

## Registro emocional de personas interactuando en contextos de entornos virtuales

Jorge Ierache<sup>1</sup>, Ramiro Nicolosi<sup>1</sup>, Gonzalo Ponce<sup>1</sup>, Claudio Cervino<sup>2</sup>, Edgardo Eszter<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Sistemas Inteligentes y Enseñanza Experimental del la Robótica (ISIER-UM)

<sup>2</sup>Instituto de Fisiología y Neurociencias (IFiNe-UM)

Secretaría de Ciencia y Tectología

Universidad de Morón, Cabildo 134, (B1708JPD) Morón, Buenos Aires, Argentina

[jierache@unimoron.edu.ar](mailto:jierache@unimoron.edu.ar)

**Resumen.** Se presentan un modelo distribuido y sus resultados que implementa el registro EEG para asistir a la inferencia del estado emocional de un individuo interactuando en entornos virtuales, registrando imágenes del entorno virtual y los datos EEG que permiten analizar las emociones y comportamiento de las personas en entornos virtuales que simulan de modo realista situaciones de la vida cotidiana o tareas laborales específicas, de riesgo, brindan un marco apropiado para, no sólo detectar, medir y analizar dichas emociones o respuestas de comportamiento, sino también para poder proyectarlas a situaciones ya no simuladas sino reales.

**Palabras clave** Interfase cerebro-computadora, Reconocimiento patrones emocionales, Estado biométrico-emocional, Entornos virtuales. Computación afectiva.

### 1 Introducción

En el contexto de la computación afectiva, el desarrollo del campo de las Interfaces Cerebro-Maquina [1], [2] conocidas por sus siglas en inglés de Brain Control Interface (BCI), se incrementó en los últimos años. Un BCI es un biosensor que registra EEG, señales eléctricas, no pensamientos reales, para traducir la actividad cerebral en acción y así entregar entradas concisas a juegos, robots y dispositivos que ejecutan aplicaciones de salud y bienestar, educativas y de investigación entre otras. Esto posibilita la comunicación entre las funciones mentales y cognitivas de quien la utiliza para luego ser procesadas, clasificadas e interpretadas por aplicaciones o dispositivos puntuales. La investigación de las interfases BCI se desarrolla en un campo científico multidisciplinario con aplicaciones que van desde la computación aplicada en el campo de las neurociencias, domótica, robótica y entretenimiento entre otras; con aplicaciones que van desde mover cursores en pantalla hasta determinar que disc jockey divierte más a la multitud que lo escucha [3], [4]. En trabajos previos del ISIER-UM [5], [6], [7], [8] orientados al control de Robots y el control de artefactos en el contexto de la domótica [9], como así también en la lectura emocional del usuario, enfocando la lectura de la excitación y meditación [10], se experimentó con BCI en particular con EMOTIV [11] integrando la respuesta de biopotenciales

eléctricos de individuos para el control de robots a través del electro-miograma, electro-encefalograma y electro-oculograma que son bioseñales eléctricas generadas por los patrones de actividad de los músculos, el cerebro y los ojos del usuario. Por otro lado, en el IFiNe se viene trabajando en el registro de actividad bioeléctrica cerebral [12], [13] y de otros parámetros fisiológicos, tanto en humanos como en animales de experimentación. Las Brain Control Interface, se utilizan para inferir estados emocionales. En este caso se capturan y analizan los registros de EEG. Actualmente se experimenta con el control de computadoras, dispositivos, sin embargo no se registran desarrollos de sistemas que asistan a la inferencia emocional con capacidades de explotación y desarrollo de integración abierta y transparente a los entornos virtuales, en especial de simulación y entrenamiento. Analizar las emociones y comportamiento de las personas en entornos virtuales que simulan de modo realista situaciones de la vida cotidiana o tareas laborales específicas, de riesgo, brindan un marco apropiado para, no sólo detectar, medir y analizar dichas emociones o respuestas de comportamiento, sino también para poder proyectarlas a situaciones ya no simuladas sino reales. Allí radica el valor de los simuladores como entorno para ensayos de esta naturaleza [14].

## 2 Problema

El adiestramiento en sistemas virtuales que recrean las escenas y situaciones, basadas en el mundo real, requieren en el contexto de computación afectiva el registro de información biométrica relacionada especialmente con el estado emocional, situación de excitación-relajación con el empleo de una interfaz Cerebro-Máquina (BCI), que permita convertir parámetros fisiológicos, cognitivos y emocionales del usuario (entre otras, la actividad eléctrica cerebral (EEG), parámetros de pulsaciones, presión arterial, frecuencia cardíaca) en especial frente a situaciones simuladas críticas como lo son los fallos en sistemas o plantas y su resolución a través de aplicación de procedimientos de emergencia, a fin de poder evaluar no solo la resolución del caso en forma aislada, sino también el comportamiento biométrico del individuo frente a la situación presentada en el contexto virtual, contribuyendo a lograr un perfil y su historial comparativo en sus distintas sesiones de entrenamiento. Luego de observar las aplicaciones existentes y considerar los datos necesarios para analizar las reacciones de las personas dentro de un contexto de entorno virtual crítico, se plantea la necesidad de una aplicación que tenga una captura integral de la información biométrica-emocional de la persona en cada instante en el que interactúa en el entorno virtual.

### 3 Descripción de la solución

Se diseñó una arquitectura de sistema que tiene como entradas principales por un lado la captura de las ondas cerebrales con el empleo del BCI y por el otro la toma de "capturas de pantalla" y las interacciones que el usuario realice con la computadora donde ejecuta el ambiente virtual (empleando, imágenes, simuladores, juegos, etc). Mientras se capturan las imágenes de dichas pruebas, al mismo tiempo el usuario utiliza el BCI de Neurosky para capturar sus ondas cerebrales en otra computadora dedicada. Previamente, el "Time" de ambas computadoras se sincronizará para que la información pueda vincularse correctamente. Esta información se guarda en base de datos dedicada de la aplicación, identificando cada instante con el "Time" sincronizado, que actúa en como valor unívoco. La aplicación permite etiquetar los niveles de las ondas para luego poder analizarlo más fácilmente y poder ubicar los momentos en los que cada una de las ondas o niveles supera o es menor que ciertos valores o umbrales de señal ~~configurables~~ configurables. Se representa en la figura 1 el modelo conceptual del sistema.

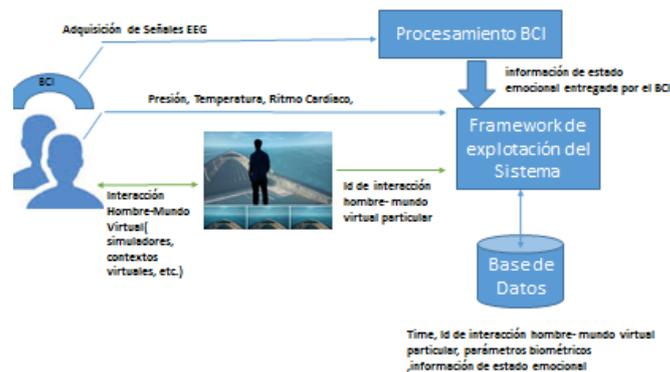


Fig. 1. Modelo conceptual del sistema de influencia del estado biométrico emocional de personas interactuando en mundos virtuales

El BCI empleado es el NeuroSky [15], sus algoritmos [16], brindan información en relación a estado de:

a) **Relajación**, indica el nivel de "calma" o "relajación" mental, el valor varía de 0 a 100, y aumenta cuando los usuarios relajan la mente y decrece cuando están inquietos o estresados. El medidor cuantifica la capacidad de encontrar un estado interno de atención plena y puede ayudar a los usuarios a aprender cómo autocorregirse y encontrar el equilibrio interno para superar situaciones de tensión;

b) **Atención**: indica la intensidad del "foco" mental o "atención". El valor varía de 0 a 100. El nivel de atención aumenta cuando un usuario se enfoca en un solo pensamiento o en un objeto externo, y disminuye cuando se distrae. Los usuarios pueden observar su habilidad para concentrarse usando el algoritmo.

c) **Detección de parpadeo:** señala los parpadeos de un usuario. Un número más alto indica un parpadeo "más fuerte", mientras que un número más pequeño indica un parpadeo "más claro" o "más débil". La frecuencia de parpadeo a menudo se correlaciona con nerviosismo o fatiga. Los parpadeos son similares a los de un sistema binario on / off estándar y, por lo tanto, son valiosos para los controles que requieren respuestas definitivas. Por ejemplo, en aplicaciones de comunicación, un abrir y cerrar de ojos significa no, dos significan sí, dar a las personas con necesidades especiales una forma sencilla de comunicarse;

d) **Esfuerzo mental:** mide la carga de trabajo mental al realizar una tarea. Cuanto más difícil es el cerebro de un usuario en una tarea, mayor es el valor. El algoritmo funciona bien con tareas físicas (por ejemplo, dibujo) y mentales (por ejemplo, recitado), y se puede usar para el seguimiento continuo en tiempo real y comparaciones entre ensayos para medir los efectos de la multitarea, la variabilidad de la carga de trabajo y más. El algoritmo se puede usar para rastrear los efectos de diversas cargas cognitivas sobre la capacidad de aprender y proporcionar retroalimentación para la auto-mejora del usuario.

Se presenta a continuación una descripción de las principales clases desarrolladas, en este orden, la aplicación de captura de bioseñales cuenta con una interfaz la cual se puede ver en la figura 2, esta, manipula los datos necesarios para adquisición de los datos biométricos (PORT, ROW\_TIME, POORSIGNAL, ATTENTION RELAJACION, EEGPOWER, EegPowerDelta, EegPowerThetha, EegPowerAlpha1, EegPowerAlpha2, EegPowerBeta1, EegPowerBeta2, EegPowerGamma1, EegPowerGamma2) que entrega el BCI, para esto cuenta con las variables locales donde van a ser almacenadas cada una de estas.. También almacenara la fecha y hora de ejecución precisa para que pueda hacerse la integración con los datos de la aplicación de captura de imágenes. A su vez cuenta con datos extras que serán, el nombre de la prueba, el puerto a utilizar y una breve descripción, la cual la aplicación deja al usuario que los rellene por pantalla. Para la programación de la aplicación de captura de imágenes, como se observa en la Figura 3, tenemos tres interfaces, las cuales son: capturaDeImagen, VisualizacionDeBD y RegistroSeleccionado. La primera es la que manipula toda la aplicación, su funcionalidad es la de capturar las imágenes y guardarlas en la base de datos, la cual al inicializar la interfaz genera las conexiones correspondientes. Posee dentro la locación donde se almacenarán las imágenes, un identificador único el cual se reinicia por cada sección. La sección es un número que indica el paquete actual de las capturas. Dentro de la misma interfaz tenemos un cronómetro interno, el cual gobierna el tiempo que hay entre una captura y la otra. La segunda interfaz, VisualizacionDeBD, solamente posee una conexión a la base correspondiente y un componente que permite la visualización de la tabla que se le indique de la base de datos en forma de grilla. Una cualidad que se le agrega permite al usuario seleccionar un registro, se abra la tercera interfaz para ver más en detalle el contenido del registro. Para la tercer y ultima interfaz, RegistroSeleccionado una ventana simple permite la muestra todos los campos ordenadamente y una pre visualización de la captura, además, dicha interfaz, permite modificar el campo Descripción y también poder darle doble click a la imagen y poder verla con la aplicación predeterminada de imágenes que posea la computadora donde se corre dicha aplicación.

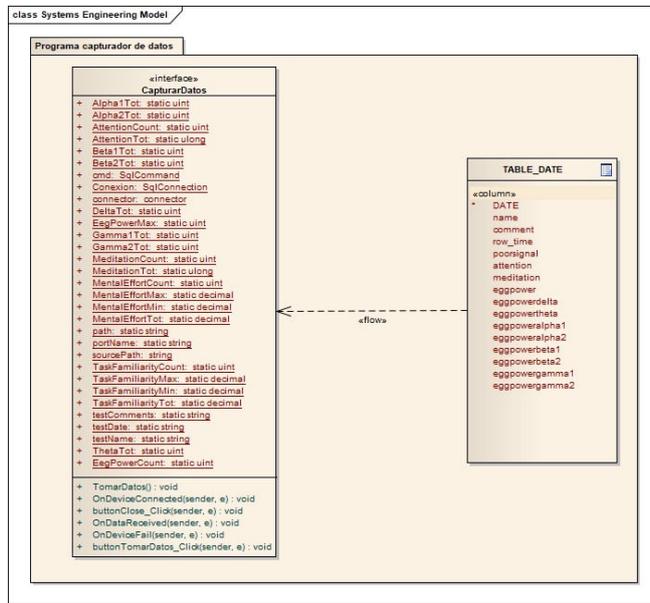


Fig 2. Diagrama del sistema captador de ondas cerebrales

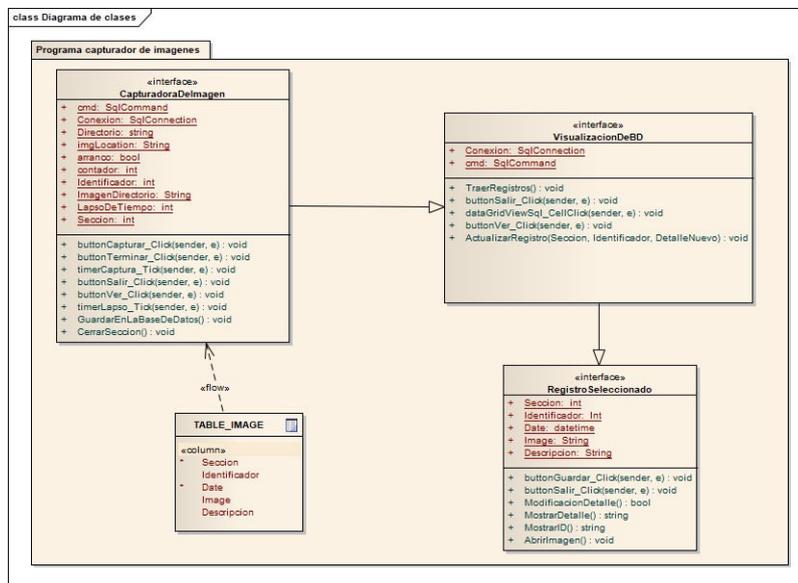


Fig 3. Diagrama de clases de sistema captador de imágenes

El framework de registro de bioseñales correspondiente al BCI se implementó en el lenguaje C#, utilizando la librería ThinkGear.dll la cual posee las funciones necesarias para interpretar las señales. Esta aplicación registra los metadatos de atención y relajación en un rango de entre 0 y 100. Asimismo, también registra los datos en Hz de las ondas cerebrales. La estructura de los datos que registra es la siguiente: HORARIO\_DE\_PC, TEST\_NAME, TEST\_COMMENT, PORT, ROW\_TIME, POORSIGNAL, ATENCIÓN, RELAJACIÓN (también llamada Meditación), EEGPOWER, EegPowerDelta, EegPowerTheta, EegPowerAlpha1, EegPowerAlpha2, EegPowerBeta1, EegPowerBeta2, EegPowerGamma1, EegPowerGamma2. Se puede ver un ejemplo en la figura 4

	HORARIO_DE_PC	TEST_NAME	TEST_COMMENT	PORT	ROW_TIME	POORSIGNAL	ATTENTION	MEDITATION	EEGPOWER	EegPowerDelta	EegPowerTheta
333	09/07/2018 07:36.4...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175808	99724	50	37	2892387	89080	22464
334	09/07/2018 07:36.5...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175810	96158	56	54	2892387	23262	22745
335	09/07/2018 07:36.5...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175811	96823	48	43	2892387	78090	36763
336	09/07/2018 07:36.5...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175812	97495	54	50	2892387	12748	11021
337	09/07/2018 07:36.5...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175813	94362	77	44	2892387	110626	50807
338	09/07/2018 07:36.5...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175814	94947	64	53	2892387	32808	17087
339	09/07/2018 07:36.5...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175815	94585	64	51	2892387	21721	11220
340	09/07/2018 07:36.5...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175816	94358	74	44	2892387	285978	11508
341	09/07/2018 07:36.5...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175817	92227	74	44	2892387	20235	9206
342	09/07/2018 07:36.5...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175818	92466	77	48	2892387	134145	16346
343	09/07/2018 07:36.5...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175819	9125	74	54	2892387	8713	10072
344	09/07/2018 07:37.0...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175820	89891	75	61	2892387	24194	12459
345	09/07/2018 07:37.0...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175821	92086	66	69	2892387	47144	66218
346	09/07/2018 07:37.0...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175822	91896	67	60	2892387	46277	25733
347	09/07/2018 07:37.0...	PruebaDinamica	PruebaDinamica	COM3	1531175823	90183	61	54	2892387	13695	15919

Fig 4. Base de datos de la aplicación de captura de bioseñales

El sistema de captura de imágenes del entorno virtual en el que interacciona el usuario también se ha implementado en el lenguaje C# y registra en la base de datos secciones, identificadores, fecha, la ubicación de la imagen y una descripción de la misma. La estructura de los datos que se registran es la siguiente: SECCION, IDENTIFICADOR, DATE, IMAGE, DESCRIPCION. Se puede observar un ejemplo en la figura 5: La base de datos que captura de imágenes se implementó en SQL Server.

	SECCION	IDENTIFICADOR	DATE	IMAGE	DE:
233	4	40	09/07/2018 07:22:14.946 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717349...	Car
234	4	41	09/07/2018 07:22:15.949 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717359...	Car
235	4	42	09/07/2018 07:22:16.961 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717369...	Car
236	4	43	09/07/2018 07:22:17.958 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717379...	Car
237	4	44	09/07/2018 07:22:18.943 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717389...	Car
238	4	45	09/07/2018 07:22:19.961 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717399...	Car
239	4	46	09/07/2018 07:22:20.964 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717409...	Car
240	4	47	09/07/2018 07:22:21.955 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717419...	Car
241	4	48	09/07/2018 07:22:22.959 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717429...	Car
242	4	49	09/07/2018 07:22:23.942 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717439...	Car
243	4	50	09/07/2018 07:22:24.950 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717449...	Car
244	4	51	09/07/2018 07:22:25.969 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717459...	Car
245	4	52	09/07/2018 07:22:26.954 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717469...	Car
246	4	53	09/07/2018 07:22:27.958 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717479...	Car
247	4	54	09/07/2018 07:22:28.974 p.m.	D:\Universidad\TESIS\Capturas\image-636667717489...	Car

Fig 5. Base de datos de la aplicación de captura de imágenes

#### 4 Pruebas y Resultados Obtenidos

El desarrollo de las pruebas tiene como objetivo el registro de EEG, imágenes asociadas y estados de relajación y atención del individuo, durante su actuación en un entorno virtual. La experimentación inicial abordará situaciones de casos de borde contribuyendo con el estado de relajación o en situaciones que no contribuyan con el estado de relajación. Se diseñaron las pruebas considerando dos casos iniciales. El primero corresponde a un ambiente estático donde se utilizan un conjunto de fotos, imágenes y sonidos que contribuyan con el estado de "Relajación". Estos elementos irán variando en ciertos periodos de tiempo, momentos de relajación y momentos generados por imágenes de que no contribuyen con el estado de relajación. Las imágenes empleadas pueden ser seleccionadas por los directores del experimento. En particular las pruebas basales se realizaron con diversos usuarios, se presenta el resultado de dos usuarios, para los cuales se emplearon diez imágenes de relajación y otras diez imágenes que buscan alterar la relajación, con un intervalo temporal de 5 segundos entre imágenes, ver set de imágenes en [17]. El segundo, caso de pruebas el usuario utiliza un entorno dinámico representado por un juego virtual "Counter Strike Global Offensive", ver las imágenes capturadas en [18], con todas las tareas y eventos que esto representa durante un promedio de 180 segundos de juego, donde se registra el grado de atención del usuario, además de los parámetros del EEG. En la figura 6 se pueden observar los gráficos con los resultados de las pruebas estáticas de dos usuarios y sus picos máximos de relajación, acompañado por sus correspondientes imágenes fig 7a primer usuario y fig 7 b segundo usuario. En la figura 8 se pueden observar los resultados de las pruebas dinámicas de dos usuarios con sus respectivos gráficos, se muestran el momento en el que los usuarios tuvieron el mayor grado de atención mientras ejecutaban el juego, acompañado por la captura del sistema de las imágenes correspondientes, al primer usuario en fig 9 a y del segundo usuario en figura 9b

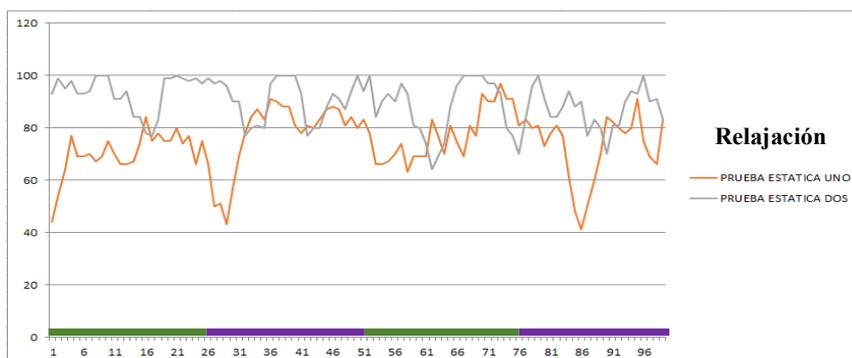


Fig 6 Resultados de la prueba estática de relajación. En la línea de tiempo inferior (segundos) se ve en verde los momentos de las imágenes de relajación y en violeta los

momentos en donde cada usuario se encontraba viendo imágenes que afectan el estado de relajación.



Fig 7 a Imagen primer usuario      Fig 7 b Imagen segundo usuario  
Pruebas de ambiente estático correspondientes a las imágenes de máxima relajación de cada usuario

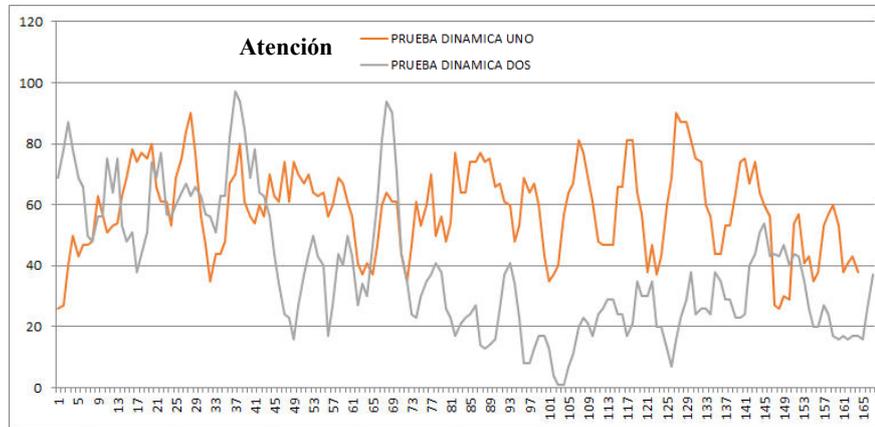


Figura 8: Resultados de la prueba dinámica. Eje X expresado en segundos

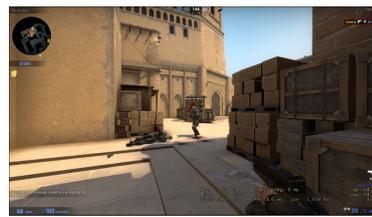
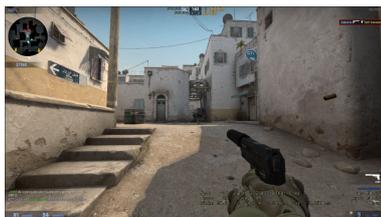


Fig 9 a captura de imagen primer usuario      Fig 9b captura de imagen segundo usuario  
Pruebas de ambiente dinámico correspondiente a las imágenes capturadas con un pico máximo en el nivel de atención de cada usuario.

## 5 Conclusiones y futuras líneas de trabajo

Los resultados correspondientes a las pruebas basales fueron exitosos en términos de las funcionalidades de registros de parámetros biométricos de EEG y sus metadatos en correspondencia con el contexto de ambiente virtual del usuario en términos de la captura de imágenes correlacionadas con sus valores biométricos, esto contribuye con el desarrollo de ambientes de computación afectiva en función del perfil emocional del usuario, además de brindar información valiosa en particular en ambientes de entrenadores / simuladores en relación al estado emocional del usuario, en particular si estos sistemas son de misión crítica. Como futuras líneas de trabajo se encuentra en desarrollo inicial la integración de parámetros fisiológicos del usuario. En el marco de las futuras líneas de investigación se explorará la integración de una "api" que capture imágenes de rostros de la cara de la persona y permite dar más información sobre el estado emocional.

## 6 Agradecimiento

Los autores del presente trabajo agradecen el apoyo brindado por la SECYT-UM en el marco del proyecto PING 01-001-17

## 7 Referencias

1. Hamadicharef, "Brain Computer Interface Literature- A bibliometric study", in 10th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications, Kuala Lumpur, 2010, pp. 626-629.
2. J. del R Millán, "Brain-computer interfaces," in Handbook of Brain Theory and Neural Networks, 2nd ed, M.A. Arbib, Ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2002
3. M. A. Lebedev and M. A. L. Nicolelis, "Brainmachine interfaces: Past, present and future," Trends in Neurosciences, vol. 29, no. 9, pp. 536-546, September 2006.
4. R. Wolpaw, D. J. McFarland, "Brain-computer interface research at the Wadsworth center," IEEE Trans. Rehab. Eng., vol. 8, pp. 222-226, 2000
5. Ierache, J., Dittler M., Pereira G., García Martínez R, "Robot Control on the basis of Bio-electrical signals" XV CACIC 2009, UNJu, ISBN 978-897-24068-3-9
6. Ierache J, Pereira G, Iribarren J, Sattolo I, "Robot Control on the Basis of Bio-electrical Signals": "International Conference on Robot Intelligence Technology and Applications" (RiTA 2012). Series Advances in Intelligent and Soft Computing of Springer.

7. Ierache., J, Pereira.,G, Sattolo.,I ,Guerrero., A, D'Altto J, Iribarren., J. Control vía Internet de un Robot ubicado en un sitio remoto aplicando una Interfase Cerebro-Máquina ".XVII CACIC 2011, UNLP, ISBN 978-950-34-0756-1,p 1373-1382.
8. Ierache J, Pereira G, Iribarren J “Demostración de los resultados en la integración de Interfases Lectoras de Bioseñales aplicadas al Control de un Robot” VII TEYET 2012 UNNOBA, 2012, demos educativas. ISBN 978-987-28186-3-0.
9. Ierache., J, Pereira., G, J, Iribarren Framework for Brain Computer Interface implemented to control devices in the context of home automation XIX CACIC 2013, CAECE Mar del Plata, ISBN 978-897-23963-12
10. Ierache J, Nervo F, Pereira G, Iribarren J Estado emocional centrado en estímulos, aplicando Interfase cerebro-maquina, XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (Buenos Aires, 2014) ISBN 978-987-3806-05-6
11. Emotiv Epoc Vigente 2015 <http://www.emotiv.com/>.
12. Cervino, C. 1999. MS. Nuevo ritmo alfa y actividad gamma en los bulbos olfatorios de un armadillo sudamericano: cuantificación y perspectivas futuras. Premio “Prof. Dr. Eduardo de Robertis”, al mejor trabajo de Neurociencia Básica. 455 pág.. Septiembre 1999.
13. Affanni, JM. y CO. Cervino. 2000. Actividad Bioeléctrica Cerebral. En: Fisiología Humana de Houssay (7ma ed.), A. Houssay y C. Cingolani (eds.). Buenos Aires: Ed. El Ateneo. 1120 pág.: 1015-1039.
- 14 Jorge Ierache, Claudio Cervino, Edgardo Eszter, Daniel Fortin, Alvaro Castro Menna Actas del XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste, 26 y 27 de abril de 2018, ISBN: 978-987-3619-27-4, pp 785-789.
- 15 <http://neurosky.com/> vigente julio 2018
- 16 <http://neurosky.com/biosensors/eeg-sensor/algorithms/> vigente julio 2018
- 17 <https://drive.google.com/open?id=10IA3cSkxpkIBERiRa1R6nedm8G6qfer-> vigente julio 2018
- 18 Counter Strike Global Offensive <https://drive.google.com/open?id=13yntTzZG3HxQA951UZpFXqDRlozPFFeSV> vigente julio 2018