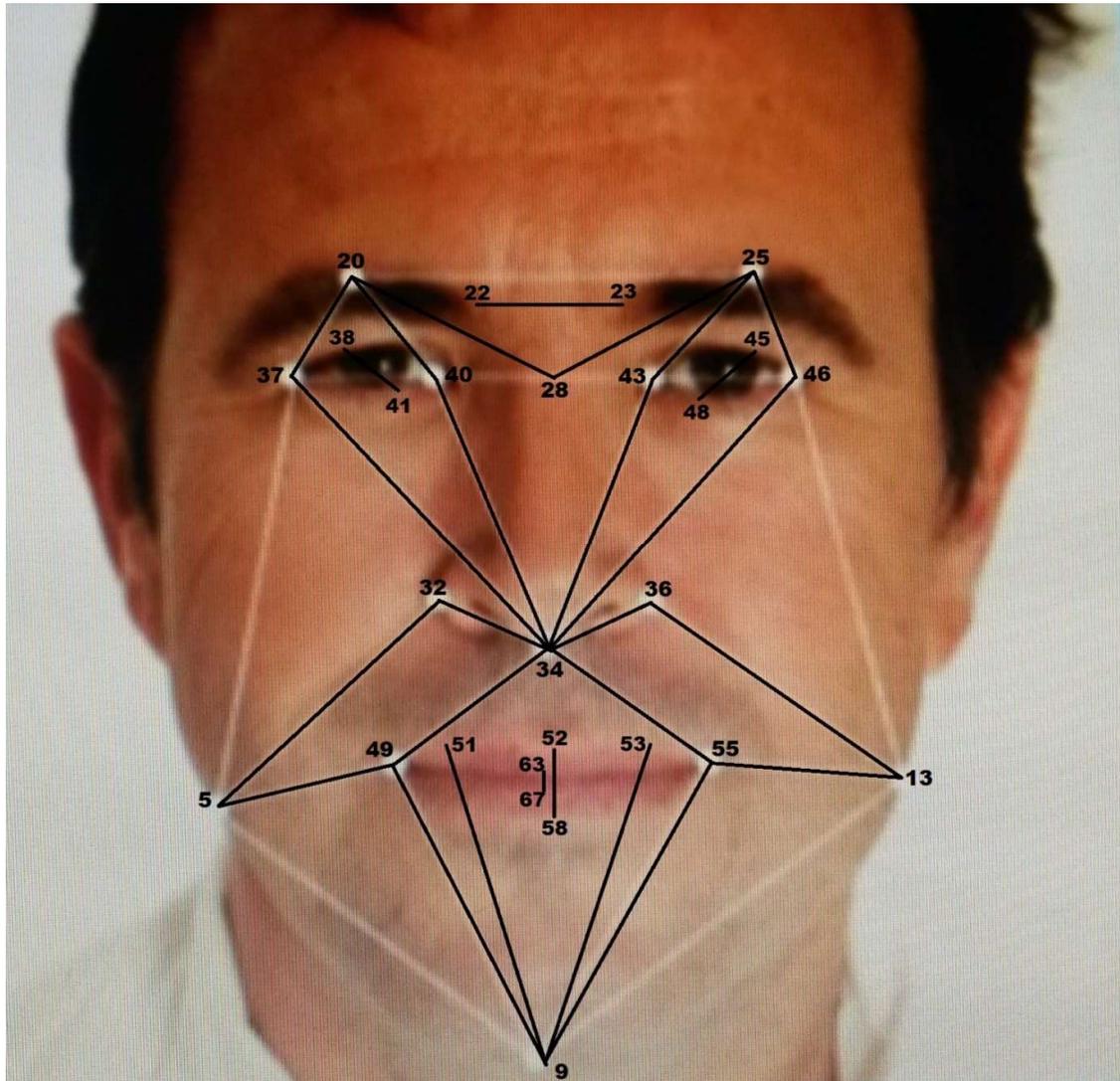


Figura 3-11. Representación de los 27 vectores para este análisis.



El software puede guardar en memoria los valores o módulos de los 27 vectores de cada fotograma del video grabado del rostro. La Figura 3-12, muestra los valores del vector que mide la apertura de la boca, durante todo el experimento.

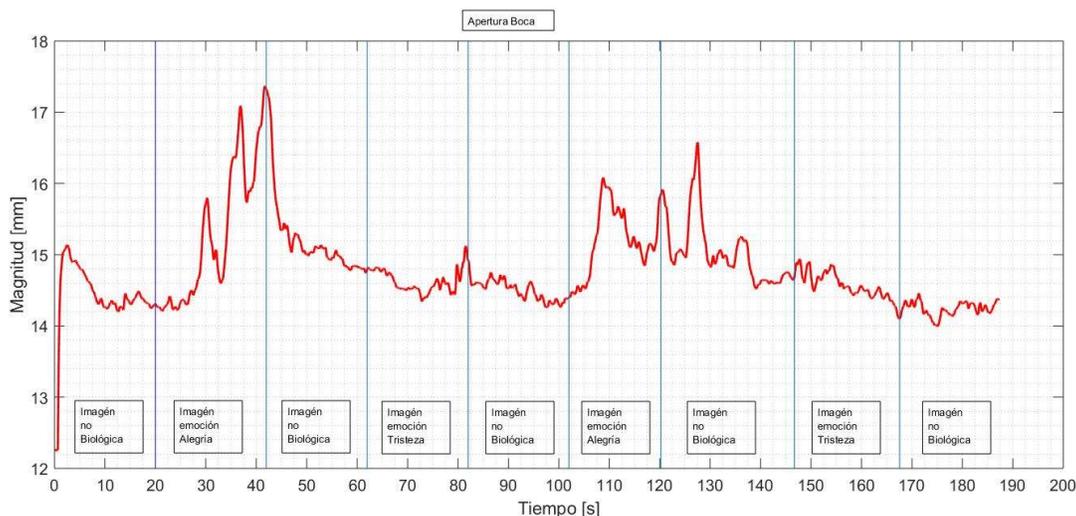


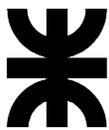
Fig. 3-12. Valores del vector: Apertura de boca.

Analizando cada uno de los vectores, podemos determinar si hubo una reacción en el rostro como respuesta al estímulo emocional.

El desafío consistió en realizar el experimento de la presentación del video estímulo, a una cantidad suficiente de voluntarios sanos (entre 50 y 100), donde fueron registradas las reacciones faciales de cada persona en particular para posteriormente establecer una respuesta promedio a la que llamamos respuesta patrón.

Según los criterios que se detalló en un apartado previo destinado exclusivamente a este asunto, la población bajo prueba fue aquella que se consideró sana.

El hecho de poder estudiar las respuestas en voluntarios sanos, es imprescindible para establecer como se producen en promedio las reacciones faciales frente a los mismos iguales estímulos emocionales mostrados a todos los voluntarios.



Una vez conformada la base de datos suficientemente amplia y representativa, podremos comparar en el futuro, las respuestas a esos mismos estímulos, ya en personas que se presume que poseen algún tipo de trastorno mental, o en otros casos como podría ser, por ejemplo, personas con TEA, Alzheimer, que hayan sufrido accidentes cerebro-vasculares, etc.

#### **4.2.1.12 Procesamiento de la información**

Una vez grabados los videos correspondientes a cada persona, aquellos quedan disponibles para ser procesados por el software las veces que resulte ser necesario. Para cada video, el programa almacena en otra base de datos, los valores de los vectores de todos aquellos pares de puntos que hayan sido seleccionados, realizando este proceso para cada uno de los fotogramas del video. Cada vector, o sea cada par de puntos, representará la evolución de un determinado gesto del rostro, o dicho de otra manera, que movimientos se han producido en ese sector del rostro.

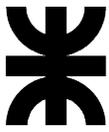
Luego de la realización de múltiples estudios con sendos voluntarios, se logra establecer el patrón de referencia para un vector determinado, siendo este patrón el promedio de los valores de los vectores obtenidos con cada uno de los voluntarios.

Por ejemplo, si tomamos 50 videos y solo estudiamos un par de puntos (ejemplo el par de puntos que monitorea la apertura y cierre del ojo derecho), lo primero a hacer será analizar a partir del primer fotograma grabado. Se analiza solo el primer fotograma de cada uno de los 50 estudios, y se hace el promedio de los valores de los vectores para ese fotograma.

Este promedio será el valor que represente el promedio del comportamiento para ese primer fotograma. Este valor promedio queda almacenado en una base de datos promedio para ese par de puntos elegido.

Como vemos, cada uno de los 50 vectores a promediar para el primer fotograma fue generado por un participante distinto que puede reaccionar de manera diferente a las demás personas ante el mismo estímulo. Por ese motivo es que el valor obtenido luego del cálculo, representará justamente la reacción promedio de una persona sana.

Si este procedimiento se repite sucesivamente con el segundo fotograma, tercero, cuarto, etc., hasta completar los 5.623 fotogramas que integran un video



completo, se habrá obtenido el patrón de referencia para ese gesto, que en nuestro ejemplo lo hemos llamado: apertura y cierre del ojo derecho.

Este mismo proceder se puede realizar con todos los pares de puntos que uno desee elegir, dependiendo qué movimientos del rostro o que zonas del mismo se quieran estudiar, y todo esto utilizando siempre el mismo video original de cada voluntario.

Entonces, la base de datos resultante solo contiene los valores promedio de los vectores, que en resumen representan los gestos promedio realizados por las 50 personas.

Nótese a esta altura, el interesante caso que nos brinda esta experiencia, en el sentido que se puede analizar de forma separada las reacciones de ambos hemisferios del rostro, salvo aquellos vectores que son comunes a ambos lados como puede ser el vector que mide las variaciones del entrecejo. De hecho, el experimento fue proyectado de esta manera para que su biométrica tuviera relación con ambos hemisferios cerebrales.

Para ejemplificar este concepto, la Figura 3-13 muestra la curvas patrón de los movimientos que se registraron en una zona de la boca, midiendo los vectores ubicados entre el mentón y la comisura derecha, mientras que la Figura 3-14 muestra la curva patrón del vector ubicado entre el mentón y la comisura izquierda.

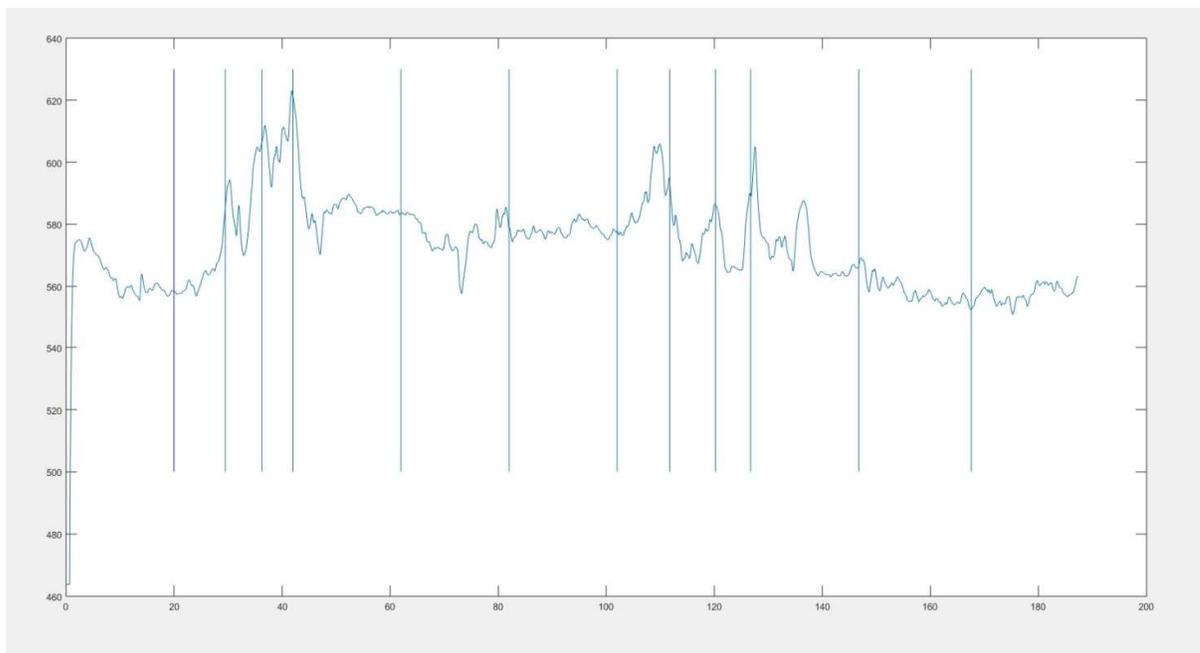




Figura 3-13. Respuesta patrón del vector Comisura-Mentón lado Derecho (puntos 49 y 9)

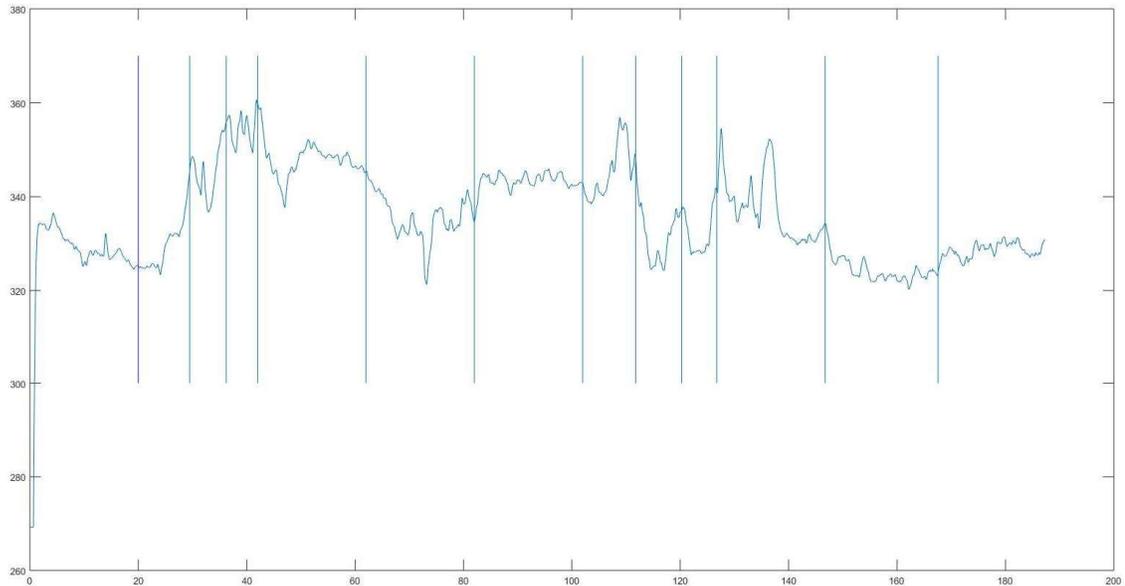


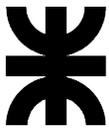
Figura 3-14. Respuesta patrón del vector Comisura-Mentón lado Izquierdo (puntos 55 y 9)

Podemos apreciar que, sin ser iguales, estas curvas muestran una similitud entre sí, y podemos concluir que el movimiento de esta zona de la boca es muy similar para ambos hemisferios cuando se trata de pacientes sanos.

Ahora bien, resta explicar para que sería útil una curva de valores de vectores para cada gesto tal como la figura NNN, donde se ven claramente los cambios que han ido produciéndose en el valor de los mismos a medida que el video ha sido grabado.

Una vez obtenido el patrón de referencia para cada gesto, estos son guardados como modelos que servirán para comparar con posteriores estudios que se realicen a otras personas nuevas.

Como el patrón de referencia es considerado el modelo de respuesta de una típica persona sana, si este patrón es comparado con la curva que arroja el mismo estudio realizado a otra persona sana, dicha comparación no debiera mostrar demasiadas diferencias o desviaciones entre ambas curvas. O sea, el nuevo estudio, debiera dar resultados muy parecidos a los de la curva patrón.



Pero al intentar comparar ambas curvas completamente, sería sumamente complicado y con conclusiones útiles difíciles de establecer.

Lo que sí hacemos, es tomar solo tramos cortos de la curva que representan la evolución de los vectores equivalentes a unos pocos fotogramas, donde dichos tramos contienen información relevante. Por ejemplo, puede ser un sector de la curva donde se produzca una sonrisa, o un gesto que denote tristeza, o cualquier otro gesto que aparezca importante a nuestros efectos. Luego el resto de la curva será descartado. Vemos a continuación la Figura 3-15, que muestra el mismo gráfico de la Figura 3-12 donde, por ejemplo, aparecen resaltados algunos tramos que serán relevantes para nuestro estudio.

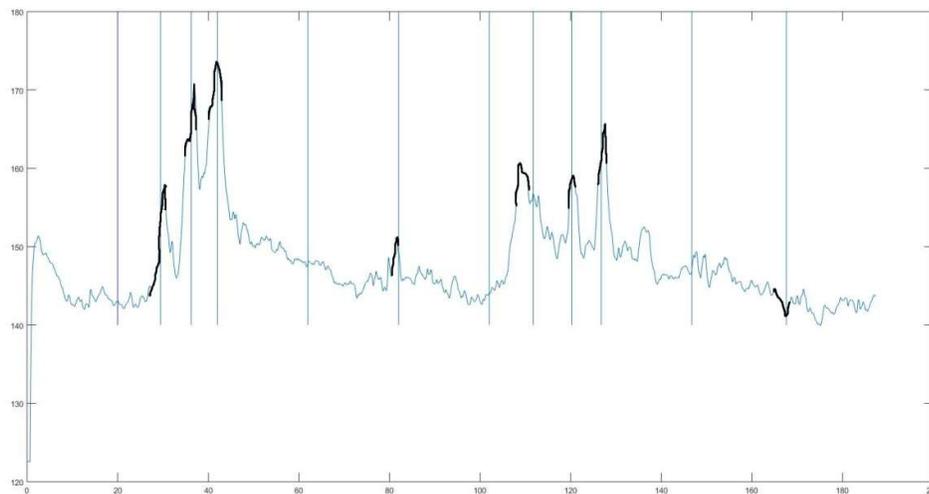


Figura 3-15. Sectores relevantes de la curva (resaltados)

Este gráfico representa una tabla donde las abscisas son los fotogramas y las ordenadas el valor que toma el vector para cada fotograma. Por lo tanto de los 5.623 valores que la curva completa representa, solo será relevante guardar los valores de los vectores de los fotogramas de las porciones resaltadas. Estos tramos serán nuestro verdadero patrón de referencias que utilizaremos para comparar con futuros nuevos estudios.

La técnica de comparación consiste en aplicar el concepto de convolución entre dos señales [3.16]. Este concepto señala que el análisis funcional de una



convolución es un operador matemático que transforma dos funciones  $f()$  y  $g()$  en una tercera función que representa la magnitud en la que se superponen  $f()$  y una versión trasladada e invertida de  $g()$ .

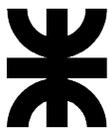
Las señales a comparar son cada uno de los tramos patrones con las curvas resultantes en cada uno de los pacientes. Lo que se pretende con la convolución es encontrar coincidencias o diferencias que podrán ser susceptibles de medir. De allí las conclusiones que pueden sacarse son interesantes. Se podrá decir que el nuevo paciente ante el mismo video estímulo reaccionó de manera similar al patrón de referencia, o se analizarán sus desvíos correspondientes a cada gesto para sacar conclusiones. De esta manera sabremos si una persona reacciona o no ante determinado estímulo, y si lo hace, que tiempo le llevó reaccionar.

#### **4.2.2 Resultados**

En los casos en que los vectores son simétricos en el rostro tanto del lado izquierdo como del derecho, los comentarios de los resultados obtenidos que se realizan en este capítulo, son la síntesis de ambas gráficas.

Esto se hace así, en primer lugar para simplificar la explicación, y en segundo lugar porque los resultados obtenidos aunque no iguales, sí son similares, y ambos se pueden explicar de la misma forma.

Entonces, los resultados obtenidos en los 27 vectores analizados son los siguientes:



**Vectores:** Comisura de los labios al mentón

(Derecho 9-49 e izquierdo 9-55)

Los gráficos correspondientes a los vectores que miden estas distancias mostrados en la Figura 4.1, son muy útiles para discernir la alegría. Como vemos estos muestran una gran diferencia entre el estado neutro del rostro y la sonrisa, en este último estado el vector es de mayor tamaño que en el estado normal. En los casos de segmentos tristes se observa muy poca variación en el módulo de los vectores. Ver figuras 3-6 y 3-7.

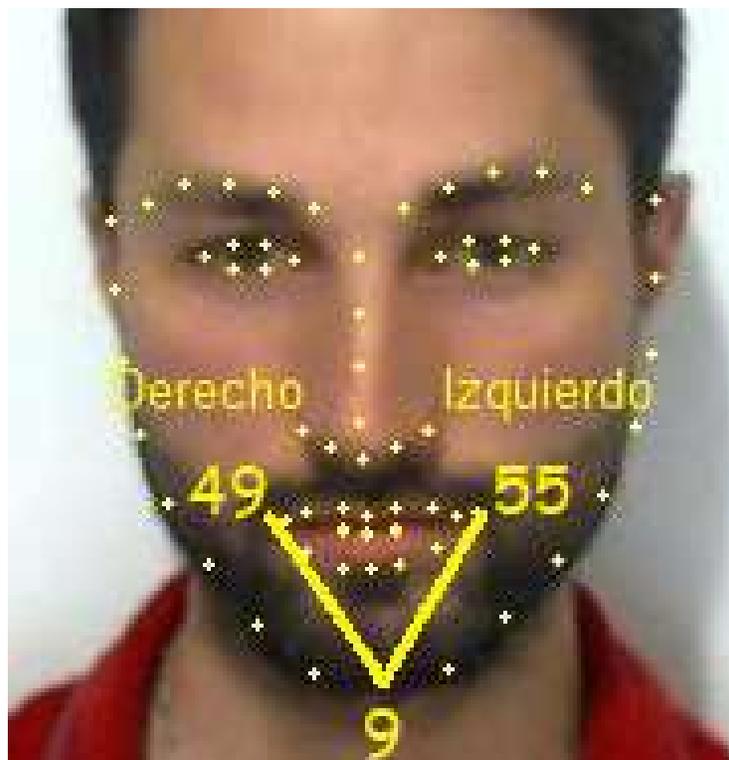


Fig. 4-1. Vectores comisura de los labios al mentón

(Derecho 9-49 e izquierdo 9-55)



**Vectores:** Centro cejas a extremo externo de ojos

(Derecho 20-37 e izquierdo 25-46)

**Vectores:** Centro cejas a ambos lagrimales

(Derecho 20-40 e izquierdo 25-43)

Dichos vectores se muestran en la Fig.4.2, siendo de gran utilidad para la detección de la tristeza.



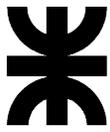
Fig. 4-2. Vectores centro cejas a extremo externo de ojos

(Derecho 20-37 e izquierdo 25-46)

**Vectores:** centro cejas a ambos lagrimales

(Derecho 20-40 e izquierdo 25-43)

En los tramos de los videos donde el paciente debe comenzar a prestar atención a una situación triste, los vectores se agrandan, significado una elevación de las cejas, y luego a medida que la situación triste continúa, esta distancia comienza a disminuir.



**Vectores:**Apertura de los ojos  
(Derecho 38-41 e izquierdo 45-48)

Siguiendo con la zona de la vista, tenemos la Fig.4.3, donde los vectores exhiben la tendencia a cerrar los ojos abruptamente en los picos de alegría.



Fig. 4-3. Vectores apertura de los ojos  
(Derecho 38-41 e izquierdo 45-48)

Caso contrario ocurre en los casos de estímulos tristes donde los ojos tienden a alcanzar valores altos de apertura, sobre todo en los momentos de gran estímulo (ver Video motivacional 8 en Tabla 3.1). En los segmentos neutros del video estímulo, la apertura de los ojos es muy estable.



**Vectores:** Comisura de la boca al borde del rostro

(Derecho 5-49 e izquierdo 13-55)

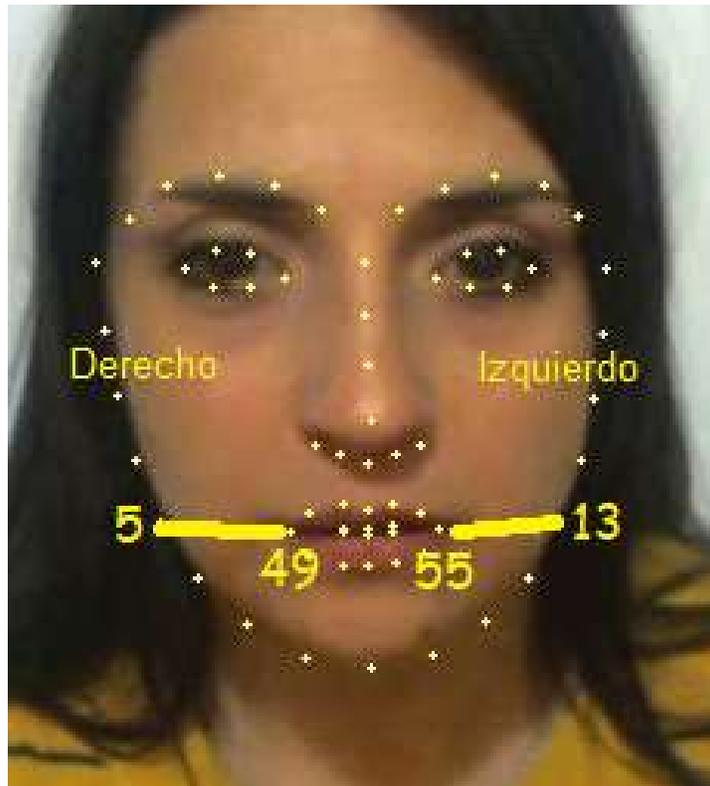


Fig. 4-4. Vectores comisura de la boca al borde del rostro

(Derecho 5-49 e izquierdo 13-55)

En ellos no hemos podido encontrar respuestas características regulares que sean útiles al discernimiento entre alegría y tristeza, por lo cual tales vectores no se tendrán en cuenta. Ver Figura 4.4.



**Vectores:** Nariz a la comisura de los labios

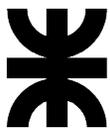
(Derecho 34-49 e izquierdo 34-55)

En estos no se logró establecer sendas curvas patrón (Figura 4.5).



Fig. 4-5. Vectores nariz a la comisura de los labios

(Derecho 34-49 e izquierdo 34-55)



**Vectores:** Del centro de la nariz a sus extremos

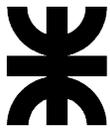
(Derecho 34-32 e izquierdo 34-36)

Estos vectores son útiles para identificar alegría, donde logran su máxima amplitud en los momentos de gran estímulo (Figura 4.6).



Fig. 4-6. Vectores del centro de la nariz a sus extremos

(Derecho 34-32 e izquierdo 34-36)

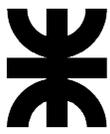


**Vectores:** De bordes de nariz a bordes del rostro  
(Derecho 5-32 e izquierdo 13-36)

En los momentos de alegría se acortan las distancias. En situaciones de tristeza no se representan muy claros (Figura 4.7).



Fig. 4-7. Vectores de bordes de nariz a bordes del rostro  
(Derecho 5-32 e izquierdo 13-36)



**Vectores:** Del mentón al labio superior

(Derecho 9-51 e izquierdo 9-53)

De buena utilidad para la identificación de la alegría ya que mide la apertura de la boca con respecto a un punto fijo, el mentón (Figura 4.8).

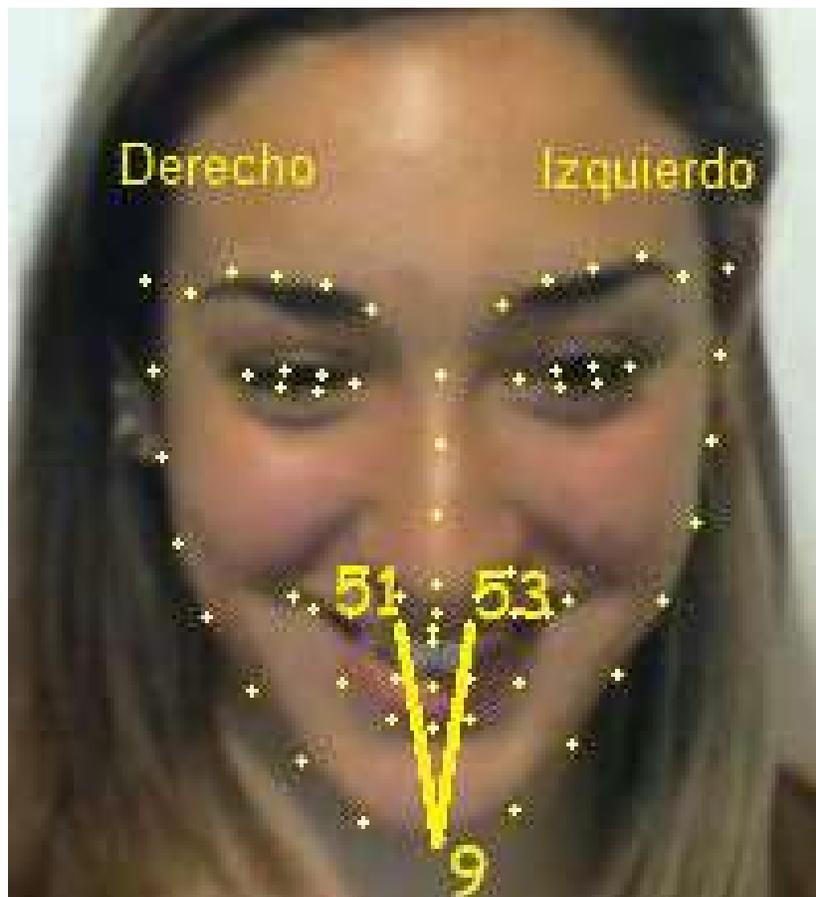
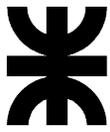


Fig. 4-8. Vectores del mentón al labio superior

(Derecho 9-51 e izquierdo 9-53)



**Vectores:** De la nariz a los extremos de los ojos

(Derecho 34-37 e izquierdo 34-46)

**Vectores:** De la nariz a los lagrimales

(Derecho 34-40 e izquierdo 34-43)

Las Figuras 4.9 y 4.10 muestran dichos vectores donde se aprecia levemente un acortamiento de la distancia en situaciones de máxima alegría. En situaciones de tristeza se observa un leve aumento de los vectores. De todos modos los cambios que se producen no son pronunciados.



Fig. 4-9. Vectores de la nariz a los extremos de los ojos

(Derecho 34-37 e izquierdo 34-46)

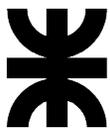
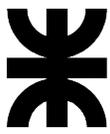


Fig. 4-10. Vectores de la nariz a los lagrimales  
(Derecho 34-40 e izquierdo 34-43)



**Vector:** Entrecejo

(22-23)

En situaciones de alegría muestra un tanto más de fluctuaciones en su módulo que en tristeza, donde este vector aparece como más relajado. Nos fue difícil discernir entre ambos estados emocionales, donde las diferencias son muy sutiles. (Figura 4.11)



Fig. 4-11. Vector Entrecejo

(22-23)



**Vectores:** De centro de cejas a centro del rostro

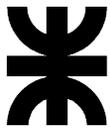
(Derecho 28-20 e izquierdo 28-25)

Se presenta una actividad muy poco definida para estos vectores, quizás un poco más notable para la alegría. (Figura 4.12)



Fig. 4.12. Vectores de centro de cejas a centro del rostro

(Derecho 28-20 e izquierdo 28-25)



**Vector:** Labio superior a labio inferior

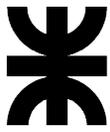
(52-58)

En la Figura 4.13 vemos este vector. Es notable el incremento de los módulos en situaciones de alegría, no tanto así en las de tristeza.



Fig. 4-13. Vector labio superior a labio inferior

(52-58)



Vector: Apertura de boca

(63-67)

Ver Figura 4.14. Es muy similar este patrón al descrito por el vector 52-58.

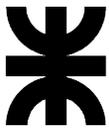


Fig. 4-14. Vector apertura de boca

(63-67)

#### **4.3 Factibilidad Económica**

No corresponde factibilidad por tratarse de un proyecto de investigación.



## **5 CONCLUSIONES Y ANEXOS**

### **5.1 Conclusiones**

Como resultado de esta investigación, logro establecer patrones de reacciones biodinámicas del rostro ante la presencia programada de ciertos estímulos visuales y auditivos de tendencia emocional tales como alegría y tristeza, cumpliendo así con los objetivos planteados originalmente.

Del análisis de estos patrones surgen tres conclusiones

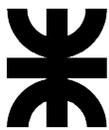
En primer lugar, en esta investigación se comprobó que zonas diversas del rostro experimentan algún tipo de movimiento de reacción cuando le son presentados al paciente estímulos emocionales.

En segundo término, se verifico el tamaño, extensión y desarrollo de dichas reacciones, siguiendo su evolución fotograma a fotograma, donde esta característica mensurable es llamada módulo del gesto o módulo del vector.

La tercera conclusión muy importante es que puede ser medida la demora que experimenta la respuesta gestual del paciente luego de presentados los estímulos, con una precisión máxima de 33 ms (1/30 s), Esa precisión está dada por el intervalo de tiempo entre fotogramas y es suficiente a los efectos de nuestra investigación.

Se verificó que, así como hay zonas del rostro proclives a mostrar una respuesta mensurable, tal como se explicara en el capítulo 4, hay otras que no presentan una respuesta que sea útil a esta investigación.

A cada curva patrón de la evolución de cada vector, hemos asignado arbitrariamente un número que hemos llamado ponderación, y que en nuestras conclusiones nos da una medida relativa de cuanta utilidad representa cada curva a esta investigación, o dicho de otra manera, con qué intensidad cada curva detectaría movimientos faciales para los estímulos tanto de alegría como de tristeza. La escala de ponderación va de 0 a 10, donde el 0 se le asignaría a una curva patrón para nada útil, por ejemplo, por no registrar movimientos faciales. El número 10 sería asignado a una curva patrón que es indispensable para la detección de la reacción frente al estímulo que se trate. Luego ponderaciones intermedias dan idea de utilidad relativa de los patrones según los análisis particulares de las curvas que sean realizados. Una curva patrón, por ejemplo, podría resultar muy útil para



detectar alegría (tendría una ponderación asignada media o alta), y no ser tan útil para detectar tristeza (tendría una ponderación baja o media).

Las combinaciones son diversas, como veremos en las tablas que siguen a continuación. Algunos patrones sirven para detectar alegría y no tristeza, o viceversa.

Recordamos además que el hecho de poder registrar ambos hemisferios del rostro debería ser empleado para poder relacionar las reacciones faciales con ambos hemisferios cerebrales.

La Tabla 5-1 presenta a aquellos vectores que se miden en ambos lados del rostro por separado, mientras que la Tabla 5-2 nos muestra los vectores comunes a ambos lados del rostro. Resaltados en verde se presentan las mayores ponderaciones y resaltado en amarillo las ponderaciones medias. De esta forma, según sean las respuestas a los estímulos que se deseen analizar, podrán elegirse los vectores más adecuados para tal estudio.

Vectores de cada lado del rostro		Vector		Vector		Ponderación asignada Para cada estímulo	
Desde	Hasta	Lado		Lado		Alegría	Tristeza
		Derecho		Izquierdo			
Mentón	Comisuras de la boca	9	49	9	55	10	2
Centro de cejas	Extremo externo de ojos	20	37	25	46	10	10
Centro de cejas	Lagrimales	20	40	25	43	10	10
Borde del rostro	Comisuras de la boca	5	49	13	55	0	0
Nariz	Comisuras de la boca	34	49	34	55	0	0
Centro de la nariz	Bordes de la nariz	34	32	34	36	10	0
Bordes de la nariz	Bordes del rostro	5	32	13	36	7	2
Mentón	Labio superior	9	51	9	53	10	0
Centro de la nariz	Extremo externo de ojos	34	37	34	46	5	5
Centro de la nariz	Lagrimales	34	40	34	43	5	5
Centro de cejas	Centro del rostro	28	20	28	25	4	2
Apertura de ojos		38	41	45	48	10	10

Tabla 5-1

Vectores comunes a ambos lados del rostro			Ponderación asignada Para cada estímulo		
Desde	Hasta	Vector		Alegría	Tristeza
Labio superior	Labio inferior	52	58	10	3
Entreceño		22	23	2	2
Apertura de boca		63	67	10	3

Tabla 5-2



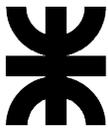
La sensibilidad en la captación de las reacciones del rostro resultó ser muy notable, donde hasta el más mínimo movimiento es captado por el algoritmo quedando registrado. Por tal motivo es indispensable reducir al máximo los riesgos del ruido que no debiera ser confundido con los movimientos. Este tema fue tratado en la sección 3.7.

La simplicidad del método de este experimento y su no invasividad deben ser tomadas como ventajas tanto para los pacientes como para los profesionales o investigadores actuantes. En un tiempo de entre cinco a siete minutos el experimento que involucra al paciente queda concluido totalmente.

Por último, el método que fue desarrollado para este experimento, nos brinda la posibilidad directa de replicar a futuro sus conceptos para analizar las reacciones faciales que podrían tener lugar ante cualquier otro tipo de estímulo emocional diferente a los dos que fueron utilizados en la presente investigación.

Imagínese estimular al paciente con situaciones que tiendan a generar en él: angustia, sorpresa, intriga, ira, temor, curiosidad, culpabilidad, desagrado, asco, o llanto, por dar algunos ejemplos. Sendas curvas patrones para cada uno de los vectores podrían ser establecidos empleando la misma metodología usada para esta investigación.

## **5.2 Anexo**



## **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

### **INFORMACIÓN DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN**

Usted ha sido invitado/a a participar como control en el estudio de investigación titulado: “Técnica de análisis biométrico del rostro para la detección de parámetros indicadores de emocionalidad”, dirigido por el Prof. Nelson Dugarte, adscrito al Instituto Regional de Bioingeniería (IRB) del Centro Regional de Investigación en Computación y Neuroingeniería (CeReCoN) de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza (UTN-FRM).

El objetivo de esta investigación es “identificar niveles de emocionalidad entre felicidad y tristeza a partir de la biométrica del rostro”. Esto es posible por medio de un software que analiza automáticamente el video que se toma al paciente sometido al estudio, mientras visualiza y escucha otro video que funciona como estímulo emocional. Su participación consistirá en visualizar y escuchar un video preparado como estímulo emocional, con una duración de 10 minutos, mientras se realiza la filmación de sus expresiones faciales. Previo al estudio deberá asistir al Instituto Médico donde trabaja el médico Neurólogo que realizará una evaluación médica de rutina para certificar su estado físico. El procedimiento se realizará en el laboratorio del IRB, bajo la supervisión del médico especialista en Neurología: Dr. Negman Alvarado.

Lo hemos contactado a usted porque es mayor de edad y sano, sin antecedentes de lesiones traumáticas, ni trastornos neurológicos, metabólicos ni psiquiátricos, su función cerebral impresiona normal, y su actividad eléctrica y mecánica corporal podría ayudarnos a establecer una referencia matemática para realizar después otros estudios comparativos en pacientes con disfunciones psicomotrices y cognitivas.

Su participación es totalmente voluntaria y se garantiza que no presenta riesgo alguno para su salud física y mental. Puede tomarse el tiempo que requiera para decidir participar. Los datos personales y resultados obtenidos que involucren su participación en esta investigación serán confidenciales y guardados en anonimato, solo identificado por el personal médico involucrado en la investigación. Sus datos solo podrán ser utilizados en otras investigaciones si usted lo autoriza por escrito. Durante todo el estudio, el personal que desarrolla el proyecto está a su disposición para aclarar cualquier duda o inquietud que tenga. Aunque haya decidido participar, usted puede retirarse del estudio en cualquier momento, sin explicación, sin ningún tipo de sanción, debiéndose descartar todos sus datos si lo solicita. De participar de todo el estudio los beneficios directos que recibirá usted son los resultados de su estudio neurofisiológico, sin costos para usted y sin recibir ningún otro tipo de beneficios. Sin perjuicio de lo anterior, Ud. puede solicitar en el futuro que sus registros almacenados sean destruidos si cambia de parecer, para lo cual debe contactar al investigador responsable de este estudio o al Comité Ético Científico de la UTN adscrito al CeReCoN.

Cualquier pregunta, reclamo, comentarios o preocupaciones relacionadas con la conducción de la investigación o preguntas sobre sus derechos al participar en el estudio, usted podrá contactar al director del proyecto, Dr. Nelson Dugarte, por el teléfono: 0261-7057991 o por el correo [ndj0227@gmail.com](mailto:ndj0227@gmail.com). También puede contactar al médico responsable, Negman Alvarado, por el teléfono: 0261-5177710, o por Correo electrónico: [neuroservices.tt@gmail.com](mailto:neuroservices.tt@gmail.com).

Agradezco desde ya su colaboración, y le saludo cordialmente.

PhD. Ing. Nelson Dugarte



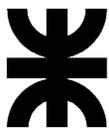


## 6 BIBLIOGRAFÍAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- | Referencia | Descripción / Fuente   |
|------------|--|
| [1]        | Kessler RC, Angermeyer M, Anthony JC, et al. Lifetime prevalence and age-of-onset distributions of mental disorders in the World Health Organization's World Mental Health Survey Initiative. <i>World Psychiatry</i> 2007; 6: 168–76  |
| [2]        | World Health Organization –Salud Mental<br><a href="http://www.who.int">www.who.int</a> › mental_health › advocacy › spanish_final –PDF  |
| [3]        | Ensayos de investigación clínica<br><a href="https://www.nlm.nih.gov/health/publications/espanol/los-ensayos-de-investigacion-clinica-y-usted-preguntas-y-respuestas">https://www.nlm.nih.gov/health/publications/espanol/los-ensayos-de-investigacion-clinica-y-usted-preguntas-y-respuestas</a>  |
| [4]        | YB Pérez, MR Almeida, EO Martínez - Actualidades en psicología, 2014 - <a href="http://redalyc.org">redalyc.org</a> - <a href="http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0258-64442014000100004">Memoria de rostros y reconocimiento emocional</a><br><a href="http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0258-64442014000100004">http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0258-64442014000100004</a> |
| [5]        | Cereda.S,Pizarro I, Valdivia V. Ceric F. Hurtado E. Ibañez A— Reconocimiento de emociones- Estudio cognitivo - Revista de psicología ISSN 0717-473X, N°. 18, 2010, pág. 29<br><a href="https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3999692">https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3999692</a>  |
| [6]        | Bänziger, T., Grandjean, D., & Scherer, K. R. (2009). Emotion recognition from expressions in face, voice, and body: The Multimodal Emotion Recognition Test (MERT). <i>Emotion</i> , 9(5), 691–704. <a href="https://doi.org/10.1037/a0017088">https://doi.org/10.1037/a0017088</a>   |
| [8]        | Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., Damasio, A. (1996) Cortical systems for the recognition of emotion in facial   |
| [9]        | Bentin, Allison, Puce, Perez y McCarthy, 1996 - <a href="#">La neurociencia cognitiva del procesamiento facial</a>   |
| [10]       | Ana María Fernández, Ph.D (c), Michele Dufey y Catalina Mourgues. Expresión y reconocimiento de emociones<br><i>Revista Chilena de Neuropsicología</i> , 2 (2007), Pág. 8 - 20. Copyright © 2007- <a href="http://www.researchgate.net/publication/28223649">www.researchgate.net › publication › 28223649</a>   |
| [11]       | Duchaine, Parker & Nakayama (2003),<br>Memoria de rostros y reconocimiento emocional<br><a href="http://www.redalyc.org">www.redalyc.org</a> › pdf   |
| [12]       | Wilson y Keil (1999) reconocimiento de las emociones,<br><a href="http://www.pepsic.bvsalud.org">Memoria de rostros y reconocimiento emocional</a><br><a href="http://www.pepsic.bvsalud.org">www.pepsic.bvsalud.org</a> › <a href="#">Memoria de rostros y reconocimiento emocional</a>   |
| [13]       | 20 API de reconocimiento de emociones<br><a href="https://www.secureweek.com/mas-de-20-api-de-reconocimiento-de-emociones-que-te-dejaran-impresionado-y-preocupado/">https://www.secureweek.com/mas-de-20-api-de-reconocimiento-de-emociones-que-te-dejaran-impresionado-y-preocupado/</a>   |



- 3.1 GNU-Linux: sistema operativo de software libre.
- 3.2 Formato AVI: siglas en inglés de Audio Video Interleave, es un formato contenedor de [audio](#) y [video](#) lanzado por [Microsoft](#) en [1992](#).  
<https://www.ecured.cu>AVI>
- 3.3 UBUNTU es un sistema operativo de software de código abierto que se ejecuta desde el escritorio, a la nube, a todas sus cosas conectadas a internet. <https://ubuntu.com>
- 3.4 Python: lenguaje de programación. <https://python.org>
- 3.5 Librerías: archivo o conjunto de archivos utilizados para facilitar la programación, que suelen cumplir funciones particulares de cierto tipo, y que además pueden ser usadas en distintas páginas del mismo o de distintos sitios.
- 3.6 El Machine learning (o aprendizaje de máquina), derivado de la inteligencia artificial, es un sistema que aprende de manera automatizada a identificar patrones de datos complejos, a predecir comportamientos y a mejorar de forma continua sus propias respuestas ante eventos similares.
- 3.9 Tkinter - <https://docs.python.org/2/library/tkinter.html>
- 3.10 Intel Corporation - <https://www.intel.com>
- 3.11 OpenCV - <https://opencv.org>
- 3.12 Dlib - <http://dlib.net/>
- 3.13 Matplotlib - <https://matplotlib.org/>
- 3.14 Docker - <https://www.docker.com>
- 3.15 MongoDB - <https://www.mongodb.com>
- 3.16 Procesamiento digital de señales. Convolución – Dra. María del Pilar Gómez Gil – Septiembre 2017  
<http://ccc.inaoep.mx/pgomez/cursos/pds/slides/s4-Conv.pdf>



<b>Palabras</b>	<b>Definición / Significado</b>
Biodinámica TEA	Biodinámica facial para personas con trastorno del espectro autista.
TEA	Trastorno del Espectro Autista
Biométrica	De bio (vida), métrica (medición). Se refiere a las medidas físicas que pueden tomarse a los seres vivos.
UTN	Universidad Tecnológica Nacional
FRM	Facultad Regional Mendoza
IRB	Instituto Regional de Bioingeniería - Dependiente de la UTN, FRM.
CeReCoN	Centro Regional de Computación y Neuroingeniería, de la Universidad Tecnológica Nacional – Regional Mendoza (FRM-UTN).