

Prototipo de Sistema Portátil de Análisis de Pupilas, Voz y Frecuencia Cardíaca para Detectar Mentiras

Trabajo Terminal No. ____ - ____

Alumnos: *Arceo Martínez Gerardo, Arceo Martínez Lilián Estéfany
Directores: Marco Antonio Dorantes Gonzalez, Martha Rosa Cordero López
*e-mail: mr.gerardo.arceo@gmail.com

Resumen - Desarrollo de un prototipo portátil capaz de determinar con una eficacia mayor al 75% si una persona miente en su discurso hablado a través del análisis inteligente de las siguientes variables fisiológicas: frecuencia cardíaca, movimientos oculares y señal de voz.

Palabras clave – Aprendizaje automático, diagnóstico artificial, procesamiento de señales, reconocimiento de patrones.

1. Introducción

El engaño es un proceso cognitivo en el que una persona conscientemente oculta la verdad o la distorsiona. Farwell [1], dice que hay muchas ocasiones en las que es una sola persona la que conoce la verdad acerca de un asunto que es de importancia para otras, por lo tanto, la detección de mentiras es de utilidad para obtener la verdad y apoyar el proceso de toma de decisiones [1].

La detección psicofisiológica de mentiras se basa en la teoría de que mentir produce emociones particulares que generan respuestas fisiológicas medibles [1], por consiguiente, es posible detectar el engaño de manera precisa al basarse en estos mecanismos. El polígrafo clásico mide fluctuaciones en la presión sanguínea, el pulso y la respiración y es un primer acercamiento a la detección de mentiras, sin embargo, en un análisis realizado por Vrij y Fisher [2] concluyen que no es una herramienta lo suficientemente completa para resolver el problema, al menos en la corte.

Actualmente, existen herramientas que directamente detectan mentiras o que miden variables fisiológicas relacionadas con el proceso del engaño, el problema es que dichas tecnologías [3-11] son inaccesibles para el público en general.

El sistema planteado pretende tomar tres variables fisiológicas de relativa sencilla obtención, las cuales se eligieron con base en la respuesta biomecánica del cuerpo al mentir: generando aumento del ritmo cardíaco, de la frecuencia y amplitud de las sacadas y de la tensión en las cuerdas vocales.

De esta forma, para detectar mentiras de manera confiable y accesible para el público en general, se propone el uso de un sensor de frecuencia cardíaca, sensores infrarrojos con sensibilidad de 1° y una tasa de muestreo adecuada a la variación de las sacadas (entre 20 y 200 ms) para detectar los movimientos oculares, y para obtener la señal de audio, el uso del micrófono del dispositivo móvil además de filtros digitales para obtener una señal limpia que permita obtener las características prosódicas seleccionadas.

La obtención de los datos se realiza a través de un gadget en forma de lentes acondicionados con un sensor de frecuencia cardíaca en la sien y sensores infrarrojos en el marco para la detección de movimientos oculares. Éste se comunica con un smartphone a través de Bluetooth y una aplicación. La señal de voz se adquiere en el dispositivo móvil haciendo uso de dicha aplicación.

Para el análisis de las variables biológicas se generan modelos descriptivos de cada fenómeno fisiológico relacionado con la probabilidad de engaño mediante redes neuronales. Con estos datos, se realiza la clasificación entre verdad y mentira usando técnicas de aprendizaje autónomo y se entrega al usuario el resultado del análisis desplegado en la aplicación móvil.

En tiempos modernos, ya se han desarrollado algunos otros proyectos al respecto pero con contextos y enfoques distintos, a continuación se enlistan los más destacables:

	TRABAJO SIMILAR	CARACTERÍSTICAS	PRECIO EN EL MERCADO
Proyectos comerciales	EyeDetect [3]	Detecta mentiras con una precisión del 86% a través del análisis de los movimientos oculares con sensores infrarrojos.	Desconocido, se estiman más de \$60,000
	AVATAR [4]	Detecta mentiras con una precisión del 75% a través del análisis de voz, gestos y postura a través de un interrogatorio realizado por un avatar virtual en 3D, para determinar el riesgo potencial en aeropuertos en E.U.A y Canadá.	Experimental, costo desconocido, se estiman más de \$500,000
	iBorderCtrl [5]	Detecta mentiras con una precisión del 75% a través del análisis de voz, gestos y postura a través de un interrogatorio realizado por un avatar virtual en 3D, para determinar el riesgo potencial en aeropuertos en la UE.	Experimental, costo desconocido, se estiman más de \$500,000
Proyectos académicos	Veritaps (University of Copenhagen) [6]	Detecta mentiras con una precisión del 57% y verdades con 98% de precisión a través del análisis de los patrones de comportamiento del usuario al utilizar un smartphone.	Experimental y sin precio definido
	Sistema de apoyo para medir el grado de confiabilidad en las declaraciones de un individuo, basándose en el movimiento ocular y otros cambios fisiológicos (IPN) [7]	Utiliza un sistema experto para asignar ponderaciones predefinidas a cada variable fisiológica medida, sin el interrogatorio y análisis de resultados de un profesional, la precisión del sistema es difusa.	Prototipo experimental y sin precio definido
	Psychophysiological differentiation of deception: the effects of electrodermal lability and mode of responding on skin conductance and heart rate (INT J PSYCHOPHYSIOL) [8]	Evalúa los efectos de la conductancia de la piel y la frecuencia cardíaca sobre el fenómeno del engaño en una situación con baja participación emocional y carga mental.	Investigación académica, sin precio definido
	Deception detecting from speech signal using relevance vector machine and non-linear dynamics features (Neurocomputing) [9]	Se analizan 30 características prosódicas y 18 de dinámica no lineal en la señal de audio para detectar mentiras usando una clasificación por máquina de vector de relevancia.	Investigación académica, sin precio definido
	Saccadic eye movement rate as a cue to deceit (JARMAC) [10]	Mediante el conteo de los movimientos sacádicos por segundo de discurso, se detectan mentiras espontáneas.	Investigación académica, sin precio definido
	Lie detection on pupil size by back propagation neural network (Biomedical Engineering-Near East Univeristy) [11]	Detecta mentiras determinando el tamaño de las pupilas en fotos de una base de datos usando redes neuronales para la clasificación.	Investigación académica, sin precio definido

Tabla 1. Resumen de productos similares.

En comparación con estos sistemas, el trabajo propuesto se enfoca a un público más general por lo que contará con un precio accesible aún por determinar y ya que se trata de un prototipo la eficiencia esperada es del 75% con posibilidad de mejora al ampliar el sistema a futuro.

2. Objetivo

Objetivo general:

Desarrollar un prototipo de obtención y análisis de movimientos oculares, frecuencia cardíaca y señal de voz para ofrecer un diagnóstico artificial acerca de la veracidad del discurso hablado de una persona con una eficacia mayor al 75% mediante técnicas de aprendizaje autónomo.

Objetivos específicos:

1. Construir un gadget en forma de lentes para la captura de movimientos oculares, frecuencia cardíaca y envío de datos mediante la adición de sensores infrarrojos, pulsímetro en la sien y módulo Bluetooth.
2. Pre procesar la información de la frecuencia cardíaca, movimientos oculares y voz del usuario usando una aplicación móvil y un algoritmo de eliminación de ruido para facilitar su posterior manipulación.
3. Obtener las características prosódicas a analizar mediante la manipulación de la señal de audio para que dichas características sean los datos de entrada de una red neuronal para aproximar funciones.
4. Modelar la relación entre los movimientos oculares por segundo, frecuencia cardíaca o características prosódicas y el proceso de mentir usando redes neuronales artificiales para determinar una probabilidad de mentira dado el número de sacadas por segundo, frecuencia cardíaca o características prosódicas.
5. Evaluar el desempeño de cada red neuronal generando una matriz de confusión para determinar los resultados finales del diagnóstico.
6. Verificar el funcionamiento final del prototipo mediante la delimitación de preguntas y ambientes de ensayo estandarizados a distintas personas para obtener el porcentaje global de fiabilidad del sistema.

3. Justificación

Farwell [1] dice que hay muchas ocasiones en las que es una sola persona la que conoce la verdad acerca de un asunto que es de importancia para otras, por lo tanto, la detección de mentiras es de utilidad para obtener la verdad y apoyar el proceso de toma de decisiones. La detección psicofisiológica de mentiras se basa en la teoría de que mentir produce emociones particulares que generan respuestas fisiológicas medibles [1].

Actualmente el sistema para detectar mentiras más usado es el polígrafo, que mide la presión de sangre, respiración y conductancia de la piel. Los críticos han cuestionado la teoría y la práctica de la poligrafía, principalmente porque las respuestas basadas en la emoción medidas pueden no siempre corresponder a la mentira. El polígrafo generalmente no es admisible en la corte [1]. Vrij y Fisher [10] concluyen en su trabajo que el polígrafo no se puede incluir en una entrevista de investigación estándar pero puede servir de apoyo para la toma de decisiones.

Existen medidas alternativas para detectar mentiras como resonancias magnéticas, pupilómetros, análisis de expresiones faciales, lenguaje corporal y frecuencia de voz; el problema con los sistemas actuales es que son invasivos o los equipos son tan complejos que se limitan a públicos particulares haciendo de esta tecnología algo exclusivo de ciertas áreas.

El sistema planteado analiza la frecuencia cardíaca y la señal de voz, datos que son fácilmente obtenibles desde cualquier smartphone actual, lo que permite tener una implementación de bajo costo de un detector de mentiras eficiente a través de una aplicación móvil, además de brindarle al usuario la oportunidad de mejorar notablemente la eficiencia del sistema al adquirir opcionalmente y a un precio accesible los lentes especiales.

El diagnóstico artificial se logra con la obtención y parametrizaciones de las variables biométricas a evaluar, el procesamiento profundo de redes neuronales artificiales especializadas y el análisis de algoritmos inteligentes, lo que permite brindarle al usuario una respuesta concreta y un intervalo de confianza lo suficientemente preciso para poder usar el diagnóstico como apoyo en la toma de decisiones.

Un sistema de este tipo, puede ser de propósito general o enfocado a algún área específica, por ejemplo: medicina, psicología, seguridad judicial, procesos penales, política, etc. Sin embargo, el enfoque de este proyecto es dar una implementación accesible para el público general, de esta forma se consigue abarcar a una gran cantidad de usuarios. Además, el tener un sistema enfocado a numerosos usuarios, resulta sumamente beneficioso para la evolución de los algoritmos de aprendizaje automático implementados y eso repercute directamente en la eficacia del sistema a largo plazo.

4. Productos o resultados esperados

El prototipo final contará con la arquitectura de sistema mostrada en la figura 2. Con base en esto, los productos del proyecto son:

1. Lentes que cuenten con las siguientes especificaciones.
 - a) Sensores infrarrojos capaces de detectar los movimientos oculares.
 - b) Sensor de frecuencia cardíaca en el área de la sien.
 - c) Transmisión de datos vía bluetooth que los conectan a la aplicación móvil.
2. Topología de redes neuronales necesarias para el análisis de datos adquiridos:
 - a) Movimientos oculares.
 - b) Señal de voz.
 - c) Frecuencia cardíaca.
3. Aplicación móvil desplegada en la App Store y Play Store capaz de.
 - a) Adquirir la señal de voz mediante el hardware del celular.
 - b) Recibir los datos obtenidos con los lentes.
 - c) Enviar la información a un servidor para su análisis.
 - d) Recuperar y mostrar el diagnóstico al usuario con porcentaje de fidelidad.

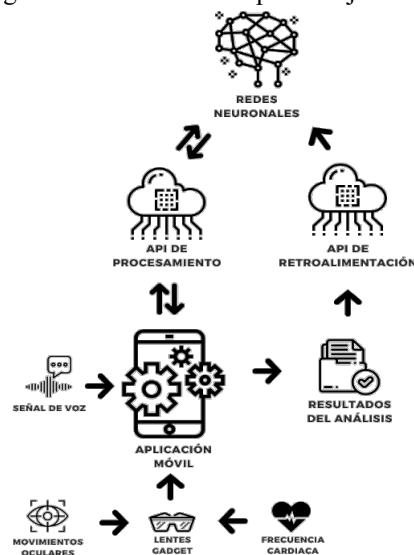


Figura 2. Arquitectura del sistema

5. Metodología

El desarrollo de este proyecto implica cierto grado de riesgo al implementar técnicas de aprendizaje automático y algoritmos heurísticos, por lo que es muy importante minimizar los riesgos para optimizar los recursos disponibles y cumplir con el cronograma esperado.

Por lo mencionado anteriormente, la metodología escogida para el desarrollo es el Modelo en Espiral, pues los riesgos son contrarrestados por el enfoque incremental, haciendo primero prototipos, que luego pasan al menos una vez, por las fases de desarrollo de software.

La principal dificultad en la implementación del Modelo en Espiral es el análisis de riesgos, pues se requiere una considerable experiencia y conocimiento del ámbito del proyecto para poder predecir eficientemente los riesgos que surjan durante el desarrollo, sin embargo, al contar con asesoría y apoyo con diversos especialistas y expertos tanto en el desarrollo de proyectos de software como en las tecnologías implicadas en el sistema, se puede reducir drásticamente la incertidumbre de detección de riesgos.

De esta forma, durante el desarrollo se desarrollarán distintos prototipos de cada uno de los módulos que conforman al sistema con todas las respectivas fases y validaciones del desarrollo tradicional de software, pero con la gran ventaja que implica el enfoque incremental en los algoritmos de aprendizaje automático, permitiendo evolucionarlos y mejorar su eficiencia conforme se avanza en las iteraciones, al mismo tiempo que la interfaz móvil y las API's web encargadas de la comunicación, van adaptándose a los nuevos requerimientos de entrada y salida de las redes neuronales artificiales, según vaya siendo su evolución con cada modelo de entrenamiento.

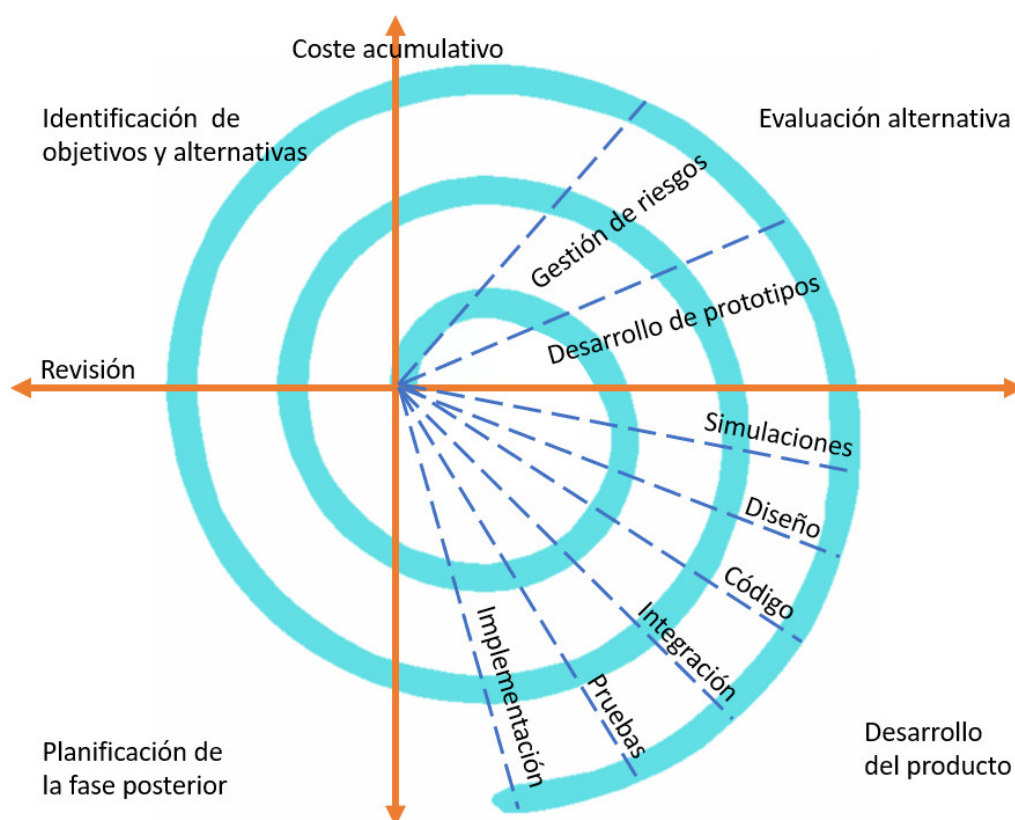


Figura 2. Etapas que tiene cada iteración dentro del Modelo en Espiral

6. Cronograma

CRONOGRAMA Nombre del alumno(a): Gerardo Arceo Martínez

TT No.:

Título del TT: Sistema Portátil de Análisis de Pupilas, Voz y Frecuencia Cardíaca para Detectar Mentiras

[illegible]

TT No.:

TT No.:

[illegible]

7. Referencias

- [1] L. Farwell, "Lie Detection", en *Encyclopedia of Forensic Sciences (Second Edition)*, J. A. Siegel, P. J. Saukko y M. M. Houck, eds., Second Edition, Walt-ham: Academic Press, 2013, págs. 144-149, isbn: 978-0-12-382166-9. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382165-2.00025-8>. dirección: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123821652000258>.
- [2] A. Vrij y R. P. Fisher, "Which Lie Detection Tools are Ready for Use in the Criminal Justice System?", *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, vol. 5, n.o3, págs. 302-307, 2016, issn: 2211-3681. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2016.06.014>. dirección: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211368116300420>.
- [3] "El Detector De Mentiras Más Exacto: EyeDetect." Converus, Converus, Inc., 2020. [En línea]. Disponible en: converus.es/eyedetect/. [Acceso 01/03/2020].
- [4] S. Finch, "The Lie-Detecting Security Kiosk of the Future", *NewsCenter SDSU*, 16 diciembre 2016. [En línea]. Disponible en: http://newscenter.sdsu.edu/sdsu_newscenter/news_story. [Acceso 01/03/2020].
- [5] "Intelligent Portable Border Control System", *CORDIS EU research results*, 3 julio 2017. [En línea]. Disponible en: <https://cordis.europa.eu/project/id/700626>. [Acceso 01/03/20].
- [6] A. Mottelson, J. Knibbe y K. Hornbæk, "Veritaps: Truth Estimation from Mobile Interaction", abr. de 2018. doi:10.1145/3173574.3174135.
- [7] A. Tajonar, L. Hernández y D. Pérez, "Sistema de apoyo para medir el grado de confiabilidad en las declaraciones de un individuo, basándose en el movimiento ocular y otros cambios fisiológicos", nov. de 2013. doi: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/22670/TT2012-B009.pdf>
- [8] H. W. Gödert, H.-G. Rill y G. Vossel, "Psychophysiological differentiation of de-ception: the effects of electrodermal lability and mode of responding on skin con-ductance and heart rate", *International Journal of Psychophysiology*, vol. 40, n.o1, págs. 61-75, 2001, issn: 0167-8760. doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(00\)00149-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(00)00149-5). dirección: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167876000001495>.
- [9] Y. Zhou, H. Zhao, X. Pan y L. Shang, "Deception detecting from speech signal using relevance vector machine and non-linear dynamics features", *Neurocomputing*, vol. 151, págs. 1042-1052, 2015, issn: 0925-2312. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2014.04.083>. dirección: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231214013435>.
- [10] A. Vrij, J. Oliveira, A. Hammond y H. Ehrlichman, "Saccadic eye movement rate as a cue to deceit", *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, vol. 4, n.o1, págs. 15-19, 2015, issn: 2211-3681. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2014.07.005>. dirección: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221136811400062X>.
- [11] F. V. Nurcin, E. Imanov, A. Isin y D. U. Ozsahin, "Lie detection on pupil size by back propagation neural network", *Procedia Computer Science*, vol. 120, págs. 417-421, 2017, 9th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perception, ICSCCW 2017, 22-23 August 2017, Budapest, Hungary, issn: 1877-0509. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.258>. dirección: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917324705>.
- [12] "10 Puntos De Palpación De Los Pulsos Arteriales." Elsevier Connect, 4 agosto 2017. [En línea]. Disponible en: www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/10-puntos-de-palpacion-de-los-pulsos-arteriales. [Acceso 01/05/20].
- [13] I. Luengo, E. Navas, I. Hernández y J. Sánchez, "Reconocimiento automático de emociones utilizando parámetros prosódicos", *Procesamiento del lenguaje natural*, no. 35, págs. 13-20, 2005.
- [14] L. Gila, A. Villanueva y R. Cabeza, "Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares", en *Anales del sistema sanitario de Navarra*, SciELO España, vol. 32, 2009, págs. 9-26.

8. Alumnos y Directores

CARÁCTER: Confidencial FUNDAMENTO LEGAL:
Artículo 11 Fracc. V y Artículos
108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso
a la Información Pública.
PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono.

Gerardo Arceo Martínez.- Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2015090038 , Tel. 5571777917 , email: mr.gerardo.arceo@gmail.com.

Firma: _____

Lilián Estefany Arceo Martínez.- Alumno de la carrera de Ing. Biónica en UPIITA, Especialidad Bioelectrónica, Boleta: 2014090038 , Tel. 5526581757, email: arceo.lilian.e@gmail.com.

Firma: _____

Martha Rosa Cordero López.- Maestra en tecnologías de cómputo, profesora e investigadora de la ESCOM, Tel. 5531651597, email: mcorderol@ipn.mx

Firma: _____

Marco Antonio Dorantes González.- Maestro en tecnologías de cómputo, profesor e investigador de la ESCOM

Firma: _____