

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



**Departamento:**

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

**Programa de acreditación:**

PROINCE

**Código del Proyecto:**

C239

**Título del proyecto:**

Procesamiento de señales del habla para la clasificación y monitoreo y la enfermedad de Parkinson

**PIDC:**

**Elija un elemento.**

**PII:**

**Elija un elemento.**

**Director:**

Silvia Noemí Pérez

**Codirector (Director a cargo desde 1/9/2022):**

Verónica Aubin

**Integrantes:**

Fernández, Luis Alberto

Guatelli, Renata Silvia

Pepe, María Laura

**Alumnos de grado:**

Linari, Daniela (alumno UNLaM)

Sinopoli, Alesio (alumno UNLaM)

**Resolución Rectoral de acreditación: N°416/21**

**Fecha de inicio:**

01-01-2021

**Fecha de finalización:**

31-12-2022

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## A. Desarrollo del proyecto (adjuntar el protocolo)

**A.1.** Grado de ejecución de los objetivos inicialmente planteados, modificaciones o ampliaciones u obstáculos encontrados para su realización.

Las actividades propuestas se realizaron mayormente según lo planificado y se detallan a continuación:

- A1: preparación y publicación de base de datos de voz de personas con EP y sin EP

La base de datos se construyó durante el proyecto previo, C224 y derivó en una publicación en la revista REDDI (Giuliano y otros, 2021). Posteriormente, se publicaron los audios de la vocal /a/ en la plataforma *figshare* (Pérez & Giuliano, 2022).

- A2: Parametrización de la voz de personas con y sin Parkinson

Se utilizaron los parámetros propuestos en Tsanas (2014) para el análisis de la señal de voz, generados con el Voice Analysis Toolbox (VAT). Se obtuvieron parametrizaciones de los audios con técnicas diversas de análisis. Por intermedio de la transformada wavelet discreta, se obtuvieron parámetros a partir de la curva de intensidad o amplitud de la señal en diferentes bases, agregando en una etapa posterior medidas correspondientes al shimmer.

- A3: Selección de características extraídas de grabaciones de voz

A partir de la base propia, se estimaron medidas de disfonía que fueron clasificadas según cuatro grupos que caracterizan diferentes patologías en la voz: dos grupos asociados con la periodicidad de la señal, un grupo asociado a problemas de ruido por cierre incompleto de las cuerdas vocales y un último grupo, relacionado con dificultades en el posicionamiento de los articuladores en el tracto vocal.

- A4: Aplicación de métodos predictivos para la clasificación múltiple

En los datos que se analizaron, el número de variables supera ampliamente el número de casos por lo que se hizo necesaria la implementación de modelos estadísticos que eviten el sobreajuste y tomen en cuenta la multicolinealidad. Este análisis se realizó en dos etapas. En la primera, se realizó una preselección de 35 medidas atendiendo a la multicolinealidad presente entre el conjunto total y variables consideradas relevantes por los autores de referencia.

En la segunda, se ajustaron modelos de regresión con distintas opciones de penalización LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) y elastic net. Este resultado fue presentado en el congreso de IEOM (Giuliano, Fernández y Pérez, 2021).

A partir de medidas obtenidas para una base de datos propia, se calcularon también variables asociadas a medidas derivadas del triángulo vocal y de los dos primeros formantes de las vocales /a/, /i/ y /u/. La clasificación obtenida muestra que, si bien no logran resultados óptimos por sí mismas, las variables asociadas al triángulo vocal constituyen otros marcadores a tener en cuenta para detectar la progresión de la enfermedad de Parkinson. Este análisis fue presentado en ARGENCON2022 (Giuliano y otros, 2022).

- A5: Evaluación de la voz de personas con y sin Parkinson

Se realizó un análisis preliminar de la alteración fonética del VOT (momento de inicio de la sonoridad), así como la duración de las vocales que les siguen, el cual fue presentado por la alumna Linari en el evento WEHPEP.

- A6: Relevamiento del estado del arte relativo al Deep Learning

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Se recopiló material bibliográfico sobre las investigaciones referentes a la detección de la enfermedad de Parkinson utilizando Deep Learning aplicado a espectrogramas. De esta forma se estableció el marco teórico de esta investigación.

- A7: Generación de la base de datos de espectrogramas

Se pre-procesaron los audios de la vocal /a/ de base de datos de sonidos de voz construida en el proyecto previo C224. Se generaron los espectrogramas aplicando el algoritmo de la transformada de Fourier a cada una de las muestras. Se obtuvieron 135 muestras. Se propuso una estrategia de aumento de datos para los repositorios de espectrogramas utilizados en la detección de la EP. Esta estrategia consiste en generar imágenes del mismo espectrograma con distintas paletas de colores permitiendo aumentar el número de muestras para el conjunto de entrenamiento de las redes, mejorar la precisión de clasificación y disminuir la variabilidad. De esta forma se obtuvieron 1.755 espectrogramas. Los resultados obtenidos con este enfoque dieron lugar a un artículo y fueron presentados en la JAIIO2021. Otra estrategia de aumentación de datos implementada, fue cortar los audios a 1 segundo. Esta estrategia se combinó con la anterior obteniéndose un total de 15.184 espectrogramas.

- A8: Aplicación de modelos de Deep Learning para la clasificación de personas con y sin Parkinson

Se implementaron distintas arquitecturas de redes neuronales convolucionales. Las arquitecturas implementadas fueron AlexNet, ResNet50, Inception V3, SqueezeNet y VVG16. Se buscaron los hiper parámetros para obtener una mejor clasificación de los datos. Se realizaron distintos modelos de clasificación y se evaluó su rendimiento. Este trabajo fue publicado en Octubre 2021 - "Detección de Parkinson mediante espectrogramas en color y redes neuronales convolucionales". - Guatelli, R., Aubin, V. I., Mora, M., Naranjo-Torres, J., & Sinopoli, A. (2021). En II Simposio Argentino de Imágenes y Visión (SAIV 2021)-JAIIO 50 (Modalidad virtual).

Se utilizaron redes ELM estándar, ML-ELM y H-ELM para abordar el problema de clasificación. Dicha clasificación consiste en identificar a los pacientes con enfermedad de Parkinson a partir de una base de datos compuesta por 135 espectrogramas. Los espectrogramas son procesados por el operador LBP para extraer características de la imagen para entrenar la red. Se trabajó conjuntamente con investigadores de la Universidad Católica del Maule Chile y los resultados se publicaron en: "Classification of Parkinson's disease patients based on spectrogram using local binary pattern descriptors". E Gelvez-Almeida, A Vásquez-Coronel, R Guatelli, V Aubin and M Mora. Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing. (Enero 2022) Este artículo recibió el premio "Transferir UNLaM" 2022.

Se realizó una comparación entre el rendimiento de las redes neuronales convolucionales y las ELM, aplicadas este problema de clasificación de esta investigación cuyos resultados se plasmaron en el artículo "Detection of Parkinson's disease based on Extreme Learning Machine Neural Networks". Autores: Renata Guatelli, Verónica Aubin, Marco Mora, Jose Naranjo-Torres, Antonia Mora-Olivar, presentado para su evaluación en Journal: Engineering Applications of Artificial Intelligence. El cual se encuentra en proceso de evaluación.

Finalmente se realizó una comparación entre las dos metodologías realizadas en este proyecto la misma fue publicada "Análisis comparativo entre CNN y Modelos Logísticos para detección de la Enfermedad de Parkinson utilizando la voz" - Renata S. Guatelli, Mónica Giuliano, Verónica Aubin, Luis Fernández, María Laura Pepe, Silvia N. Pérez -CONAIIISI (Noviembre 2022)

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



- A9: Difusión de resultados.

Los resultados obtenidos se difundieron en reuniones académicas y publicaciones, según se explicitan en el siguiente apartado.

## B. Principales resultados de la investigación

### B.1. Publicaciones en revistas (informar cada producción por separado)

Artículo 1:	
Autores	<i>Gelvez-Almeida, E., Vásquez-Coronel, A., Guatelli, R., Aubin, V., Mora, M.</i>
Título del artículo	<i>Classification of Parkinson's disease patients based on spectrogram using local binary pattern descriptors.</i>
N° de fascículo	<i>No. 1. p. 012014</i>
N° de Volumen	<i>Vol. 2153</i>
Revista	<i>Journal of Physics: Conference Series</i>
Año	<i>2022</i>
Institución editora de la revista	<i>IOP Publishing</i>
País de procedencia de institución editora	<i>Colombia</i>
Arbitraje	<i>Si</i>
ISSN:	<i>1742-6596</i>
URL de descarga del artículo	<i>https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2153/1/012014/pdf</i>
N° DOI	<i>10.1088/1742-6596/2153/1/012014</i>

[Ver en el Anexo I](#)

Artículo 2: <b>EN EVALUACIÓN</b>	
Autores	<i>Renata Guatelli Verónica Aubin Marco Mora</i>



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



	<i>Jose Naranjo-Torres Antonia Mora-Olivari</i>
Título del artículo	<i>Detección de la Enfermedad de Parkinson en base a Espectrogramas de señales de voz y Redes Neuronales de Aprendizaje Extremo</i>
N° de fascículo	
N° de Volumen	
Revista	<i>Journal Engineering Applications of AI</i>
Año	
Institución editora de la revista	
País de procedencia de institución editora	
Arbitraje	si
ISSN:	
URL de descarga del artículo	
N° DOI	

## B.2. Libros

Libro 1	
Autores	
Título del Libro	
Año	
Editorial	
Lugar de impresión	
Arbitraje	Elija un elemento.
ISBN:	
URL de descarga del libro	
N° DOI	

## B.3. Capítulos de libros

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Autores	
Título del Capítulo	
Título del Libro	
Año	
Editores del libro/Compiladores	
Lugar de impresión	
Arbitraje	Elija un elemento.
ISBN:	
URL de descarga del capítulo	
N° DOI	

#### B.4. Trabajos presentados a congresos y/o seminarios

Autores	<i>Giuliano, M., Pérez, S. N., &amp; Mangiarua, N. A</i>
Título	<i>Estudio del Habla de Pacientes con Enfermedad de Parkinson y Desarrollo de Aplicación Web</i>
Año	<i>2022</i>
Evento	<i>XXIV Workshop de investigadores en Ciencias de la Computación</i>
Lugar de realización	<i>Mendoza, Argentina</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>Abril 2022</i>
Entidad que organiza	<i>Red UNCI, Universidad Champagnat</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	<i><a href="http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/144918/Documento_completo.pdf?sequence=1">http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/144918/Documento_completo.pdf?sequence=1</a></i>

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



[Ver en el Anexo I](#)

Autores	<i>Pérez, Silvia Noemí Fernández, Luis; Giuliano, Monica; Silvia Pérez</i>
Título	<i>Assessment of areas of the vocal space and formants to characterize people with and without Parkinson's disease (Paper Nº 6498)</i>
Año	<i>2022</i>
Evento	<i>VI IEEE BIENNIAL CONGRESS OF ARGENTINA (ARGENCON 2022)</i>
Lugar de realización	<i>San Juan, Argentina</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>September 7 - 9, 2022</i>
Entidad que organiza	<i>Sección Argentina del IEEE, el Instituto de Energía Eléctrica (IEE) de la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)/CONICET, y la Universidad de Palermo</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	

[Ver en Anexo I](#)

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Autores	<i>Renata S. Guatelli, Monica Giuliano, Verónica Aubin, Luis Fernández, María Laura Pepe, Silvia N. Pérez</i>
Título	<i>Análisis comparativo entre CNN y Modelos Logísticos para detección de la Enfermedad de Parkinson utilizando la voz</i>
Año	<i>2022</i>
Evento	<i>10ª CONAIISI</i>
Lugar de realización	<i>Concepción del Uruguay</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>3 y 4 de noviembre 2022</i>
Entidad que organiza	<i>Red de Carreras de Ingeniería Informática/Sistem as de Información - RIISIC-, UTN (Regional Concepción del Uruguay)</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	

[Ver en el Anexo I](#)

Autores	<i>Giuliano, Mónica; Verónica Aubin; Humberto Torres</i>
Título	<i>Procesamiento del Habla para la Clasificación de Personas con</i>

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



	<i>Enfermedad de Parkinson</i>
Año	<i>2022</i>
Evento	<i>VI JORNADAS INTERDISCIPLINARIAS DE ANÁLISIS AVANZADO DE IMÁGENES Y SEÑALES</i>
Lugar de realización	<i>Buenos Aires, Argentina</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>7 de noviembre</i>
Entidad que organiza	<i>UTN (Regional Buenos Aires)</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	

[Ver en el Anexo I](#)

	<i>Silvia Noemí Pérez, Mónica Giuliano and Luis Fernández</i>
Autores	<i>Silvia Noemí Pérez, Mónica Giuliano and Luis Fernández</i>
Título	<i>Detection of Parkinson's disease by selection of acoustic variables</i>
Año	<i>2022</i>
Evento	<i>Fourth Conference on Statistics and Data Science</i>
Lugar de realización	<i>Salvador, BA, Brazil (virtual format)</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>December 1, 2022</i>
Entidad que organiza	<i>University of Bahia, Salvador, BA, Brazil</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	

[Ver en el Anexo I](#)

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Autores	<i>Verónica Aubin, Mónica Giuliano, Renata Guatelli</i>
Título	<i>Detección de Parkinson mediante Espectrogramas en Color y Redes Neuronales Convolucionales</i>
Año	<i>2021</i>
Evento	<i>Universidad Católica del Maule</i>
Lugar de realización	<i>Chile (modalidad virtual)</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>11 de junio</i>
Entidad que organiza	<i>Universidad Católica del Maule</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	<a href="https://portal.ucm.cl/noticias/magister-ciencias-la-computacion-dio-inicio-ciclo-charlas">https://portal.ucm.cl/noticias/magister-ciencias-la-computacion-dio-inicio-ciclo-charlas</a>

[Ver en el Anexo I](#)

Autores	<i>Renata Guatelli, Verónica Aubin, Marco Mora, José Naranjo-Torres, Alesio Sinopoli</i>
Título	<i>Detección de Parkinson mediante Espectrogramas en Color y Redes Neuronales Convolucionales</i>
Año	<i>2021</i>
Evento	<i>50 JAIIO/ SAIV 2021 (Simposio</i>

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



	<i>Argentino de Imágenes y Visión)</i>
Lugar de realización	<i>Evento virtual</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>18 al 29 de Octubre de 2021 en formato virtual.</i>
Entidad que organiza	<i>Sociedad Argentina de Informática (SADIO)</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	<a href="http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/14128/6/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1">http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/14128/6/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1</a>

[Ver en el Anexo I](#)

Autores	Tomás Sánchez Grigioni, Candela Robledo Ferri, Silvia Noemí Perez
Título	<i>Análisis predictivo enfocado a la precisión de detección de enfermos de Parkinson</i>
Año	2021

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Evento	<i>9° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información –CoNaIISI-</i>
Lugar de realización	<i>Mendoza, Argentina</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>4 y 5 de noviembre de 2021</i>
Entidad que organiza	<i>UTN (Regional Mendoza)</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	

[Ver en el Anexo I](#)

Autores	<i>Verónica Aubin</i>
Título	<i>Los desafíos en la publicación del conocimiento</i>
Año	<i>2021</i>
Evento	<i>Programa Transferir UNLaM 2021</i>
Lugar de realización	<i>UNLaM (modalidad virtual)</i>
Fecha de presentación de la ponencia	<i>18 de noviembre</i>
Entidad que organiza	<i>UNLaM</i>
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	

[Ver en el Anexo I](#)

Autores	<i>Silvia Noemí Pérez; Luis Fernández; Mónica Giuliano</i>
Título	<i>Aporte de medidas de shimmer para la detección de enfermedad de Parkinson</i>



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Año	2021
Evento	JORNADA AVANCES EN MÉTODOS ESTADÍSTICOS
Lugar de realización	Colombia (evento virtual)
Fecha de presentación de la ponencia	25 y 26 de noviembre de 2021
Entidad que organiza	El instituto Interamericano de Estadística (IASI), la Sociedad Colombiana de Estadística (SCE) y la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.)	<a href="https://drive.google.com/file/d/1quL-yKGIE6hthi7wSQanqrJ19Oz50ESD/view">https://drive.google.com/file/d/1quL-yKGIE6hthi7wSQanqrJ19Oz50ESD/view</a>

[Ver en el Anexo I](#)

#### B.5. Otras publicaciones

Autores	
Año	
Título	
Medio de Publicación	

**C. Otros resultados.** Indicar aquellos resultados pasibles de ser protegidos a través de instrumentos de propiedad intelectual, como patentes, derechos de autor, derechos de obtentor, etc. y desarrollos que no pueden ser protegidos por instrumentos de propiedad intelectual, como las tecnologías organizacionales y otros. Complete un cuadro por cada uno de estos dos tipos de productos.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



C.1. Títulos de propiedad intelectual. Indicar: Tipo (marcas, patentes, modelos y diseños, la transferencia tecnológica) de desarrollo o producto, Titular, Fecha de solicitud, Fecha de otorgamiento

Tipo	Titular	Fecha de Solicitud	Fecha de Emisión

C.2. Otros desarrollos no pasibles de ser protegidos por títulos de propiedad intelectual. Indicar: Producto y Descripción.

Producto	Descripción

**D. Formación de recursos humanos. Trabajos finales de graduación, tesis de grado y posgrado. Completar un cuadro por cada uno de los trabajos generados en el marco del proyecto.**

D.1. Tesis de grado

Director (apellido y nombre)	Autor (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título de la tesis

D.2 Trabajo Final de Especialización

Director (apellido y nombre)	Autor (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título del Trabajo Final

D.2. Tesis de posgrado: Maestría

Director (apellido y nombre)	Tesista (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título de la tesis
Verónica Aubin	Renata Guatelli	UNLaM		En Curso	

D.3. Tesis de posgrado: Doctorado

Director (apellido y nombre)	Tesista (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título de la tesis

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



#### D.4. Trabajos de Posdoctorado

Director (apellido y nombre)	Posdoctorando (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título del trabajo	Publicación

#### E. Otros recursos humanos en formación: estudiantes/ investigadores (grado/posgrado/ posdoctorado)

Apellido y nombre del Recurso Humano	Tipo	Institución	Período (desde/hasta)	Actividad asignada <sup>1</sup>
Daniela Linari	estudiante	UNLaM	1/1/2021-31/12/2022	Análisis cualitativo y cuantitativo de las señales de audio, comparando algunas fonaciones de personas con EP y sin EP
Alessio Sinopoli	estudiante	UNLaM	1/1/2021-31/12/2022	Desarrollo de algoritmos en Python para convertir las señales de audio en espectrogramas, evaluación y selección de partes significativas de los audios para la clasificación de EP.

- **F. Vinculación<sup>2</sup>:** Indicar conformación de redes, intercambio científico, etc. con otros grupos de investigación; con el ámbito productivo o con entidades públicas. Desarrolle en no más de dos (2) páginas.

En el proyecto se realizó un continuo intercambio científico con un equipo de investigadores de la Universidad Nacional del Oeste, realizando publicaciones conjuntas. Así también, parte del equipo de este proyecto trabajó en colaboración con investigadores de la Universidad del Maule, Chile.

<sup>1</sup> Descripción de la/s actividad/es a cargo (máximo 30 palabras)

<sup>2</sup> Entendemos por acciones de “vinculación” aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores y confeccionados “a medida” de sus contrapartes.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Otros investigadores, trabajaron con un investigador del Hospital Italiano de Buenos Aires, derivando también esto en una publicación.

#### **G. Otra información. Incluir toda otra información que se considere pertinente.**

En la segunda mitad del año 2022 la Directora del Proyecto dejó su cargo por desvincularse de la UNLaM, con lo que asumió como Directora a cargo la Dra Aubin, Co-Directora hasta entonces.

#### **H. Cuerpo de anexos:**

- Anexo I: Copia de cada uno de los trabajos mencionados en los puntos B, C y D, y certificaciones cuando corresponda.<sup>3</sup>
- Anexo II:
  - FPI-013: Evaluación de alumnos integrantes. (si corresponde)
  - FPI-014: Comprobante de liquidación y rendición de viáticos. (si corresponde)
  - FPI-015: Rendición de gastos del proyecto de investigación acompañado de las hojas foliadas con los comprobantes de gastos.
  - FPI-035: Formulario de reasignación de fondos en Presupuesto.
- Anexo III: Alta patrimonial de los bienes adquiridos con presupuesto del proyecto (FPI 017)
- Nota justificando baja de integrantes del equipo de investigación.

Verónica Inés Aubin  
Firma y aclaración  
del director del proyecto.

Lugar y fecha: San Justo, 28 de febrero de 2022.

- Presentar una copia impresa firmada del presente documento junto con los Anexos, y enviar todo en archivo PDF por correo electrónico a la Secretaría de Investigación Departamental. **Límite de entrega: 28 de febrero de 2020**

<sup>3</sup> En caso de libros, podrá presentarse una fotocopia de la primera hoja significativa o su equivalente y el índice.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## Anexo I

(Copia de cada uno de los trabajos mencionados en los puntos B, C y D, y certificaciones cuando corresponda)

### ARTÍCULO JOURNAL OF PHYSICS 2022 (Artículo premiado Transferir UNLaM)

Journal of Physics: Conference Series

PAPER • OPEN ACCESS

## Classification of Parkinson's disease patients based on spectrogram using local binary pattern descriptors

To cite this article: E Gelvez-Almeida *et al* 2022 *J. Phys.: Conf. Ser.* 2153 012014.

View the [article online](#) for updates and enhancements.

You may also like

- [Line loss prediction based on particle swarm optimization combined with extreme learning machine](#)  
Huaqin Qin, Jianfeng Liu and Yiqun Guan
- [Improved Particle Swarm Optimization-Extreme Learning Machine Modeling Strategies for the Accurate Lithium-ion Battery State of Health Estimation and High-adaptability Remaining Useful Life Prediction](#)  
Chu-yan Zhang, Shun-li Wang, Chun-mei Yu et al.
- [Fault Diagnosis in Wind Energy Management System using Extreme Learning Machine: A Systematic Review](#)  
Chong Tak Yaw, Siew Li Teoh, Siaw Paw Koh et al.



The Electrochemical Society  
Advancing solid state & electrochemical science & technology

243<sup>rd</sup> Meeting with SOFC-XVIII

Boston, MA • May 28 – June 2, 2023

Early registration discounts end **April 24!**

**Accelerate scientific discovery!**

Learn More & Register



This content was downloaded from IP address 209.13.156.111 on 10/03/2023 at 18:57

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## Classification of Parkinson's disease patients based on spectrogram using local binary pattern descriptors

E Gelvez-Almeida<sup>1,2</sup>, A Vásquez-Coronel<sup>1</sup>, R Guatelli<sup>3</sup>, V Aubin<sup>3</sup>, and M Mora<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Investigaciones Tecnológicas en Reconocimiento de Patrones, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Básicas y Biomédicas, Universidad Simón Bolívar, San José de Cúcuta, Colombia

<sup>3</sup> Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza, Buenos Aires, Argentina

E-mail: e.gelvez@unisimonbolivar.edu.co

**Abstract.** Extreme learning machine is an algorithm that has shown a good performance facing classification and regression problems. It has gained great acceptance by the scientific community due to the simplicity of the model and its sola great generalization capacity. This work proposes the use of extreme learning machine neural networks to carry out the classification between Parkinson's disease patients and healthy individuals. The descriptor used corresponds to the feature vector generated applying the local binary Pattern algorithm to the grayscale spectrograms. The spectrograms are obtained from the audio signal samples from the considered repository. Experiments are conducted with single hidden layer and multilayer extreme learning machine networks comparing the results of each structure. Results show that hierarchical extreme learning machine with three hidden layers has a better general performance over multilayer extreme learning machine networks and a single hidden layer extreme learning machine. The rate of success obtained is within the ranges presented in the literature. However, the hierarchical network training time is considerably faster compared to multilayer networks of three or two hidden layers.

### 1. Introduction

Parkinson's disease (PD) is the second most common neurodegenerative disease after Alzheimer's disease. It involves slow and irreversible progression, the first symptoms becoming evident after several years of suffering from the disease. Motor symptoms, such as tremors, are the most popular ones. However, other symptoms can be, in many cases, incapacitating [1]. These are cognitive disorders, limb rigidity, gait and balance problems, and slowness. PD symptoms appear early as speech and voice disorders.

Several studies have proposed the processing of voice signals to obtain acoustic parameters as an objective and non-invasive method for PD detection [2]. Sakar B E, *et al.* [3] found that sustained vowels carry enough PD-discriminative information using machine learning tools. In Wodzinski M [4], a previously trained ResNet architecture is used for PD detection using ImageNet and singular value decomposition (SVD) databases. For classification, audio spectrograms of vowels with sustained phonation are used from the PC-GITA database [5]. The





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



validation set has shown an accuracy rate higher than 90%. In Zahid, *et al.* [6], deep learning methodologies are combined with machine learning methodologies to classify Parkinson's disease patients. The multilayer perceptron applied to monologue recordings showed the highest accuracy of 99.7%. In Trinh, *et al.* [7], the detection of voice pathologies in patients who suffer from Parkinson's or Alzheimer's disease is proposed. A convolutional neural network (CNN) architecture is used with a classification accuracy higher than 95%.

The aforementioned works use machine learning methods known for their higher levels of fit to classification issues, reporting accuracy rates between 80% and 90%. It is well known that said methodologies experience a high computational cost in training algorithms and the estimation of the hyperparameters of the model. extreme learning machine (ELM) [8] has gained great acceptance from the scientific community because of the simplicity of the models and their generalization capacity. They began to be massively used to address complex problems of pattern recognition due to the low computational cost of their training algorithm.

In this paper, the use of ELM neural networks to address the classification issue of Parkinson's disease patients and healthy individuals is proposed. Experiments are conducted with single and multilayer ELM networks and results are compared. Grayscale spectrograms obtained from the voice signals from the repository presented in Giuliano M, *et al.* [9] are used. Descriptors for those images are generated using the local binary pattern (LBP) algorithm. Said algorithm highlights textures creating a feature vector. Multilayer extreme learning machine (ML-ELM) and hierarchical extreme learning machine (H-ELM) have shown a better performance addressing the classification problem of Parkinson's disease than single-layer ELM networks, with reduced training times.

## 2. Background

In this section, a brief description is presented of the spectrogram images, the LBP algorithm and the ELM variants used in this paper.

### 2.1. Spectrogram

A spectrogram is the representation of a signal in time. The result is a three-dimensional graphic of the spectrum of a signal formed by time, frequency, and amplitude of energy distribution. The amplitude of energy distribution is represented by color intensity. That is why it can be represented in a two-dimensional image, despite it having three dimensions. Speech representations through spectrograms have proven to be stable and robust, even with high noise levels [10, 11].

### 2.2. Local binary patterns

LBP is an operator for image texture analysis which has been used in several applications, including visual inspection, image retrieval, remote sensing, biomedical image analysis, face image analysis, motion analysis, environment modeling, and outdoor scene analysis libre [12]. The operator consists in labelling the pixels of an image by thresholding the neighborhood of each pixel and considers the result as a binary number. This operator traces the whole image and is mathematically represented as shown in Equation (1).

$$LBP_{(gp_x, gp_y)} = \sum_{p=0}^{P-1} S(gp - gc) \times 2^p. \quad (1)$$

In Equation (1),  $gc$  is the intensity value of the central pixel,  $gp$  is the intensity of the neighboring pixel with index  $p$  and  $P$  is the number of sampling points on a circle of radius  $R$

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



(circular neighborhood) [12]. Function  $S$  can be expressed as shown in Equation (2).

$$S_x = \begin{cases} 1 & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{si } x < 0 \end{cases}, \quad (2)$$

This operator highlights textures from the original image creating a new one. The histogram is extracted from this new image, obtaining a feature vector as a result. This descriptor is used in the experiments to observe the classification behavior using the ELM, ML-ELM and H-ELM algorithms.

### 2.3. Extreme learning machine

Being  $\aleph = \{(\mathbf{x}_i, \mathbf{t}_i) \in \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^m | i = 1, \dots, N\}$  a random training set,  $g(s) : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  an activation function, and  $L$  the number of neurons in the hidden layer with  $L < N$  [13], the SLFN training algorithm is given by Equation (3).

$$\sum_{i=1}^L \beta_i g(\mathbf{w}_i \mathbf{x}_j + b_i) = \mathbf{t}_j, \quad j = 1, \dots, N. \quad (3)$$

In Equation (3),  $\beta_i$  are the weights of the output layer,  $\mathbf{w}_i$  are the weights of the hidden layer and  $b_i$ , the  $i$ -th bias of the hidden layer [8, 13].  $\mathbf{w}_i$  weights and  $b_i$  biases of the hidden layer are pseudo-randomly assigned. Equation (3) can be written in the matrix form  $\mathbf{H}\boldsymbol{\beta} = \mathbf{T}$ , where, the  $\mathbf{H}$  matrix in Equation (4) is called the matrix of the output hidden layer of the neural network [14]. Last, the  $\boldsymbol{\beta}$  weights of the output layer are calculated using Equation (5).

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} g(\mathbf{w}_1 \mathbf{x}_1 + b_1) & \cdots & g(\mathbf{w}_L \mathbf{x}_1 + b_L) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g(\mathbf{w}_1 \mathbf{x}_N + b_1) & \cdots & g(\mathbf{w}_L \mathbf{x}_N + b_L) \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_1^T \\ \vdots \\ \beta_L^T \end{bmatrix}, \quad \mathbf{T} = \begin{bmatrix} \mathbf{t}_1^T \\ \vdots \\ \mathbf{t}_N^T \end{bmatrix}. \quad (4)$$

$$\boldsymbol{\beta} = \mathbf{H}^\dagger \mathbf{T}. \quad (5)$$

The  $\mathbf{H}^\dagger$  matrix in Equation (5) is the Moore–Penrose generalized inverse of the  $\mathbf{H}$  matrix [15].

### 2.4. Extreme learning machine auto encoder

Extreme learning machine auto encoder (ELM-AE) is an ELM modification to perform unsupervised learning. In this case, input data  $\mathbf{x}$  is used as output data, so  $\mathbf{t} = \mathbf{x}$ . Weights and biases of the hidden layer are chosen to be randomly orthogonal in order to obtain a better performance [16]. In this sense, random orthogonal weights and biases are presented through Equation (6).

$$\mathbf{h}_i = g(\mathbf{w}_i \mathbf{x}_j + b_i), \quad \mathbf{w}^T \mathbf{w} = \mathbf{I}, \quad \mathbf{b}^T \mathbf{b} = 1. \quad (6)$$

In Equation (6),  $\mathbf{w}$  and  $\mathbf{b}$  are the weights and biases of the hidden layer, respectively [16]. Last, weights of the output layer are determined analytically with Equation (7).

$$\boldsymbol{\beta} = \left( \frac{\mathbf{I}}{C} + \mathbf{H}^T \mathbf{H} \right)^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{X}. \quad (7)$$

In Equation (7),  $\mathbf{H}$  is the hidden layer output matrix,  $\mathbf{X}$  is ELM-AE input and output data and  $C$  is a regularization parameter [16].



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



### 2.5. Multilayer extreme learning machine

ML-ELM is a multilayer neural network based on ELM-AE similar to deep networks and with better performance [16]. ML-ELM hidden layer weights are initialized with ELM-AE, without requiring fine tuning. In this case,  $\mathbf{H}$  output matrix values of each hidden layer are obtained through Equation (8).

$$\mathbf{H}^k = g((\boldsymbol{\beta}^k)^T \mathbf{H}^{k-1}). \quad (8)$$

The  $\mathbf{H}^k$  in Equation (8) is the  $k$ -th hidden layer output matrix [16]. Weights of the first hidden layer are the  $\boldsymbol{\beta}^1$  results of the first ELM-AE that has samples  $\mathbf{X}$  as input data. The weights that connect the different hidden layers are the  $\boldsymbol{\beta}^{i+1}$  results of the ELM-AE that has the output results of the previous ML-ELM hidden layer as input [16]. Last, weights of the ML-ELM output layer are determined analytically using the Moore–Penrose generalized inverse [15].

### 2.6. Hierarchical extreme learning machine

Faced with the need to address application issues of greater complexity among the scientific community, an H-ELM, non-iterative multilayer perceptron model is proposed in en [17]. H-ELM training is divided into an unsupervised feature learning stage and a final supervised stage. In the first stage, an ELM-based sparse autoencoder (ELM-SAE) is introduced in the deep layers for high level feature extraction of input data. In ELM-SAE, weights and biases of the output layer are pseudo-randomly assigned, whereas the output layer weights matrix is subject to an optimization problem, with L1 norm regularization term, as shown in Equation (9).

$$\min_{\boldsymbol{\beta}} : F(\boldsymbol{\beta}) = \|\mathbf{H}\boldsymbol{\beta} - \mathbf{X}\|^2 + \lambda\|\boldsymbol{\beta}\|_1. \quad (9)$$

In Equation (9),  $\lambda$  is a regularization parameter and  $\|\boldsymbol{\beta}\|_1$  represents the  $L_1$  norm [17]. The fast iterative shrinkage-thresholding algorithm (FISTA) [18] is adopted to solve the convex scheme of Equation (9) and to further improve the training speed. Equation (10) establishes the connection between ELM-SAE and the H-ELM deep layers.

$$\mathbf{H}^{(k)} = g(\mathbf{H}^{(k-1)}\boldsymbol{\beta}^{(k)}). \quad (10)$$

In Equation (10),  $\mathbf{H}^{(k)}$  is the  $k$ -th output layer matrix,  $\mathbf{H}^{(k-1)}$  the  $(k-1)$ -th output layer matrix,  $\boldsymbol{\beta}^{(k)}$  the  $k$ -th ELM-SAE output layer weights, and  $g(\mathbf{H}^{(k-1)}\boldsymbol{\beta}^{(k)})$  is an activation function [17]. In the supervised stage, the final decision of the classifier is the consequence of the ELM method, which takes as input data the last hidden layer output matrix and the labels as output.

## 3. Materials and method

In order to conduct the experiments, a machine with central processing unit (CPU) intel(R) Core(TM) i7-8550U 1.80GHz-1.99GHz was used, with 4 cores and 8 logic processors, apart from 12 Gb RAM memory. Codes were made in MATLAB R2017b. Datasets and methods used in this study are presented in the following section.

### 3.1. Database description

A database whit grayscale spectrograms generated from audio signals from Parkinson's disease patients and healthy individuals were used for the experiments [9]. The database is composed of spectrograms images from 58 Parkinson's disease patients and 77 healthy individuals. Patients' ages vary from 38 to 79 years, and they have been diagnosed with Parkinson's for six years, on average.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



### 3.2. Methodology of the experiments

Experiments are divided into two phases: a pre-processing phase of the database with the LBP algorithm and a classification phase with the ELM algorithm and the variants presented in this paper. The two phases conducted in this work are presented below.

*3.2.1. Pre-processing phase* In this phase, the LBP algorithm is applied to the spectrogram images to extract their features. In order to do so, the MATLAB `extractLBPFeature` function is used. The result obtained by this algorithm generated a feature vector of 59 values. A label is assigned to each value, 0 for healthy individuals and 1 for Parkinson's disease patients. After the features are extracted from the spectrograms, the database is distributed as shown in Table 1.

The training, validation and test sets are randomly selected to ensure confidence in the results and prevent its unintentional manipulation.

**Table 1.** Distribution of the database of spectrograms from Parkinson's disease patients and healthy subjects.

Patient	Training (60%)	Validation (20%)	Test (20%)	Total
Sick	34	12	12	58
Healthy	47	15	15	77

*3.2.2. Classification phase* The database described in the previous section is used for this phase; for the purpose of obtaining the optimum values of hyperparameters, different iterations are conducted in the experiments, varying the amount of neurons in the hidden layer from 100 to 5000 and the regularization parameter from  $10^{-20}$  and  $10^{20}$ . Moreover, the internal structure of the network varies from one hidden layer (standard ELM) to three hidden layers (ML-ELM and H-ELM). The sigmoid function of Equation (11) is used as an activation function for all cases.

$$g(w_i x_j + b_i) = \frac{1}{1 + e^{-(w_i x_j + b_i)}}. \quad (11)$$

In Equation (11),  $w_i$  and  $b_i$  are the weights and biases of the hidden layer, respectively, and  $x_j$  the input data to the network [8, 13]. Once the best results are obtained, a test set is carried out to verify the robustness of the network.

## 4. Results

To obtain hyperparameters presented in Table 2, tests were carried out with different combinations of the number of neurons in the hidden layer and the regularization parameters. Regularization hyperparameters improve accuracy, especially in those situations when data is imbalanced. The results of these experiments have shown that for this particular dataset, regularization parameter  $C$  does not improve results for the single-hidden-layer ELM network. That is why said parameter is not used.

**Table 2.** Hyperparameters used with best results in ELM and its variants.

Model	Hidden layer	Neurons	Regularization
H-ELM	3	$L_1 = L_2 = 500, L_3 = 1900$	$C = 10^{-4}, \lambda = 10^{-3}$
ML-ELM	3	$L_1 = L_2 = 1100, L_3 = 2700$	$C_1 = C_2 = 10^5, C_3 = 10^3$
ML-ELM	2	$L_1 = 1500, L_2 = 1200$	$C_1 = 10^5, C_2 = 10^6, C_3 = 10^2$
ELM	1	$L = 2100$	Not used



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Once the hyperparameters are obtained, 10 iterations are made over the same dataset, registering accuracy average and standard deviation. The standard deviation among the results obtained varies from 0 to 0.009, which proves that the results are quite stable. Table 3 shows the comparison in terms of the accuracy and training speed between the standard ELM, ML-ELM, and H-ELM networks with two and three hidden layers. The results presented were obtained using regularization parameters of Equation (7) and Equation (9).

As it can be seen in Table 3, multilayer networks (ML-ELM and H-ELM) have better validation and test results than a single-layer ELM network. For multilayer networks, the accuracy is 92.59% for validation and 81.48% for test. Said results are higher than the 88.89% and 77.78% obtained in validation and test, respectively, for single-layer ELM networks. Results for ML-ELM and H-ELM networks are equal for the training, validation, and test sets. However, training of H-ELM networks is performed 10.2 and 5.5 times faster in relation to three and two hidden layers of ML-ELM networks, respectively. It represents a significantly high and favorable reduction in training time which improves with databases at a larger scale.

**Table 3.** Accuracy in the classification of Parkinson’s patients using standard ELM, ML-ELM, and H-ELM.

Model	Hidden layers	Training		Validation		Test	
		Accuracy	Time (s)	Accuracy	Time (s)	Accuracy	Time (s)
H-ELM	3	0.9012	0.2438	0.9259	0.0083	0.8148	0.0090
ML-ELM	3	0.9012	2.4849	0.9259	0.0055	0.8148	0.0060
ML-ELM	2	0.9012	1.3315	0.9259	0.0043	0.8148	0.0051
ELM	1	0.9136	0.0641	0.8889	0.0172	0.7778	0.0156

## 5. Conclusions

Standard extreme learning machine, multilayer extreme learning machine and hierarchical extreme learning machine to address the classification problem are used; said classification consists in identifying Parkinson’s disease patients using a database composed of 135 spectrograms. The spectrograms are processed by the local binary pattern operator to extract features from the image to train the network; the dataset has been divided into three subsets, 60% for training (81 samples), 20% for test (27 samples), and 20% for validation (27 samples).

Results show that multilayer networks have a better performance than single-layer extreme learning machine networks. Multilayer extreme learning machine and hierarchical extreme learning machine networks present higher accuracy rates for the validation and test sets when compared to single-layer extreme learning machine networks. Although multilayer extreme learning machine and hierarchical extreme learning machine networks have the same accuracy rates for the three sets, training time with hierarchical extreme learning machine is 10.2 and 5.5 times faster than for three and two hidden layers multilayer extreme learning machine networks, respectively. Accuracy with multilayer extreme hierarchical extreme learning machine networks is 90.12% for the training set, 92.59% for the validation set, and 81.48% for the test set.

The hierarchical extreme learning machine structure which shows the best performance is the one formed by three hidden layers. The hyperparameters used  $L_1 = L_2 = 1100$ ,  $L_3 = 2700$ ,  $C = 10^{-4}$ , and  $\lambda = 10^{-3}$ , where  $L_1$ ,  $L_2$ , and  $L_3$  is the number of neurons in the first, second and third hidden layers, respectively,  $C$  and  $\lambda$ , the regularization parameter associated to the Moore–Penrose generalized inverse and fast iterative shrinkage-thresholding algorithm, respectively. The results show that the local binary pattern operator is a good alternative to generate spectrogram image descriptors to classify through hierarchical extreme learning machine networks. In future works, it is intended to try local binary pattern descriptors with other databases of larger-scale images using different extreme learning machine variants to compare accuracy and training times.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



### Acknowledgments

This work was funded by the National Agency for Research and Development (ANID), Scholarship Program, Doctorado Becas Chile, 2020-21201000. The first author of the article also thanks for the licenses for doctoral studies, the Fund for Teacher and Professional Development of the Universidad Simón Bolívar, Colombia.

### References

- [1] Logemann J A, Fisher H B, Boshes B, Blonsky E R 1978 Frequency and cooccurrence of vocal tract dysfunctions in the speech of a large sample of Parkinson patients *Journal of Speech and hearing Disorders* **43(1)** 47
- [2] Arora S, Baghai-Ravary L, Tsanas A 2019 Developing a large scale population screening tool for the assessment of Parkinson's disease using telephone-quality voice *The Journal of the Acoustical Society of America* **145(5)** 2871
- [3] Sakar B E, Isenkul M E, Sakar C O, Sertbas A, Gurgun F, Delil S, Apaydin H, Kursun O 2013 Collection and analysis of a Parkinson speech dataset with multiple types of sound recordings *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* **17(4)** 828
- [4] Wodzinski M, Skalski A, Hemmerling D, Orozco-Arroyave J R, Nöth E 2019 Deep learning approach to Parkinson's disease detection using voice recordings and convolutional neural network dedicated to image classification *41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (Berlin: IEEE) p 717
- [5] Orozco-Arroyave J R, Arias-Londoño J D, Vargas-Bonilla J F, Gonzalez-Rativa M C, Nöth E 2014 New Spanish speech corpus database for the analysis of people suffering from Parkinson's disease *Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'14)* (Reykjavik: European Language Resources Association) p 342
- [6] Zahid L, Maqsood M, Durrani M Y, Bakhtyar M, Baber J, Jamal H, Mehmood I, Song O Y 2020 A spectrogram-based deep feature assisted computer-aided diagnostic system for Parkinson's disease *IEEE Access* **8** 35482
- [7] Trinh N, Darragh O 2019 Pathological speech classification using a convolutional neural network *Irish Machine Vision and Image Processing (IMVIP 2019)* (Dublin: Technological University Dublin) p 72
- [8] Huang G B, Zhu Q Y, Siew C K 2004 Extreme learning machine: a new learning scheme of feedforward neural networks *International Joint Conference on Neural Networks (IEEE Cat. No.04CH37541)* (Budapest: IEEE) p 985
- [9] Giuliano M, Perez S N, Maldonado M, Bondar P, Linari D, Adamec D A, Debas M I, Morales C M, León L, Yaco A Y, Birelli J B, Martínez R M, Lacaze M L, Gurlekian J A 2021 Construction of a Parkinson's voice database *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (Sao Paulo: IEOM Society International) p 940
- [10] Greenberg S, Kingsbury B E 1997 The modulation spectrogram: in pursuit of an invariant representation of speech *International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing* (Munich: IEEE) p 1647
- [11] Kingsbury B E, Morgan N, Greenberg S 1998 Robust speech recognition using the modulation spectrogram *Speech Communication* **24** 117
- [12] Pietikäinen M 2005 Image analysis with local binary patterns *Scandinavian Conference on Image Analysis (SCIA 2005)* (Berlin: Springer) p 115
- [13] Huang G B, Zhu Q Y, Siew C K 2006 Extreme learning machine: theory and applications *Neurocomputing* **70(1-3)** 489
- [14] Ding S, Zhao H, Zhang Y, Xu X, Nie R 2015 Extreme learning machine: algorithm, theory and applications *Artificial Intelligence Review* **44(1)** 103
- [15] Barata J C A, Hussein M S 2012 The Moore-Penrose pseudoinverse: a tutorial review of the theory *Brazilian Journal of Physics* **42(1-2)** 146
- [16] Chamara L, Zhou H, Huang G B, Vong C M 2013 Representational learning with extreme learning machine for big data *IEEE Intelligent Systems* **28(6)** 31
- [17] Tang J, Deng C, Huang G B 2015 Extreme learning machine for multilayer perceptron *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems* **27(4)** 809
- [18] Beck A, Teboulle M 2009 A fast iterative shrinkage-thresholding algorithm for linear inverse problems *SIAM Journal on Imaging Sciences* **2(1)** 183



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Universidad Nacional de La Matanza

RESOLUCIÓN Nro.

8417



SAN JUSTO, 23 DIC 2022

VISTO lo solicitado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de esta Universidad Nacional y el trámite del expediente N° 995 del año 2022, y

**CONSIDERANDO;**

Que en el marco del Programa "Transferir UNLaM", resulta necesario asignar los premios por los artículos científicos publicados por los investigadores de esta Universidad Nacional durante el período 2019/2022.

Que los autores recibirán un reconocimiento formal mediante certificado y un incentivo económico, por única vez, de PESOS DIECINUEVE MIL CIENTO SETENTA Y TRES CON DIECIOCHO CENTAVOS (\$ 19.173,18), los que serán financiados con los fondos asignados a esta Universidad Nacional mediante Resolución SPU N° 95/2021.

Que el gasto previsto en la presente cuenta con financiamiento específico y que la Secretaría Administrativa ha tomado la intervención que le compete, en los términos de la Resolución N° 450/99.

Que, de acuerdo a las normas y disposiciones vigentes, corresponde dictar el acto administrativo, conforme lo dispuesto por el artículo 62 inciso j) del Estatuto de la Universidad.

Por ello,

**EL RECTOR DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MATANZA**

**RESUELVE:**

**ARTICULO 1°.-** Asignar los premios del Programa "Transferir UNLaM" por los artículos científicos publicados por Investigadores de esta Universidad Nacional en revistas con referato durante el período 2019/2022, por la suma no remunerativa de PESOS DIECINUEVE MIL CIENTO SETENTA Y TRES CON DIECIOCHO CENTAVOS (\$ 19.173,18) por cada artículo publicado, conforme se detalla en el Anexo I de la presente.

**ARTICULO 2°.-** El gasto que demande el cumplimiento de la presente será imputado a las partidas específicas que se giren a la Universidad en virtud del compromiso asumido.

**ARTICULO 3°.-** Regístrese, comuníquese, y cumplido, archívese.

Lic. SEBASTIAN RODRIGO GARBER  
SECRETARIO ADMINISTRATIVO

Dr. DANIEL EDUARDO MARTINEZ  
RECTOR

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MATANZA		RESOLUCIÓN N° <b>84</b>	
8	RAMPELLO, Silvia Marisa D.N.I. N° 18.089.220	Indicadores Relevantes de la Industria Metalúrgica en el Partido de La Matanza	Revista Dos Puntas Primera autora ✓
9	RUSSO, Castagna D.N.I. N° 40.633.199	Indicadores Relevantes de la Industria Metalúrgica en el Partido de La Matanza	Revista Dos Puntas Co-autora
<b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA E INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS</b>			
1	ALMEIDA, Elkin Gelvez D.N.I. N° 27.464.902	Classification of Parkinson's disease patients based on spectrogram using local binary pattern descriptors.	Journal of Physics: Conference Series Co-autor
2	ALTERINI, Federico J. D.N.I. N° 22.808.786	Hidrógeno Verde: una oportunidad sustentable para el transporte	ReDDI. Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza Co-autor
3	AUBIN, Verónica Inés D.N.I. N° 17.586.119	Classification of Parkinson's disease patients based on spectrogram using local binary pattern descriptors.	Journal of Physics: Conference Series Primera autora ✓
4	BLANCO, Gabriel E. D.N.I. N° 18.506.584	Hidrógeno Verde: una oportunidad sustentable para el transporte	ReDDI. Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza Co-autor
5	DEGAETANI, Omar Jorge D.N.I. N° 18.286.258	Análisis comparativo de sensores para flujo de hidrógeno	ReDDI. Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza Co-autor
6	ETEROVIC, Jorge E. D.N.I. N° 11.917.135	Hidrógeno Verde: una oportunidad sustentable para el transporte	ReDDI. Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza Primer autor ✓
7	FAUROUX, Luis Enrique D.N.I. N° 17.617.946	Análisis comparativo de sensores para flujo de hidrógeno	ReDDI. Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza Primer autor ✓
8	GUATELLI, Renata D.N.I. N° 16.978.346	Classification of Parkinson's disease patients based on spectrogram using local binary pattern descriptors.	Journal of Physics: Conference Series Co-autor
9	JUÁREZ, Marcele Adrián D.N.I. N° 20.860.263	Análisis comparativo de sensores para flujo de hidrógeno	ReDDI. Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza Co-autor
10	LOHIGORRY, Agustín J. D.N.I. N° 25.692.830	Hidrógeno Verde: una oportunidad sustentable para el transporte	Journal of Physics: Conference Series Co-autor
11	MORA, Marco D.N.I. N° 12.019.579	Classification of Parkinson's disease patients based on spectrogram using local binary pattern descriptors.	Journal of Physics: Conference Series Co-autor
12	VASQUEZ, Corenel D.N.I. N° 24.967.763	Classification of Parkinson's disease patients based on spectrogram using local binary pattern descriptors.	Journal of Physics: Conference Series Co-autor



Anexo I Exp. N° 995/2022

Página 3

[Volver a Pto. B \(Principales resultados de la investigación\)](#)

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



WICC 2022



## XXIV WORKSHOP DE INVESTIGADORES EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Se certifica que

**Silvia N Pérez**

ha participado en calidad de autor del artículo

***Estudio del Habla de Pacientes con Enfermedad de Parkinson y Desarrollo de Aplicación Web***

aceptado en el XXIV WORKSHOP DE INVESTIGADORES EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN – WICC 2022  
organizado por la Universidad Champagnat.

Abril 2022 - Mendoza, Argentina.

  
Lic. Patricia Pesado  
Coordinadora  
RedUNCI

  
Lic. Alejandro Giuffrida  
RECTOR  
UNIVERSIDAD CHAMPAGNAT



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## ESTUDIO DEL HABLA DE PACIENTES CON ENFERMEDAD DE PARKINSON Y DESARROLLO DE APLICACIÓN WEB

*Monica Giuliano<sup>1</sup>, Silvia N. Pérez<sup>1-2</sup>, Nahuel Mangiarua<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Instituto de Ingenierías y Nuevas Tecnologías, Universidad Nacional del Oeste*

<sup>2</sup>*Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas –*

*Universidad Nacional de La Matanza*

*{mgiuliano; sperez}@uno.edu.ar*

### RESUMEN

En este trabajo se propone explorar y optimizar técnicas de procesamiento y análisis automático del habla para detectar y clasificar pacientes con enfermedad de Parkinson (EP). Además de desarrollar una aplicación web para interactuar con médicos y pacientes.

El proyecto tiene una línea de investigación que contempla dos líneas de trabajo. En la primera se considerarán audios de vocales, palabras, frases y habla espontáneas disponibles en bases de datos pública con habla de personas con y sin Parkinson. Se emplearán criterios estadísticos para optimizar los algoritmos para la detección y clasificación del grado de avance de la EP.

Paralelamente, se propone desarrollar una aplicación web que permita que los médicos puedan realizar grabaciones del habla de sus pacientes con EP en sus consultorios. Estas grabaciones formarán parte de una nueva base de datos para futuros análisis. Además, los audios requerirán una devolución de las características más importantes para médicos y pacientes, que se harán según el avance de la primera línea de trabajo.

Se espera como resultado ofrecer una interfaz para la interacción entre los investigadores, los desarrolladores informáticos y los médicos, que aporte al tratamiento de pacientes con EP.

**Palabras clave:** *Parkinson, Procesamiento automático del habla, Aplicación web.*

### CONTEXTO

La propuesta que se presenta es parte del proyecto de investigación “Estudio del habla de pacientes con Enfermedad de Parkinson para la asistencia al diagnóstico y seguimiento” del Instituto de Ingenierías y Nuevas Tecnologías, Universidad Nacional del Oeste (UNO)

### 1. INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo crónico y progresivo del sistema nervioso central, de comienzo gradual y progresión lenta, apareciendo en edades medias, entre 40 y 70 años. Las manifestaciones motoras de la EP están representadas por temblor de reposo, rigidez y bradicinesia [1]. En su evolución natural se agregan otros síntomas como: trastornos de la marcha, desequilibrio y alteraciones de la voz, que implican un marcado impacto en la calidad vida [2].

Se estima que entre un 60-80% de pacientes con EP presentan alteraciones de la voz, caracterizadas por cambios en frecuencia, duración e intensidad del habla [3].

Estas alteraciones se confunden en muchas ocasiones con los cambios naturales de los adultos mayores, en relación con la presbifonia (distensión y flacidez de los pliegues vocales) [4]. Otro síntoma frecuente en la EP es la presencia progresiva de disartria hipocinética (rigidez muscular e incapacidad de producir movimiento). La EP puede dejar marcas en la



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



distonía y el temblor de las cuerdas vocales. Los parámetros biomecánicos que controlan la tensión y el desequilibrio de las cuerdas vocales ayudan a rastrear la actividad neuromotora de las vías laríngea y articularia [5].

El análisis acústico de la voz permite detectar los cambios de los parámetros vocales, lo cual puede ser utilizado para predecir el avance de la EP y definir una intervención clínica específica [6]. Se ha observado que el análisis acústico podría actuar como marcador diagnóstico objetivo y no invasivo en la EP.

A modo de ejemplo se presentan en la Fig.1 ejemplos de la señal de fonación de la vocal /a/ para el caso de una persona sin EP en la primera imagen y con EP en la segunda.

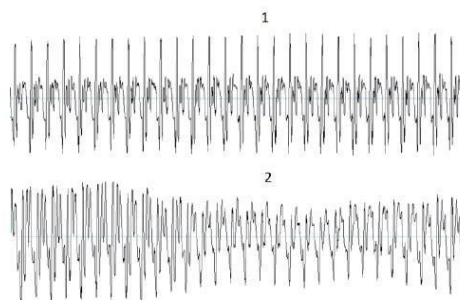


Fig. 1: 0.15 seg de la fonación de la vocal /a/, en (1) voz de persona sin y (2) con Parkinson.

Además, el diagnóstico y seguimiento de EP a través del análisis del habla pueden utilizar sistemas de tele-diagnóstico y tele-monitoreo, de bajo costo y de posible auto administración por parte de los pacientes [5, 7-9].

Los avances de los últimos años son variados y dispersos en cuanto a los mejores parámetros a estudiar con mayor desarrollo en el campo de la ingeniería. A nuestro criterio falta una mayor interacción con los médicos tratantes de EP y por ello creemos fundamental el aporte de la aplicación web (App) para profundizar este campo.

## 2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Se inicia con este proyecto una nueva línea de investigación para la UNO que incluye dos líneas de trabajo. La primera correspondiente al procesamiento de señales de audio con métodos automáticos. En segundo lugar, se trabaja en el desarrollo de una App que permita la interacción entre investigadores y médicos de pacientes con EP.

La App permitirá diferentes acciones desde la perspectiva de diferentes perfiles de usuarios: administrador, investigadores, médicos y pacientes. Los sistemas de software cliente-servidor con interfaces gráficas basadas en HTML, comúnmente llamadas App, conforman una alternativa realmente flexible a la problemática del despliegue y de la distribución de software. Mediante la estandarización de sus interfaces y protocolos de comunicación a aquellos de la web (HTTP, HTML, JSON, XML) las App puede ser utilizadas desde casi cualquier dispositivo actual con acceso a internet, facilitando el alcance y la distribución de la misma a lo largo y ancho de la geografía, atravesando múltiples estratos sociales. A su vez las tecnologías de “backend” basadas en java o .net otorgan una amplia capacidad de procesamiento y disponibilidad de bibliotecas de software de análisis.

En principio para este proyecto apuntamos a desarrollar una App en java utilizando spring/cdi sobre un servidor tomcat y JSF como frontend. No se descarta utilizar un framework de cliente para el frontend (angular) en vez de JSF si resulta conveniente para funcionalidades offline. A su vez, el backend java necesitará hacer interfaz con las herramientas y modelos de análisis que la otra línea de trabajo determine.

En el marco del proyecto se desarrollará una App que permita gestionar grabaciones de

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



habla de pacientes con EP para ser utilizada por los médicos en el consultorio

Becarios alumnos participarán del desarrollo de esta App. La app facilitará a un usuario personal médico la grabación y el almacenamiento de muestras de audio de pacientes que serán procesadas para generar y devolver distintos tipos de información que asistan al profesional de la salud.

Los administradores son informáticos formados y en formación, que trabajarán según los requerimientos de los demás usuarios.

Los investigadores buscan optimizar el análisis de la señal de voz a partir de la parametrización adecuada según los avances en el área, para luego aplicar los conocimientos a la App. El análisis de la voz de pacientes con EP requiere conocimientos en varias áreas: sistema fonatorio, procesamiento de señales, análisis estadístico y aprendizaje automático.

Se han utilizado varios métodos para la parametrización del habla de personas con EP. Se han considerado diversos algoritmos y metodologías para la selección de parámetros. La mayoría de los trabajos se dirigen a la fonación de la vocal /a/. A modo de ejemplo solamente se citarán algunos trabajos.

En el metanálisis realizado en [6], como revisión del análisis acústico de la voz en la enfermedad de Parkinson según distintos autores, se observó que no siempre se encuentran diferencias entre la condición de EP y no EP para las medidas de *Jitter* y *Shimmer*. Esto alienta a profundizar en el análisis de otros parámetros o sus variantes.

En [10] Tsanas se ha observado que combinando medidas de disfonías clásicas (*Shimmer*) con técnicas no lineales como EMD-ER (Empirical mode decomposition excitation ratio) o VFER (Vocal fold excitation ratio) y MFCC (Mel frequency cepstral

coefficients) de bajo orden, se obtiene un subconjunto de características que conduce a una más precisa evaluación de la fonación.

Las medidas de disfonía o parámetros que cuantifican las principales características que se observan en el habla de los parkinsonianos, se pueden considerar en cuatro grupos para su análisis [11-12]. El grupo 1 (tipo *Jitter*) y el grupo 2 (tipo *Shimmer*), que detectan problemas en la periodicidad, cuantificando variaciones de la frecuencia (F0) y amplitud de la señal, respectivamente. El grupo 3 (tipo ruido) involucra problemas relacionados con el cierre incompleto de las cuerdas vocales, lo cual puede producir ruido. Finalmente, los parámetros del grupo 4 (MFCC) consideran problemas en la articulación de la fonación en el tracto vocal.

El aprendizaje automático o *machine learning* (ML) es un área de inteligencia artificial que utiliza el análisis por computadora para estudiar conjuntos de datos con el objetivo de detectar tendencias relevantes. En otras palabras, el aprendizaje automático enseña a las computadoras a aprender de los datos. Una rama importante de ML lo constituye el aprendizaje profundo o *deep learning* [13-14].

El análisis estadístico, sumado al ML, permite el trabajo criterioso con los datos de modo para comprender mejor los resultados y la caracterización del habla de los pacientes con EP.

El análisis automático del habla de personas con EP es una línea de investigación aún abierta que requiere jerarquizar las potencialidades del análisis del habla de pacientes con Parkinson utilizando modelos de inteligencia artificial para diagnóstico y seguimiento de la EP, sumando criterios físicos y estadísticos. A su vez los hallazgos debieran analizarse con especialistas de la salud, como médicos y fonoaudiólogos.



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



### 3. RESULTADOS ESPERADOS

El avance en el análisis del habla de personas con EP permitiría en el corto plazo brindar herramientas útiles, tanto a médicos y pacientes, que permitan el diagnóstico de alteraciones y seguimiento de la evolución de los trastornos en el habla.

Inicialmente se trabajará con bases de datos públicas, especialmente con una construida en Argentina [15]. Mas tarde, a partir de la App desarrollada se espera contar con una base de datos propia y creciente en volumen.

En la actualidad la telemedicina aumenta su proyección y efectividad. La utilización del análisis del habla a través de una App, ofrece a los médicos un elemento más de diagnóstico y seguimiento de la EP. Se han desarrollado otros software o aplicación [16-17], cuya utilización no ha prosperado entre los médicos argentinos de hospitales públicos

Se espera generar un espacio de construcción de conocimiento científico sobre el habla de paciente con EP, en base a la interacción entre investigadores de la UNO y personal de la salud de hospitales públicos argentinos, en primer lugar.

El análisis automático del habla de personas con EP requiere necesariamente de la conjunción interdisciplinaria de saberes, además de la identificación de innovaciones necesarias y posibles para el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de los pacientes con EP en relación al habla.

Se busca desarrollar una herramienta informática que les permita a los médicos grabar las voces de los pacientes con EP y que, por ejemplo, les permita identificar tempranamente la necesidad de derivación a un tratamiento con fonaudiólogos. La solución tecnológica estará representada por un desarrollo web que les pueda ser útil y accesible a los médicos

Se espera contribuir en la construcción de espacios de colaboración e intercambio multidisciplinar entre especialistas del campo de la salud (médicos, fonaudiólogos, OTR, etc.) y tecnólogos (ingenieros, informáticos, matemáticos, etc.) que favorezca la generación de tecnologías que beneficien a personas con EP. Este espacio se iniciará en primer lugar con investigadores de la UNO y del Hospital Nacional Alejandro Posadas.

### 4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La línea de investigación presentada colabora en la tesis doctoral de la Mg. Mónica Giuliano. Además se promueve la formación de docentes de matemática y de becarios alumnos de la Escuela de Informática de la UNO.

Además, a través del proyecto se busca brindar servicios a hospitales públicos y médicos tratantes de la EP.

### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Jankovic, J. (2008). Enfermedad de Parkinson: características clínicas y diagnóstico. *Revista de neurología, neurocirugía y psiquiatría*, 79 (4), 368-376.
- [2] Kollensperger, M.; Wenning, M.S.A.S.G. European, Red flags for multiples y stematopathy. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society* 23(8) (2008) 1093-9.
- [3] De Letter M, Santens P, Borsel, JV. (2003). The effects of levodopa on word intelligibility in Parkinson's disease. *J CommunDisord* 2005; 28: pp. 187-196.
- [4] Murray Morrison, Linda Rammage "Tratamiento de los trastornos de la voz" Elsevier España, 1996 capítulo 8, pág. 162.
- [5] Gómez-Vilda, P., Vicente-Torcal, M., Ferrández-Vicente, J., Álvarez Marquina, A., Rodellar-Biarge, V., Nieto-Lluis, V., et al. (2015a) Parkinson's disease monitoring from phonation biomechanics.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



- [6] Chiaramonte, R., and Marco Bonfiglio. "Análisis acústico de la voz en la enfermedad de Parkinson: revisión sistemática de la discapacidad vocal y metaanálisis de estudios." *Revista de neurología* 70.11 (2020): 393-405.
- [7] Little, M.A, McSharry, P. E., Hunter, J. E. Spielman, J. & Ramig, L. O. (2009). Suitability of dysphonia measurements for telemonitoring of Parkinson's disease," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 56(4):1010–1022.
- [8] Orozco-Arroyave, J. R., Vásquez-Correa, J. C., Klumpp, P., Pérez-Toro, P. A., Escobar-Grisales, D., Roth, N., ... & Nöth, E. (2020). Apkinson: the smartphone application for telemonitoring Parkinson's patients through speech, gait and hands movement. *Neurodegenerative Disease Management*, 10(3), 137-157.
- [9] Tsanas, Athanasios, and Siddharth Arora. (2021). "Assessing Parkinson's Disease Speech Signal Generalization of Clustering Results Across Three Countries: Findings in the Parkinson's Voice Initiative Study." *Age* 63.10.8 (2021): 63.5.
- [10] Tsanas, M. A. Little, C. Fox and L. O. Ramig, (2014) "Objective Automatic Assessment of Rehabilitative Speech Treatment in Parkinson's Disease," in *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 22, no. 1, pp. 181-190, Jan. 2014
- [11] Giuliano, M.; Fernandez L.; Pérez, S. (2020). Selección de Medidas de Disfonía para la Identificación de Enfermos de Parkinson. *Proceedings IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON)*, 2020, pp. 1-8
- [12] Pérez, S. Fernandez L.; Giuliano, M.; (2021). Aporte de medidas de shimmer para la detección de enfermedad de Parkinson. *Jornadas de Avances en Métodos Estadísticos*, Colombia 2021.
- [13] Marsland, Stephen (2015). *Machine Learning: An Algorithmic Perspective – 2nd Ed.* CRC Press. 2015
- [14] Mitchell, Tom M. (1997). *Machine Learning*. WCB McGraw-Hill, 1997
- [15] Giuliano, M. Adamec, D, Debas, M. I. (2021). Construcción de una base de voz de personas con y sin enfermedad de Parkinson. *Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas REDDI*. Vol.:6-Nro.1 (Julio-2021)
- [16] Orozco-Arroyave, J. R., Vásquez-Correa, J. C., Klumpp, P., Pérez-Toro, P. A., Escobar-Grisales, D., Roth, N., ... & Nöth, E. (2020). Apkinson: the smartphone application for telemonitoring Parkinson's patients through speech, gait and hands movement. *Neurodegenerative Disease Management*, 10(3), 137-157
- [17] Giuliano M Luciano E Massiolo R Procopio G Vaccotti F Viqueira. (2020a). Utilización de Software Parkinsoft para comparar voces de personas con y sin Enfermedad de Parkinson. *CONAISI 2020. 05 y 06 de noviembre 2020 RIISIC – CONFEDI – UTN San Francisco*.

[Volver a Pto. B \(Principales resultados de la investigación\)](#)

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



VI IEEE BIENNIAL CONGRESS OF ARGENTINA



**CERTIFICATE OF AUTHOR**

Awarded to

***Pérez, Silvia Noemí***

of the paper **N° 6498** entitled:

**Assessment of areas of the vocal space and formants to characterize people with and without Parkinson's disease.**

VI IEEE BIENNIAL CONGRESS OF ARGENTINA

**September 7 - 9, 2022**



Dr. Ing. Marcelo Gustavo Molina  
Chair Technical Program Committee



Dra. Bioing Natalia López  
Chair IEEE Argentine Section



Dr. Ing. Gastón O. Suvire  
General Chair ARGENCON 2022



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## CERTIFICATE OF AUTHOR

Awarded to

**Fernández, Luis**

of the paper **N° 6498** entitled:

**Assessment of areas of the vocal space and formants to characterize people with and without Parkinson's disease.**

VI IEEE BIENNIAL CONGRESS OF ARGENTINA

September 7 - 9, 2022



Dr. Ing. Marcelo Gustavo Molina  
Chair Technical Program Committee



Dra. Bioing Natalia López  
Chair IEEE Argentine Section



Dr. Ing. Gastón O. Suvire  
General Chair ARGENCON 2022



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## CERTIFICATE OF AUTHOR

Awarded to

**Giuliano, Monica**

of the paper **N° 6498** entitled:

**Assessment of areas of the vocal space and formants to characterize people with and without Parkinson's disease.**

VI IEEE BIENNIAL CONGRESS OF ARGENTINA

September 7 - 9, 2022



Dr. Ing. Marcelo Gustavo Molina  
Chair Technical Program Committee



Dra. Bioing Natalia López  
Chair IEEE Argentine Section



Dr. Ing. Gastón O. Suvire  
General Chair ARGENCON 2022



[Volver a Pto. B \(Principales resultados de la investigación\)](#)



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## 10º CONAISI (2022)

Certificado



**10 mo** | **CoNaISI**  
**CONGRESO** | **2022**  
NACIONAL | modalidad híbrida



**Renata S. Guatelli, Monica Giuliano, Verónica Aubin, Luis Fernández, María Laura Pepe, Silvia N. Pérez**

han participado como autores del trabajo titulado “Análisis comparativo entre CNN y Modelos Logísticos para detección de la Enfermedad de Parkinson utilizando la voz” y que el mismo ha sido aceptado para ser presentado en el 10º Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información -CONAISI 2022- organizado por la Red de Carreras de Ingeniería Informática / Sistemas de Información -RIISIC- perteneciente al CONFEDI, realizado de forma híbrida por la Facultad Regional Concepción del Uruguay de la Universidad Tecnológica Nacional, los días 3 y 4 de noviembre de 2022.

Concepción del Uruguay, Entre Ríos, 4 de noviembre de 2022.-

  
Lic. Augusto Nasrallah  
COORDINADOR RIISIC 2022

  
Mg. Patricia Cristaldo  
COORDINADORA CONAISI 2022

  
Esp. Ing. Martín E. Herlax  
DECANO UTN FRCU






<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## **Análisis comparativo entre CNN y Modelos Logísticos para detección de la Enfermedad de Parkinson utilizando la voz.**

*Renata S. Guatelli<sup>1</sup>, Monica Giuliano<sup>2</sup>, Verónica Aubin<sup>1</sup>, Luis Fernández<sup>1</sup>,  
María Laura Pepe<sup>1</sup>, Silvia N. Pérez<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Universidad Nacional de La Matanza, <sup>2</sup>Universidad Nacional del Oeste  
<sup>1</sup>rguatelli@unlam.edu.ar, <sup>2</sup>mgjuliano@uno.edu.ar

### **Resumen**

*En las últimas décadas se ha estudiado el habla de personas con Enfermedad de Parkinson (EP) diferenciándose del habla de personas sin EP, lo que resulta interesante por ser un método no invasivo que podría ser útil para el diagnóstico y seguimiento de los pacientes. Aquí proponemos dos técnicas de clasificación muy distintas para el análisis de la misma base de datos de 135 audios. Cada técnica fue presentada por los autores en trabajos anteriores y aquí se describen y comparan para la clasificación de los audios según condición de enfermedad, con EP y sin EP. La primera técnica toma una selección de 11 variables utilizando medidas acústicas de la señal de audio y clasifica los audios con modelos logísticos. La segunda utiliza la imagen del espectrograma producida con los audios y clasifica con redes neuronales convolucionales (CNN). Los resultados se comparan utilizando diferentes indicadores (sensibilidad, especificidad, exactitud, tasa de error, caída de falsos positivos, precisión, tasa de descubrimiento falso, tasa de falsas omisiones, F1 score, Coeficiente de Correlación de Matthew, razón de verosimilitud, odds ratio). Los resultados muestran rendimientos similares en los indicadores utilizados, con una exactitud de 85% para el modelo logístico y de 88% para CNN.*

### **1. Introducción**

El estudio del habla en la enfermedad de Parkinson (EP) ha sido foco de gran interés en los últimos años. En la producción de la voz intervienen varios sistemas: los pulmones (fuente de energía), la laringe, que contienen las cuerdas vocales, la faringe, las cavidades nasal y bucal, músculos que mueven estos órganos, y los nervios que controlan los movimientos. El control general del sistema se realiza en el cerebro, específicamente, en la corteza neuromotora lingüística.

En el enfermo con Parkinson se afectan subsistemas relacionados con el control motor del habla: respiratorio,

fonatorio y articulatorio; cualquier alteración en uno de estos sistemas afecta a la voz y la coordinación del habla. Es esperable que existan diferencias entre los pacientes con Parkinson y los controles sin diagnóstico de EP en cuanto a la producción de los sonidos del habla.

Durante 2019 se construyó una base de datos con voces de personas con EP (E) y sin EP diagnosticado (NE) con un trabajo colaborativo de un grupo interdisciplinario integrado de profesionales. Participaron especialistas de dos hospitales públicos de Argentina (Hospital Nacional Profesor Alejandro Posadas y Hospital General de Agudos Bernardino Rivadavia) junto a investigadores de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM) de diferentes áreas. Los casos con EP fueron evaluados por la misma médica neuróloga. Además, se les realizó a cada uno una endoscopia de cuerdas vocales para descartar casos con alteraciones en las cuerdas vocales debidas a otras patologías, todos fueron evaluados por fonoaudiólogas y médicos OTR (otorrinolaringólogo). La base de datos cuenta con el aval del comité de ética del Hospital Rivadavia y se presentó en [1] donde se muestran algunos resultados descriptivos. Parte de esta base de datos se utilizó en el trabajo aquí presentado.

En el presente trabajo se comparan dos técnicas para la clasificación en E y NE, es decir personas con y sin EP respectivamente. Con este fin, se utilizaron los mismos audios de las fonaciones sostenidas de la /a/ disponibles en la base de datos.

La primera técnica utiliza las medidas de disfonía extraídas y seleccionadas de las señales del habla propuestas en un estudio anterior [2] realizar la clasificación binaria.

La segunda forma realiza la clasificación mediante el uso de espectrogramas generados a partir de las señales de habla, procesados con Redes Neuronales Convolucionales (en inglés CNN). Esta técnica se presentó en [3].

En este artículo se presentan los resultados de aplicar las metodologías propuestas en los artículos anteriores. Pero en esta oportunidad realizando experimentos sobre las mismas muestras de la base de datos para realizar la comparación de



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019

las dos metodologías de trabajo. Aquí sobre el mismo conjunto de datos se aplican las dos técnicas y se comparan los resultados.

## 2. Metodología

### 2.1. Datos

De la base de datos disponible se utilizó la fonación de la vocal /a/. Se tuvieron en cuenta la totalidad de los audios aunque tuvieran diferente duración y se consideraron las repeticiones de los pacientes. Las grabaciones de las voces de los 108 casos considerados se realizaron en cabina acústica con un micrófono de condensador polarizado permanente, de placa trasera, con carga fija (AT2020 micrófono de condensador cardioide).

En el momento de realizar la grabación los EP se encontraban medicados, es decir en "on", en estado que los síntomas son de baja intensidad.

**Tabla 1. Características de la muestra de EP. Fuente [1]**

	Media	Mediana	Moda	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
EDAD	63,8596	65	62	8,23	38	79
DURACION ENFERMEDAD (en años)	6,0351	5	2	3,88	0,5	16
H-Y	1,5789	1,5	1	0,59	1	3
DE L-dopa	878,2143	850	1000	477,46	60	2400
UPDRS III on	30,6491	29	37	11,09	12	53
UPDRS 3.1	0,4035	0	0	0,56	0	2

El promedio de edad de los pacientes con EP es de 64 años, con antigüedad media de la enfermedad de 6 años. Para descartar patología laríngea excluyente a los cambios que pueden observarse en la laringe en relación con la EP [1], en los enfermos se realizó un estudio de laringoscopia y estroboscopia. Las personas con EP fueron evaluadas neurológicamente usando la versión en español de la escala unificada de la enfermedad de Parkinson o UPDRS, patrocinada por la Sociedad de Trastornos del Movimiento (Movement Disorders Society, MDS) [4]. Según la escala UPDRS los pacientes presentaron valores medios de 30,6, con valores entre un mínimo de 12 y máximo de 53. Los pacientes también fueron evaluados con la escala Hoehn & Yar h(H&Y) [5] y se observan valores medios de 1,6, con mínimo en 1 y máximo 3.

Aquí se cuenta con 135 fonaciones de la vocal /a/ correspondiente a 118 individuos, donde se descartaron aquellas con mayores alteraciones y se tomó uno, dos o tres audios por personas, según disponibilidad. En todos los casos se seleccionaron submuestras de entrenamiento y test teniendo en cuenta a los individuos, de manera que los audios de una misma persona solo quedaran en entrenamiento o en test con todas sus repeticiones. En el caso de las CNN (se consideraron tres conjuntos disjuntos: entrenamiento, validación y test). En la Tabla 2 se observa la distribución de las muestras según individuos y según

muestras de audio, en total hay 17 personas con más de un audio y solo 3 con tres muestras.

**Tabla 2. Distribución de la muestra total según individuos (a) y según audios (b)**

a) Distribución de la muestra según género y condición de enfermedad de los individuos (N=118)

	E	NE
F	16	49
M	28	25

b) Distribución de la muestra según género y condición de enfermedad de los audios (N=135)

	E	NE
F	24	50
M	34	27

### 2.2. Variables acústicas para la clasificación con modelo logístico.

En [2] hemos analizado varias medidas de disfonías con el fin de obtener un sistema mínimo de variables. Se realizó el análisis de la señal de voz con el Voice Analysis Toolbox (VAT) [6- 9]. EL VAT está compuesto por una serie de rutinas en MATLAB optimizadas para la pronunciación de la letra /a/. Entrega un total de 339 medidas que se clasificaron en 4 grupos según los problemas más comunes que presentan las voces disfuncionales de EP. Realizando un análisis estadístico [2], se seleccionaron por su relevancia, 11 variables del conjunto de las 339 variables. Las variables seleccionadas están indicadas en la Tabla 1 y en los párrafos siguientes se hace una descripción de los grupos mencionados.

La señal asociada a la fonación de una vocal se puede modelar como una señal periódica, caracterizada por su frecuencia fundamental (F0). Durante la fonación sostenida de una vocal el desvío de la periodicidad es más notable en las voces patológicas que en las voces no enfermas. Para el estudio de este desvío, VAT entrega las medidas típicas de las variaciones de la curva de F0 (jitter), junto con medidas basadas en análisis no lineal de señales (GQ (Glottal Quotient), PPE (Pitch Period Entropy), RPDE (Recurrence Period Density Entropy) y parámetros derivados de los coeficientes de aproximación y detalles del Análisis Wavelets de la curva de F0. Con estas medidas formamos el grupo G1.

Otro problema que surge en el análisis de voces patológicas es la variación de la amplitud de señal. Para la cuantificación de estas variaciones utilizamos los parámetros (Shimmer) del grupo G2 calculados con VAT.



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



**Tabla 3: Clasificación de las 11 medidas de disfonía utilizadas según grupo de pertenencia. (la variable proporción indica Cantidad Seleccionadas / total del grupo)**

Grupo	Medidas	Variab les	Proporció n
G1	Desvío de la periodicidad	V1-V51	2/209
G2	Variaciones de la amplitud	V34	1/22
G3	Ruido	V59, V70, V338	3/24
G4	Problemas en la articulación	V137, V141, V152, V71, V75	5/84

El cierre incompleto de las cuerdas vocales produce un flujo de aire turbulento que se manifiesta como ruido (G3: ruido). Para el análisis de este fenómeno, que en las voces patológicas se presenta con mayor intensidad, VAT entrega los parámetros estándar junto con una serie de medidas más modernas. Las medidas son: HNR (Harmonics to Noise Ratio), NHR (Noise to Harmonics Ratio), GNE (Glottal to noise excitation), VFER (Vocal fold excitation ratio), EMD-ER (Empirical mode decomposition excitation ratio), DFA (Detrended Fluctuation Analysis).

Los enfermos de Parkinson por lo general tienen problemas en la articulación necesaria para la fonación, esto puede medirse por intermedio de parámetros derivados de los Coeficientes Cepstrales MFCCs (Mel Frequency Cepstral Coefficients), que caracterizan al tracto vocal e integran el grupo G4.

En el trabajo mencionado anteriormente [2], se tomaron muestras de la fonación de la /a/ de 108 individuos y se analizaron las 339 variables indicadas en la tabla anterior. Luego se seleccionaron las 11 variables que mejor representan al conjunto.

De las once variables que resultaron mejor jerarquizadas, 2 pertenecen al grupo G1, 1 al grupo G2, 3 son del grupo G3 y 5 al grupo G4. En el conjunto total de variables seleccionadas, se destaca la presencia de variables en cada uno de los cuatro grupos teóricos utilizados como referencia.

Se realizó luego un análisis predictivo de regresión logística [10] tomando como base las 11 variables calculadas en la nueva muestra de 135 audios. A partir de estas se aplicó una selección automática de variables utilizando el método de stepwise [10] de modo de considerar un modelo con variables significativas para la predicción. Se dividió la muestra en entrenamiento y test para validación y se calculó la matriz de confusión. Por último, las métricas de evaluación se calcularon a partir de la matriz de confusión.

### 2.3. Deep Learning aplicado a espectrogramas

Para hallar los resultados presentados en este trabajo, se realizaron experimentos con espectrogramas en color de los sonidos del habla y un clasificador de redes neuronales convolucionales.

Un espectrograma es una representación en tres dimensiones: tiempo, frecuencia y amplitud de una señal de audio. Permite representar a lo largo del tiempo las variaciones de frecuencia y amplitud. Se representa a través de un gráfico en dos dimensiones: tiempo (eje horizontal) y frecuencia (eje vertical), donde la tercera dimensión (amplitud) es representada mediante el uso de una escala de colores. Para generar los espectrogramas, se aplicó a las señales seleccionadas, la Short-Time Fourier Transform (STFT).

Las CNN [11] son un tipo de Red Neuronal Artificial que permite principalmente la clasificación de imágenes. Los algoritmos de las CNN se engloban dentro del aprendizaje supervisado, es decir, para entrenar los modelos son necesarios una serie de ejemplos de la tarea que se quiere realizar.

Para obtener un buen entrenamiento de la red es necesario contar con un gran volumen de datos. Dado que el conjunto de sonidos seleccionados de la base de datos está formado por 135 muestras, se utilizó como estrategia de aumentación de datos la propuesta en [3], donde se consideran los espectrogramas con las paletas de color disponibles en la herramienta colormap de Matlab. Se consideraron 13 paletas de colores: autumn, bone, cool, copper, gray, hot, hsv, jet, parula, pink, spring, summer y winter. Es interesante mencionar que algunas paletas de colores son útiles para resaltar ciertos detalles del sonido, las paletas copper y bone resaltan las formas de crestas y valles, mientras que jet o hsv da una indicación de la inclinación de las pendientes. Se excluyeron las paletas colorcube, flag, lines, prism y white, pues generan imágenes pixeladas y ruidosas. Considerando la estrategia de aumentación de datos, se generaron 1755 espectrogramas, 754 de personas enfermas y 1001 de personas no enfermas.

Se utilizaron como entradas de la CNN los 3 canales de las imágenes en color de los espectrogramas de las señales de la fonación de la /a/. En el entrenamiento se adoptó la transferencia de aprendizaje, debido a que a pesar de la aumentación de datos se tienen pocas muestras para entrenar la red desde cero.

En un trabajo previo, se evaluaron diferentes arquitecturas de CNN para el análisis de los espectrogramas [3]. A partir de los resultados obtenidos allí, en este trabajo se decidió utilizar la arquitectura ALEXNET [12].

La arquitectura de la red AlexNet se compone de cinco capas convolucionales y tres capas densas. En las capas convolucionales aprende características nuevas y cada vez más complejas. La etapa final permite tomar las características extraídas por las capas convolucionales, representarlas como un vector y realizar la clasificación final de la imagen.

### 2.4. Metodología de Comparación

Se consideró la matriz de confusión para evaluar los algoritmos utilizados para la clasificación de los audios de test. Se consideran la condición de enfermo de EP y no

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



enfermo (E y NE) versus la condición de clasificación o predicción utilizando cada uno de los dos métodos (valores predichos).

Se calcularon luego indicadores usuales, los que se resumen en la matriz de confusión dada en la Tabla 4. En esta se presenta la siguiente notación: TP corresponde a los verdaderos positivos (EP predichos como EP); FN a falsos negativos (EP predichos como NE); TN corresponde a verdaderos negativos (NE predichos como NE) y por último FP indicando falsos positivos (NE predichos como EP). Para los totales, se tiene TE al total de enfermos EP; TNE es total de no Enfermos.

**Tabla 4. Matriz de confusión.**

	E predicción	NE predicción	
E reales	TP	FN	TE
NE reales	FP	TN	TNE
	TPP	TPN	Total

A continuación, se definen los indicadores utilizados y calculados a partir de la matriz de confusión:

- ACC representa la Exactitud (Accuracy) o proporción de datos correctamente clasificados.
- La Tasa de Error es la proporción de datos mal clasificados del total.
- La sensibilidad (Recall -Hit Rate) o TPR (True Positive Rate) representa la tasa de verdaderos positivos entre el total de enfermos, TPR y mide la exhaustividad, los correctamente clasificados del grupo de interés, es decir que tan precisa es la prueba de detección para identificar la enfermedad entre las personas que la padecen.
- La Especificidad o TNR (True Negative Rate) representa la tasa de verdaderos negativos que mide la selectividad, es decir la tasa de negativos que se identifican correctamente, los no enfermos bien detectados.
- Exactitud balanceada (Balanced Accuracy) es el promedio de la tasa de verdaderos positivos y verdaderos negativos (TNP y TNR).
- FNR (False Negative Rate) es la tasa de errores o tasa de Falsos Negativos, representa la proporción de mal predichos como no enfermos en el total de enfermos.
- FPR (False Positive Rate) es la tasa de caída o tasa de Falsos Positivos, es decir la proporción de no enfermos mal predichos como enfermos en el total de no enfermos.
- PPV (Positive Predictive Value) es la Precisión o Valor Predictivo Positivo, indica la proporción de una prueba de detección positiva realmente tengan la enfermedad, es decir enfermos detectados del total de los clasificados como enfermos.
- NVP (Negative Predictive Value) es el Valor Predictivo Negativo e indica la proporción los sujetos con una prueba de detección negativa que realmente no

tienen la enfermedad, es decir los predichos como no enfermos del total de no enfermos.

- FDR (False Negative Rate) es la tasa de Descubrimiento Falso, indica la razón de mal predicho como enfermos del total de los predichos como enfermos,  $FDR = FP / (FP + TP) = 1 - PPV$ .
- FOR (False Omission Rate) es la tasa de Falsas Omisiones, indica la razón de mal predicho como no enfermos del total de los predichos como no enfermos  $FOR = FN / (FN + TN) = 1 - NVP$ .
- F1 Score es una medida de la exactitud, se calcula a partir de la precisión y la sensibilidad usando la media armónica de estas. Si los datos están desbalanceados es una mejor medida que el Accuracy.  $F1 = 2 * [ 2 TP / (2 * TP + FP + FN) ] = (PPV + TPR) / (PPV + RPR)$
- MCC (Matthews Correlation Coefficient) es el Coeficiente de Correlacion de Matthews tiene en cuenta los positivos y negativos verdaderos y falsos. En general, se considera una medida equilibrada que se puede utilizar incluso si las clases son de tamaños muy diferentes (-1 Muy malo, 0 Malo, 1 Muy bueno).
- LR (likelihood ratio), conocido en español como razón de verosimilitud, se define como la razón entre la posibilidad de observar un ser clasificado enfermo en los pacientes con EP versus la posibilidad de ser clasificado EP en personas sin la patología.  
 $LR+ = (\text{sensibilidad}/1-\text{especificidad})$   
 $LR- = (1-\text{sensibilidad} / \text{especificidad})$   
El indicador LR+ es la chance de ser realmente EP versus ser no enfermo, si fue clasificado como enfermo. El indicador LR- es la chance de ser realmente EP versus ser no enfermo, si fue clasificado como no enfermo.
- OR (Odds Ratio) es el cociente de la razón de verosimilitud positiva respecto de la negativa ( $OR = LR+ / LR-$ ).  
Este índice OR es conocido como la chance que clasifique como enfermo a un enfermo vs que no lo haga, relativo la chance que clasifique como enfermo a un no enfermo (versus que lo clasifique como no enfermo).

**Tabla 5. Indicadores para la evaluación de la clasificación**

Indicador	Fórmula
ACC: Accuracy o Exactitud	$(TP + TN) / \text{TOTAL}$
Tasa de Error	$(FP + FN) / \text{TOTAL} = 1 - \text{ACCURACY}$
TPR Sensibilidad o tasa de verdaderos positivos	$TPR = TP / (TP + FN) = 1 - \text{FNR}$
TNR Especificidad Tasa de Verdaderos Negativos	$TNR = TN / (TN + FP) = 1 - \text{FPR}$
Exactitud Balanceada o Balanced Accuracy	$(TPR + TNR) / 2$



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



FNR: Tasa de Errores o Tasa De Falsos Negativos	$FNR = FN / (FN + TP) = 1 - TPR$
FPR Tasa de Caída o Tasa de Falso Positivos	$FPR = FP / (FP + TN) = 1 - TNR$
PPV Precisión o Valor Predictivo Positivo	$PPV = TP / (TP + FP) = 1 - FDR$
NVP Valor Predictivo Negativo	$NVP = TN / (TN + FN) = 1 - FOR$
FDR Tasa de Descubrimiento Falso	$FDR = FP / (FP + TP) = 1 - PPV$
FOR Tasa de Falsas Omisiones	$FOR = FN / (FN + TN) = 1 - NVP$
F1 Score	$F1 = 2 * [ 2 TP / (2 * TP + FP + FN) ] = (PPV + TPR) / (PPV + RPR)$
Coefficiente de Correlación de Matthews	$MCC = [ ( TP * TN ) - ( FP * FN ) ] / \sqrt{ ( TP + FP ) * ( TP + FN ) * ( TN + FP ) * ( TN + FN ) }$
Razón de verosimilitud positiva (LR+)	$LR+ = TPR / (1 - TNR) = TPR / FPR$
Razón de verosimilitud negativa (LR-)	$LR- = (1 - TPR) / TNR = FNR / TNR$
Odds Ratio (OR)	$OR = LR+ / LR- = (TP / FN) / (FP / TN)$

### 3. Resultados

#### 3.1. Clasificación con el Modelo Logístico

Se realizó una partición de la muestra en 70% para entrenamiento y 30% para test. A partir de las 11 variables, sumadas a género y edad, se realizó una regresión logística por pasos (stepwise). El modelo resultante deja seleccionadas sólo 5 variables: tsV034, tsV059, tsV075, tsV141 y tsV338.

**Tabla 6. Coeficientes estimados en el Modelo Logístico**

Estimate	Std.	Error	z	value
Constante	-16,55	5,31	-3,12	0,002
V034	26,62	15,85	1,68	0,093
V059	1011,73	363,59	2,78	0,005
V075	1,25	0,49	2,55	0,011
V141	351,18	98,30	3,57	0,000
V338	13,01	7,31	1,78	0,075

En la Tabla 6 se muestran los coeficientes estimados del modelo, el que obtuvo un valor de AIC= 54,686 y una capacidad predictiva, medida a través del área bajo la curva ROC, igual a AUC=0,91148. Considerando un punto de corte de 0,5 para la clasificación, la exactitud obtenida es accuracy=0,8536.

#### 3.2. Clasificación con CNN aplicado a espectrogramas

Los experimentos presentados en este artículo se llevaron a cabo sobre la arquitectura ALEXNET. Para encontrar los hiperparámetros se hicieron diferentes pruebas variando las combinaciones de épocas, mini-batch y tasa de aprendizaje. Se seleccionaron los siguientes hiperparámetros épocas 35, mini-batch 32 y razón de aprendizaje 0.0001. Para obtener una medida de performance objetiva, las muestras se dividieron en tres conjuntos: entrenamiento (70% de las muestras), validación (10%) y test (20%). Todos los conjuntos son disjuntos a nivel de personas.

#### 3.3. Comparación de indicadores

En la Tabla 7 se observa los valores de los indicadores estudiados según el modelo logístico con las variables acústicas y el modelo CNN ALEXNET con las imágenes.

**Tabla 7. Índices obtenidos en la evaluación de la clasificación según el modelo logístico y el modelo CNN Alexnet**

Indicador	Modelo Logístico	CNN ALEXNET
ACC exactitud	0,85	0,88
Tasa de Error	0,15	0,12
TPR Sensibilidad	0,79	0,87
TNR Especificidad Tasa de Verdaderos Negativos	0,91	0,89
Exactitud Balanceada	0,85	0,88
PPV Precisión o Valor Predictivo Positivo	0,88	0,88
NVP Valor Predictivo Negativo	0,83	0,88
F1 Score	0,83	0,87
Coefficiente de Correlación de Matthews	0,71	0,76
FDR Tasa de Descubrimiento Falso	0,21	0,13
FOR Tasa de Falsas Omisiones	0,09	0,11
Razón de verosimilitud positiva (LR+)	8,68	8,21
Razón de verosimilitud negativa (LR-)	0,23	0,15
Odds Ratio (OR)	37,50	55,28

La exactitud de la clasificación resulta 0,85 con las medidas acústicas mientras que 0,88 con las imágenes. Son valores similares un poco mejor en el caso de las imágenes.



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Esto también se refleja en las tasas de error que son de 0,15 y 0,12, en correspondencia con la exactitud.

La sensibilidad es peor en modelos logísticos que la clasificación con CNN (0,79 y 0,87), lo que indicaría que la tasa de enfermos bien clasificados es mejor en CNN. En cambio, la especificidad es mejor levemente en el modelo logístico (0,91 y 0,89), lo que indica mejor precisión en los verdaderos no enfermos clasificados como tal.

F1 Score es una medida de la exactitud, que resultó similar levemente mayor para la clasificación de imágenes (0,87) respecto la clasificación de medidas acústicas (0,83)

El MCC [13], Coeficiente de Correlación de Matthews, indica correlación positiva alta de 0,71 y 0,76, un poco mejor para imágenes.

La razón de verosimilitud da en los dos casos valores para LR+ y LR- correspondiente a la categoría de buena utilidad de la clasificación (LR+ entre 5 y 10 y LR- entre 0,1 y 0,2)

Si el OR mejor en el caso de clasificación de imágenes. Hay 55 veces más chance de clasificar a un enfermo como tal (respecto clasificarlo mal), que de clasificar como enfermo a un no enfermo de EP (respecto a clasificarlo bien).

#### 4. Discusión y Conclusiones

Los resultados se comparan utilizando diferentes indicadores (sensibilidad, especificidad, exactitud, tasa de error, caída de falsos positivos, precisión, tasa de descubrimiento falso, tasa de falsas omisiones, F1 score, Coeficiente de Correlación de Matthew, razón de verosimilitud, odds ratio). Los resultados muestran rendimientos similares en los indicadores utilizados y se destaca un mayor odds ratio en la clasificación por imágenes.

La metodología que utiliza los parámetros acústicos seleccionados tiene como ventaja que las variables tienen correlato físico de afecciones en el sistema fonatorio. Sin embargo, tiene la desventaja que se trabaja con muchas variables y hay implícita una selección y el cálculo de las mismas que debería realizarse de la misma manera.

Las redes neuronales convolucionales, en comparación con los algoritmos tradicionales de Machine Learning, aprenden características de forma automática. Ésta particularidad de las CNN, evita el proceso previo de encontrar descriptores, que serían necesarios para entrenar otro tipo de clasificadores. Esta es una de sus mayores fortalezas ya que reduce el tiempo de preprocesamiento. Sin embargo, para entrenar el modelo se necesita un gran número de imágenes ya clasificadas.

Actualmente se está desarrollando una aplicación web [14] destinada a los especialistas de la salud, que permitirá dar una respuesta preliminar en tiempo real a partir de señales de audios dando un complemento al diagnóstico. Dado que la aplicación registra las grabaciones, esto

permitirá también aumentar la base de datos disponible de audios de personas con y sin enfermedad de Parkinson, mejorando la precisión de los análisis.

#### Agradecimientos

Este trabajo se realiza en el contexto de los proyectos: 'Estudio del habla de pacientes con Enfermedad de Parkinson para la asistencia al diagnóstico y seguimiento', Universidad Nacional del Oeste y 'Procesamiento de señales del habla para la clasificación y monitoreo de la enfermedad de Parkinson', Universidad Nacional de La Matanza.

#### Referencias

- [1] Giuliano, M. Adamec, D. Debas M.I., "Construcción de una base de voz de personas con y sin enfermedad de Parkinson", Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza (REDDI), vol. 6-Nro.1, 2021.
- [2] Giuliano, M.; Fernandez L.; Pérez, S. (2020). "Selección de Medidas de Disfonía para la Identificación de Enfermos de Parkinson". Proceedings IEEE Congreso Biental de Argentina (ARGENCON), 2020, pp. 1-8.
- [3] Guatelli, R., Aubin, V., Mora, M., Naranjo-Torres, J., & Sinopoli, A. "Detección de Parkinson mediante Espectrogramas en Color y Redes Neuronales Convolucionales". SAIV Simposio Argentino de Imágenes y Visión, 2021
- [4] Goetz CG, Fahn S, Martinez-Martin P, Poewe W, Sampaio C, Stebbins GT, Stern MB, Tilley BC, Dodel R, Dubois B, Holloway R. "Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): process, format, and clinimetric testing plan". *Movement disorders*. 2007 Jan;22(1):41-7.
- [5] Hoehn, M. M., & Yahr, M. D. "Parkinsonism: Onset, progression and mortality". *1967 Neurology*, 57 (10,Suppl3), S11-S26. 2001.
- [6] Tsanas, A., Little, M. A., Fox, C., & Ramig, L. O., "Objective Automatic Assessment of Rehabilitative Speech Treatment in Parkinson's Disease". *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 22, no. 1, pp. 181-190, Jan. 2014, doi: 10.1109/TNSRE.2013.2293575.
- [7] Tsanas, A., Little, M. A., McSharry, P. E. and Ramig, L. O. "Nonlinear speech analysis algorithms mapped to a standard metric achieve clinically useful quantification of average Parkinson's disease symptom severity," *J. R. Soc. Interface*, vol. 8, pp. 842-855, 2011. 2010
- [8] Tsanas, A., "Accurate telemonitoring of Parkinson's disease symptom severity using nonlinear speech signal processing and statistical machine learning," *D.Phil, Univ. Oxford, Oxford, U.K.*, 2012.
- [9] Tsanas, A. "Automatic objective biomarkers of neurodegenerative disorders using nonlinear speech signal processing tools", 8th International Workshop on Models and Analysis of Vocal Emissions for Biomedical Applications

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



(MAVEBA), pp. 37-40, Florence, Italy, 16-18 December 2013.

- [10] Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. "Shrinkage Methods". *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction* (2nd ed.). New York: Springer. pp. 61–79. 2017.
- [11] Teuwen, J., & Moriakov, N.. Convolutional neural networks. In *Handbook of medical image computing and computer assisted intervention* (pp. 481-501). Academic Press. 2020
- [12] Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 25. 2012
- [13] Chicco, D., & Jurman, G. The advantages of the Matthews correlation coefficient (MCC) over F1 score and accuracy in binary classification evaluation. *BMC genomics*, 21(1), 1-13. 2022
- [14] Giuliano, M.; Pérez, S.; Mangiarua, N. Estudio del habla de pacientes con enfermedad de Parkinson y desarrollo de aplicación WEB. XXIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2022). 2022 <https://wicc2022.uch.edu.ar/>

[Volver a Pto. B \(Principales resultados de la investigación\)](#)

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## VI JORNADAS INTERDISCIPLINARIAS DE ANÁLISIS AVANZADO DE IMÁGENES Y SEÑALES

Horario	Lunes 7 de noviembre	Martes 8 de noviembre
9:30 a 10:00	Apertura	
10:00 a 11:00	<i>Alejandro Frery</i>	<i>Walter Legnani</i>
11:00 a 11:30	Café	Café
11:30 a 12:00	Piñeiro	Guerrero
12:00 a 12:30	Sagüés	García Blesa
12:30 a 14:00	Almuerzo Libre	Almuerzo Libre
14:00 a 14:30	Giuliano	
14:30 a 15:00	Martínez Coq	<i>Ricardo Armentano</i>
15:00 a 15:30		<i>Claudio Delrieux</i>
15:30 a 16:00	<i>Dino Otero</i>	Café
16:00 a 17:00		Mesa Redonda

### Títulos de las Charlas

- Alejandro Frery: Análisis de Señales con Patrones Ordinales
- Walter Legnani: Estudio de la Performance de la Entropía de Permutación en la Detección de Registros Patológicos en Estudios de Potenciales Evocados
- Dino Otero: Un paseo de Señales e Imágenes por la Física
- Ricardo Armentano: Inteligencia Integrada para la Medicina de Precisión
- Claudio Delrieux: Análisis de Señales de Resonancia Funcional Cerebral utilizando el Plano Causal

### Títulos de los Trabajos

- Piñeiro: Métodos de Aprendizaje Profundo en el Análisis e Interpretación de Imágenes de Microscopía
- Sagüés: Desarrollo de una Aplicación Web para el Tracking de Filamentos Intracelulares a partir de Imágenes de Microscopía
- Giuliano: Procesamiento del Habla para la Clasificación de Personas con Enfermedad de Parkinson
- Martínez Coq: Detección del Síndrome de Muerte Súbita Empleando Matrices de Transición entre Patrones Ordinales de ECGs
- Guerrero: Extracción de Características de Imagen para Recuperación de Formas 3D a partir de Múltiples Vistas
- García Blesa: Detección de Bordos en Imágenes Satelitales Nocturnas usando Grafos y Medidas de Información

Fuente:

<https://iaais.frba.utn.edu.ar/programas/>

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## VI Jornadas Interdisciplinarias de Análisis Avanzado de Imágenes y Señales

7 y 8 de noviembre de 2022, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

Por medio del presente, tenemos el agrado de distinguir el trabajo

Procesamiento del Habla para la Clasificación de Personas con  
Enfermedad de Parkinson, cuyos autores son *Mónica Giuliano, Humberto*

*Torres y Verónica Aubin.*

Lic. Patricia Cibeira  
Sec. Ciencia, Tecnología e  
Innovación Productiva

Prof. Dr. Walter Legnani  
Dir. Centro de Procesamiento  
de Señales e Imágenes

Prof. Dra. Andrea Rey  
Organizadora General



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# Procesamiento del habla para la clasificación de personas con enfermedad de Parkinson

1

Monica Giuliano  
*Universidad Nacional del Oeste,  
 Universidad Nacional de Hurlingham*  
 S.A Padua, Argentina  
 mgiuliano@uno.edu.ar  
 0000-0001-5883-5535

Humberto Torres  
*Instituto de Inmunología,  
 Genética y Metabolismo*  
 UBA-CONICET  
 Buenos Aires, Argentina  
 hmtorres@conicet.gov.ar  
 0000-0001-5913-161X

Verónica Aubin  
*Universidad Nacional  
 de la Matanza, San  
 Justo, Argentina*  
 vaubin@unlam.edu.ar  
 0000-0002-4981-6460

## Resumen

2 Aquí se presentan los avances realizados en el procesamiento comparativo del habla de personas con y sin enfermedad de  
 3 Parkinson con el mismo rango etarios. Los experimentos se han realizado con muestras de fonación de la vocal /a/ con el análisis  
 4 de diferentes parámetros. A partir de 297 variables registradas, se realizó una selección de 11 variables utilizando un criterio de  
 5 selección en etapas, utilizando Análisis de Componentes Principales, Análisis de la Variancia y Modelos de Regresión logística. Se  
 6 logró un modelo con una precisión del 80% en la clasificación de personas con y sin Parkinson, identificando variables relevantes a  
 7 la clasificación.

## Palabras Clave

8 Habla, Enfermedad de Parkinson, Análisis Acústico, Clasificación automática

10

## I. INTRODUCCIÓN

11 La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo crónico y progresivo del sistema nervioso central, de  
 12 comienzo gradual, sin sintomatología obvia y progresión lenta, diagnosticándose en edades medias, entre 40 y 70 años. Las  
 13 manifestaciones motoras de la EP están representadas por temblor de reposo, rigidez y bradicinesia [13]. En su evolución natural  
 14 se agregan otros síntomas como: trastornos de la marcha, desequilibrio y alteraciones de la voz, que implican un marcado  
 15 impacto en la calidad vida [14]. Se estima que entre un 60-80% de pacientes con EP presentan alteraciones de la voz,  
 16 caracterizados por cambios en frecuencia, duración e intensidad del habla [2].

17 El análisis acústico de la voz permite detectar los cambios de los parámetros vocales, lo cual puede ser utilizado para predecir  
 18 el avance de la EP y definir una intervención clínica específica. Recientemente Goyal y otros [9] han presentado una revisión  
 19 comparativa de trabajos realizados con publicaciones entre 2017 y 2019, donde se hace foco en las diferentes técnicas de  
 20 extracción y clasificación de características, presentando un panorama bastante completo para continuar explorando técnicas.

21 Aquí se realiza un resumen de varios análisis con la fonación de la vocal /a/ en una base de datos propia, proponiendo más  
 22 300 parámetros con algoritmos obtenidos de la bibliografía y con reducción de variables para la predicción automática de la EP.  
 23 Se comparan los resultados con los obtenidos por otros autores y se destaca el método de análisis para la reducción de variables.

24

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Datos

26 Se dispone de una base de datos grabada en el año 2019 [5]. Pacientes con EP del Hospital Nacional Profesor Alejandro  
 27 Posadas de la Provincia de Buenos Aires, tratados en el servicio de Neurología funcional se presentaron en el Hospital Bernardino  
 28 Rivadavia de la Ciudad de Buenos, para la construcción de la base de dato con voces de pacientes con EP. Adicionalmente,  
 29 también en ese año en la UNLaM se construyó una base de datos con personas sin EP diagnosticado, considerando condiciones  
 30 demográficas similares a las presentes en el conjunto anterior. La base de datos considera vocales sostenidas, una frase, la



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



31 palabra pataka y habla espontánea, aquí solo se utilizó la fonación de la vocal /a/. El promedio de edad de los pacientes con EP  
 32 y de las personas sin EP es similar, de 64 años. Las personas con EP tenían, al momento de la grabación, una antigüedad media  
 33 de la enfermedad de 6 años y con avance leve a moderado.

34 *B. Parámetros acústicos*

35 Se utilizan los parámetros propuestos en [7] para el análisis de la señal de voz, generados con el Voice Analysis Toolbox (VAT)  
 36 [18, 19], el cual consta de una serie de rutinas en MATLAB optimizadas para la pronunciación de la letra /a/. El VAT entrega 339  
 37 medidas que podemos clasificar en 4 grupos según los problemas más comunes que presentan las voces disfuncionales de EP.  
 38 El grupo 1 (G1) detectan desvíos en la periodicidad, cuantificando variaciones de la frecuencia fundamental (F0) entrega las  
 39 medidas típicas de las variaciones de la curva de F0 (jitter), junto con medidas basadas en análisis no lineal de señales y  
 40 parámetros derivados de los coeficientes de aproximación y detalles del Análisis Onditas de la curva de F0. El grupo 2 (G2)  
 41 permite análisis de voces patológicas en la variación de la amplitud de señal (Shimmer). El grupo 3 (G3) involucra problemas  
 42 relacionados con el cierre incompleto de las cuerdas vocales, lo cual puede generar una componente de ruido, en métricas  
 43 tradicionales y no lineales. Finalmente, las variables en el grupo 4 (G4) consideran problemas en la articulación, reflejados en  
 44 los coeficientes cepstrales en escala Mel (MFCC, del inglés Mel-Frequency Cepstral Coefficient).

45 *C. Métodos estadísticos*

46 En los datos que se analizaron, el número de variables supera ampliamente el número de casos por lo que se hizo necesaria  
 47 la implementación de modelos estadísticos que eviten el sobreajuste y tomen en cuenta la multicolinealidad. Este análisis se  
 48 realizó en dos etapas. En la primera, se seleccionaron 35 variables con el análisis de componentes principales (ACP) y análisis de  
 49 la varianza (ANOVA, del inglés ANalysis Of VAriance), y en la segunda, se ajustaron modelos con distintas opciones de  
 50 penalización LASSO (del inglés Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) y Elastic net.

51 En una primera etapa se realizó un análisis exploratorio con el fin de obtener una visión preliminar de las propiedades  
 52 estadísticas del conjunto de datos, identificando 297 de las 339 variables iniciales. Se realizaron gráficos de visualización de  
 53 datos y se calcularon correlaciones estadísticas para las medidas de disfonía con el coeficiente de Pearson. Se realizaron pruebas  
 54 de comparación de medias de las 297 variables considerando las categorías de género, condición de EP y la interacción entre  
 55 ambas. Tomando en cuenta las que mostraban diferencias significativas, fueron seleccionadas 240 variables a las que se aplicó  
 56 ACP [1] para detectar grupos de alta correlación. De este último análisis resultaron identificadas 29 componentes de las que se  
 57 retuvieron las 9 primeras. Luego, se consideraron las variables con mayor peso vinculado a cada una de estas componentes,  
 58 quedando finalmente seleccionadas 29 variables con carga factorial mayor a 0,4, en uno o más componentes, y comunalidad  
 59 mayor a 0,7. El procedimiento utilizado coincide con el propuesto anteriormente en [4,16]

60 Para realizar una comparación con el trabajo de Tsanas et. al [18], se agregaron 6 variables a las 29 anteriormente  
 61 seleccionadas, todas presentes en el conjunto de medidas de disfonía que estima el VAT. entonces, una primera selección de  
 62 35 variables que fueron utilizadas como entrada para modelos logísticos de clasificación, donde se evaluó su importancia en los  
 63 modelos y su pertenencia a alguno de los 4 grupos, descriptos previamente, según el tipo de medida de disfonía.

64 en la siguiente etapa se utilizaron modelos de regresión logística, muy utilizados para resolver problemas de clasificación.  
 65 Además, dada la cantidad de variables independientes y la multicolinealidad existente entre ellas, se consideraron métodos de  
 66 penalización, LASSO y Ridge [12,17]. La penalización Ridge se aplica generalmente para resolver problemas de multicolinealidad,  
 67 mientras que LASSO además de esta tarea, introduce una penalización sobre los coeficientes que permite seleccionar las  
 68 variables de entrada (métricas acústicas) más relevantes para explicar la variable respuesta (condición de EP), logrando modelos  
 69 interpretables y parsimoniosos. A su vez, el método de estimación elastic-net propone una penalización combinando las  
 70 penalizaciones Ridge y LASSO.

71 Considerando como objetivo encontrar las variables más significativas para la clasificación, para cada modelo se procedió  
 72 iterativamente eligiendo al azar conjuntos de entrenamiento y validación (el 75% y 25% del total, respectivamente), registrando  
 73 el porcentaje de veces que cada variable queda seleccionada sobre un total de 50 iteraciones. Para medir la capacidad predictiva  
 74 del modelo se consideró el área bajo la curva ROC (del inglés Receiver Operating Characteristic), resultante en cada iteración

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



75 del modelo. Esta medida fue utilizada para resumir la precisión diagnóstica del modelo clasificación binaria (con EP, sin EP), bajo  
76 estudio [12].

77

### III. RESULTADOS

78 Se registró la frecuencia con que apareció cada una de las 35 variables consideradas en las 50 iteraciones de cada uno de  
79 cuatro modelos ajustados, 2 LASSO y 2 elastic net. . Con las 35 variables y las 50 iteraciones se obtuvo una clasificación con  
80 precisiones promedio entre 80% y 84% en el área bajo la curva ROC. En las iteraciones de los 4 modelos considerados, se  
81 identificaron 11 variables que aparecieron con mayor frecuencia, con incidencia promedio mayor al 24,5%, como se observa en  
82 la Tabla 1.

83 Tabla 1: Frecuencia promedio de aparición de las 11 variables más relevantes según los 4 modelos (2 LASSO - 2 elastic net)  
84 y según grupo de clasificación (50 iteraciones por modelo).

Grupo	Variable	% de veces que queda elegida cada variable en los modelos (de 50 iteraciones)				Promedio
		LASSO		elastic net		
		modelo 1L	modelo 2L	Modelo 1e	Modelo 2e	
G1	V1	26	12	22	40	25
	V51	56	18	28	18	30
G2	V34	70	40	48	58	54
	V338	96	92	98	100	96.5
G3	V59	70	22	26	42	40
	V70	36	10	10	42	24.5
	V137	96	92	96	100	96
G4	V141	90	62	80	90	80.5
	V152	96	94	100	100	97.5
	V71	66	26	36	54	45.5
	V75	98	92	96	100	96.5

85

86 Entre las variables seleccionadas se destacó la presencia de variables en los cuatro grupos teóricos utilizados como referencia.  
87 Las variables más relevantes en la selección fueron las medidas de disfonía MFCC (G4) relacionadas con el posicionamiento de  
88 los articuladores en el tracto vocal en la pronunciación del fonema /a/. En segundo lugar, se destacó una medida de ruido no  
89 lineal que se relaciona con el cierre incompleto de las cuerdas vocales, consistentes con los hallados perceptualmente por  
90 profesionales de la salud (G3).

91

### III. DISCUSIÓN Y PERSPECTIVAS FUTURAS

92 El criterio de selección en etapas, utilizando Análisis de Componentes Principales, Análisis de la Variancia y Modelos de  
93 Regresión logística con penalización Ridge y LASSO permitió a partir de 297 métricas acústicas jerarquizar y seleccionar solo 11,  
94 con una precisión promedio del 80% para la clasificación de personas con y sin Parkinson.

95 Las técnicas combinadas de ANOVA y ACP se aplicaron con mayor número de variables que individuos, lo que resultó útil para  
96 luego aplicar los modelos logísticos con variables no colineales. Esta metodología ya fue utilizada por los autores en trabajos  
97 anteriores [4,15, 16], donde se mostró que la preselección permitió alcanzar precisiones promedio de 80% en modelos  
98 logísticos aplicados posteriormente.

99 Los resultados obtenidos en el trabajo [7], usando una base de datos de 108 locutores creada para esta tarea, fueron  
100 comparados con los resultados obtenidos por Tsanas et al [18] para una muestra de 126 locutores. El número de casos en ambas  
101 bases es similar aunque se aplicaron diferentes metodologías estadísticas de análisis. Los resultados son comparables y las  
102 variables seleccionadas coinciden parcialmente.

103 Revisando las variables utilizadas en [7] se observó poco representadas las medidas asociadas al *shimmer* un déficit en  
104 variables del G2 y en sería conveniente sumar profundizar esta línea complementando con de medidas propuestas en [15]. Es  
105 importante analizar los algoritmos involucrados en los softwares de análisis acústicos, ya que los mismos nombres pueden  
106 involucrar diferentes valores para las medidas acústicas, como se observó en [3].



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



107 Además de la vocal /a/ sería interesante analizar la fonación de las demás vocales y las frases. Por ejemplo, con la misma base  
 108 de datos se ha analizado medidas vinculadas al triangulo vocal con fonaciones con las vocales /a/, /i/ y /u/ con los dos primeros  
 109 formantes. [8]. Con otras variables se volvió a lograr una precisión promedio de 0,78, utilizando variables diferentes a las 11  
 110 variables que podrían compararse y sumarse a los modelos de clasificación.

111 Actualmente, se realizan análisis de las imágenes generadas con los espectrogramas de audios de la base con técnicas de  
 112 deep learning [10] en busca de diferenciación del habla de personas con y sin EP. En 2022 [11] se comparó las 11 medidas  
 113 seleccionadas en [7] con metodología de Redes Neuronales Convolucionales (en inglés CNN) a partir de imágenes del  
 114 espectrograma [11]. Se utilizó la misma muestra de audios y se obtuvo una exactitud de 85% y 88%, respectivamente, que  
 115 resulta similar con métodos de análisis muy distintos.

116 Se espera aumentar el número de voces de la base de datos con la utilización de un sistema web de asistencia al diagnóstico  
 117 acústico que está en desarrollo (SADA) [6]. En general los softwares proponen algoritmos que comparan su precisión con voz  
 118 artificial y el objetivo buscado con SADA, en cambio, es tener en cuenta voces con presbifonia y alteraciones que son habituales  
 119 en las personas con el avance de la edad. Se considera importante sumar a las voces grabadas el nivel educativo de los individuos  
 120 de la base y esto se tendrá en cuenta en la ampliación de la base de datos disponible.

121 AGRADecIMIENTOS

122 Universidad Nacional del Oeste. Proyecto de Investigación. 'Estudio del habla de pacientes con Enfermedad de Parkinson para  
 123 la asistencia al diagnóstico y seguimiento'.

124 Instituto de Inmunología, Genética y Metabolismo UBA-CONICET

125 REFERENCIAS

126 [1] C. M. Bishop, Pattern recognition and machine learning. NewYork: Springer, 2007.  
 127 [2] M. De Letter, Santens P, Borsel, JV. The effects of levodopa on word intelligibility in Parkinson's disease. J CommunDisord 2005; 28: pp. 187-196.[3]  
 128 Marcus, A., Semantic Driven Program Analysis, Kent State University, Kent, OH, USA, Doctoral Thesis, 2003.  
 129 [3] N. Eisei. Análisis acústico de la voz normal y patológica utilizando dos sistemas diferentes: ANAGRAF y PRAAT. Interdisciplinaria, vol. 29, núm. 2, 2012,  
 130 pp. 339-357. Centro Interamericano de Investigaciones Psicológicas y Ciencias Afines. Buenos Aires, Argentina  
 131 [4] Giuliano, M., García-López, A., Pérez, S., Pérez, F. D., Sposito, O., & Bossero, J. (2019, April). Selection of voice parameters for Parkinson's disease  
 132 prediction from collected mobile data. In 2019 XXII Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision (STSIVA) (pp. 1-3). IEEE M.  
 133 [5] Giuliano, D. Adamec, M.I. Debas, "Construcción de una base de voz de personas con y sin enfermedad de Parkinson", Revista Digital del Departamento de  
 134 Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza (REDDI), vol. 6-Nro.1, 2021.  
 135 [6] M. Giuliano; S. Pérez; N. Mangiarua. Estudio del habla de pacientes con enfermedad de Parkinson y desarrollo de aplicación WEB. XXIV Workshop de  
 136 Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2022, Mendoza) <https://wicc2022.uch.edu.ar/>  
 137 [7] M. Giuliano; L. Fernández.; S. Pérez. Selección de Medidas de Disfonía para la Identificación de Enfermos de Parkinson. 2020 IEEE Congreso Bial de  
 138 Argentina (ARGENCON). IEEE, 2020.  
 139 [8] M. Giuliano; L. Fernández; S. Pérez; A. Renato. Evaluación de áreas del espacio vocal y formantes para caracterizar personas con y sin Enfermedad de  
 140 Parkinson. IEEE Congreso Bial de Argentina (ARGENCON). IEEE, 2022. En prensa. in press  
 141 [9] J. Goyal, P. Khandnor, T. Aseri.. Classification, Prediction, and Monitoring of Parkinson's Disease Using Computer Assisted Technologies: A Comparative  
 142 Analysis. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 96, 103955. 2020  
 143 [10] R. Guatelli; V. Aubin, M. Mora, J. Naranjo-Torres; A. Sinopoli. Detección de Parkinson mediante Espectrogramas en Color y Redes Neuronales  
 144 Convolucionales. Jornadas Argentinas de Informática Virtuales. JAIIO. SAIV 2021 - Simposio Argentino de Imágenes y Visión. 2021.  
 145 [11] R. Guatelli, M. Giuliano, V. Aubin, L. Fernández, S. Pérez, Análisis comparativo entre CNN y Modelos Logísticos para detección de la Enfermedad de  
 146 Parkinson utilizando la voz. CONAISI 2022. Unpublished  
 147 [12] T. Hastie, Trevor; Tibshirani, Robert; Friedman, Jerome (2017). "Shrinkage Methods" (PDF). The Elements of Statistical Learning : Data Mining, Inference,  
 148 and Prediction (2nd ed.). New York: Springer. pp. 61–79  
 149 [13] J. Jankovic. (2008). Enfermedad de Parkinson: características clínicas y diagnóstico. Revista de neurología, neurocirugía y psiquiatría, 79 (4), 368-376.  
 150 [14] M. Kollensperger; M. Wenning. European, Red flagsformultiplesystematrophy, Movementdisorders: official journal of the Movement Disorder Society  
 151 23(8) (2008) 1093-9.  
 152 [15] S. Pérez; L. Fernández; M. Giuliano. Aporte de medidas de shimper para la detección de enfermedad de Parkinson. Jornada Avances En Métodos  
 153 Estadísticos Workshop Advances In Statistical Methods. 2021  
 154 [16] S. Pérez, Giuliano, M. Utilización de grabaciones con teléfonos móviles para la predicción de la enfermedad de Parkinson. Actas CONAISI 2019.  
 155 [17] R. Tibshirani. 1996. "Regression Shrinkage and Selection via the lasso". Journal of the Royal Statistical Society. Series B (methodological) 58 (1). Wiley:  
 156 267–88.  
 157 [18] A. Tsanas, M. A. Little, C. Fox and L. O. Ramig, "Objective Automatic Assessment of Rehabilitative Speech Treatment in Parkinson's Disease," in IEEE  
 158 Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 22, no. 1, pp. 181-190, Jan. 2014, doi: 10.1109/TNSRE.2013.2293575.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



VI Jornadas Interdisciplinarias de Análisis Avanzado de Imágenes y Señales

Buenos Aires, Noviembre 2022

159 [19] A. Tsanas, "Accurate telemonitoring of Parkinson's disease symptom severity using nonlinear speech signal processing and statistical machine learning,"  
160 D.Phil, Univ. Oxford, Oxford, U.K., 2012.

[Volver a Pto. B \(Principales resultados de la investigación\)](#)



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## JORNADA CHILE



### MAGÍSTER EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL MAULE



A quien corresponda,

Por la presente dejo constancia que la Dra. Verónica Inés Aubin, la Dra. Mónica Graciela Giuliano y la Lic. Renata Silvia Guatelli han participado en carácter de expositoras en la charla organizada por el Magíster en Ciencias de la Computación de la Universidad Católica del Maule (Chile), denominada: "Detección de Parkinson con Espectrogramas en Color y CNN", llevada a cabo en forma virtual el día 11 de junio del 2021 a las 17:00hrs.

Agradezco a las expositoras por su apoyo a nuestro programa, y esperamos que nuestra colaboración continúe a lo largo del tiempo.

Sin otro particular, se despiden muy atentamente de usted,

**Dr. Ricardo J. Barrientos Rojel**  
Director, Magíster en Ciencias de la Computación  
Universidad Católica del Maule

*Talca, Chile, 4 de abril del 2022.*

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# Detección de Parkinson mediante Espectrogramas en Color y Redes Neuronales Convolucionales

Dra. Verónica Aubin - Universidad Nacional de La Matanza

Mg. Mónica Giuliano - Universidad Nacional del Oeste

Lic. Renata Guatelli - Universidad Nacional de La Matanza



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# La enfermedad de Parkinson

La enfermedad de Parkinson es un trastorno neurodegenerativo del sistema nervioso central de progresión lenta e irreversible



Las causas que la originan son desconocidas



Los hombres son más propensos a desarrollar la enfermedad



La cantidad de dopamina que produce el cerebro se reduce disminuyendo la posibilidad de controlar los movimientos



El 70 % tiene +65 años



> 7 Millones

**2040 Duplicará**

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# Síntomas

**Temblores** en las manos, brazos, piernas y rostro

**Bradiquinesia** o lentitud de movimiento

**Rigidez** del tronco y extremidades

**Inestabilidad** de la postura y la coordinación

## Progresión de la enfermedad

INICIAL      1      2      3      4      5

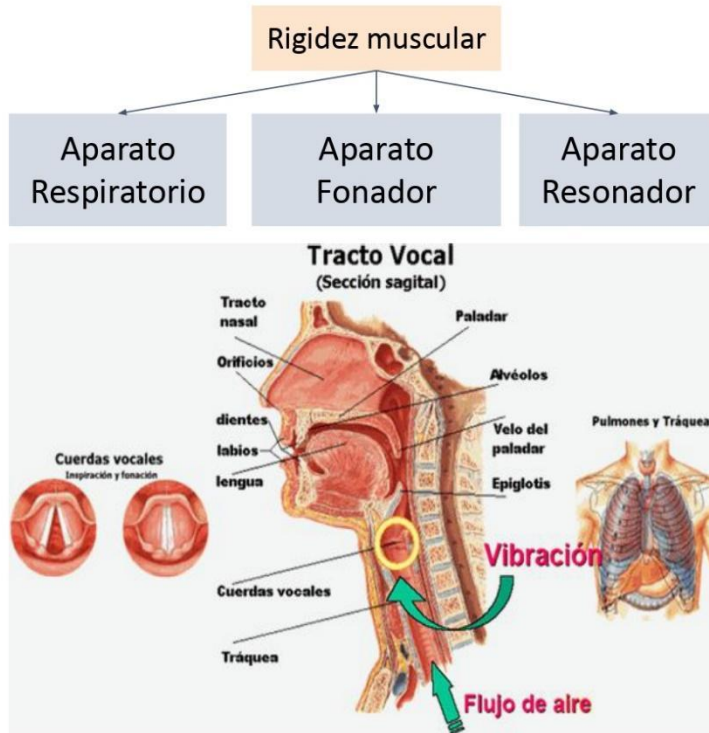
ATENCIÓN CONSTANTE



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# El Parkinson y la voz



En las voces patológicas se observa:

- tono e intensidad bajo,
- resonancia gutural posterior
- prosodia
- hiponasalidad

La disminución en la capacidad de los músculos laríngeos para mantener una posición fija afecta a la pronunciación sostenida de las vocales

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# La voz es un buen biomarcador para detectar EP

## Enfermedad de Parkinson



- Neurodegenerativa
- Afecta 90mil argentinos
- Síntomas: rigidez, temblores, lentitud



Los signos visibles de la enfermedad aparecen después de unos años pero se manifiestan en forma temprana en la voz



El diagnóstico definitivo de la EP es histopatológico

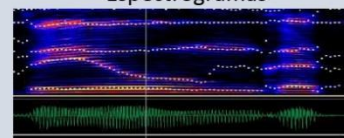
## Análisis de la voz

Como detector no invasivo

Parámetros acústicos



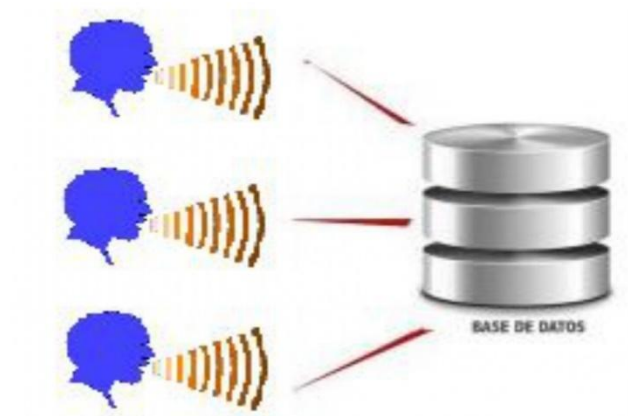
Espectrogramas



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



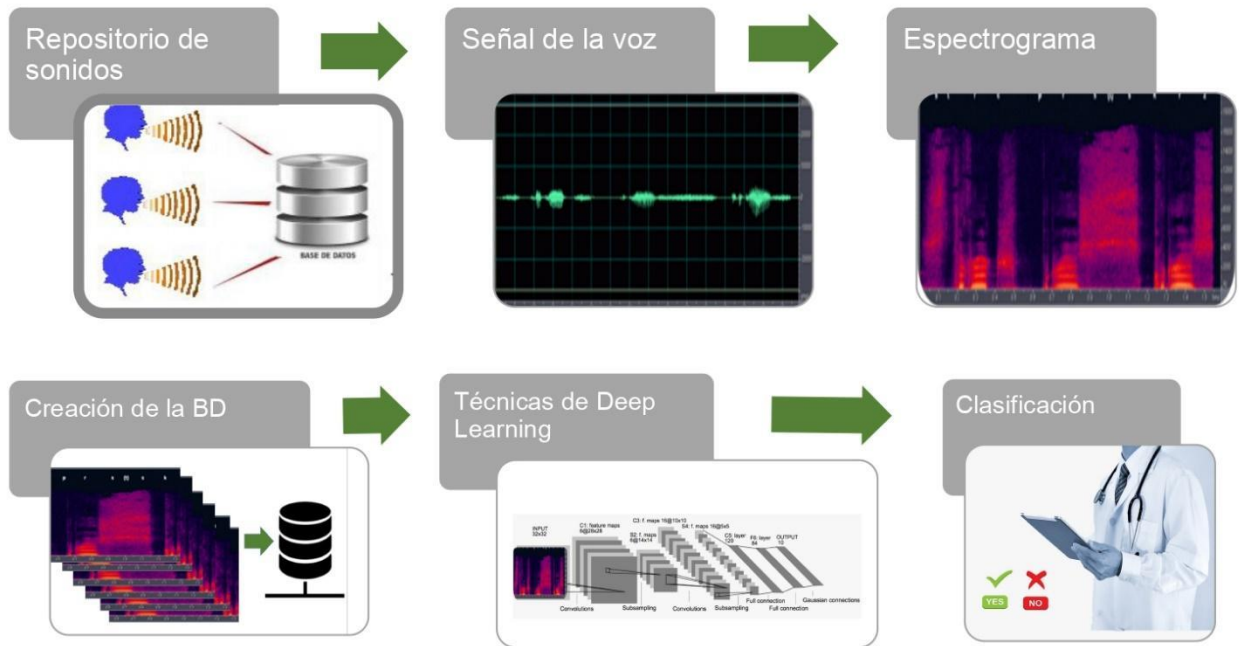
## Creación del repositorio de sonidos...



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# Detección de EP con espectrogramas



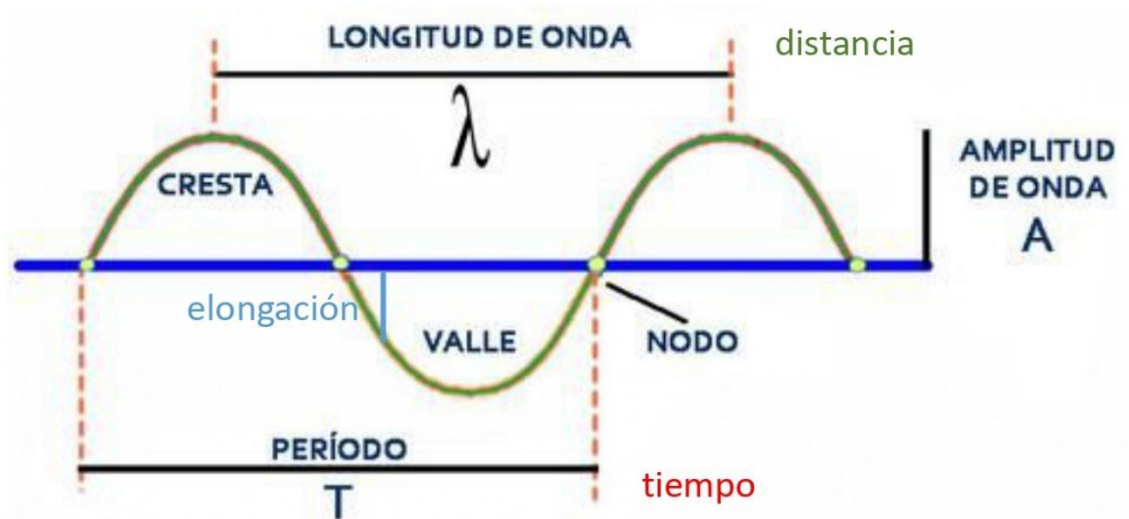
**LITRP**  
Laboratorio de Investigaciones  
Tecnológicas en Reconocimiento de Patrones



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



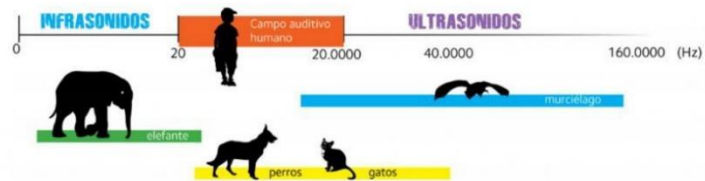
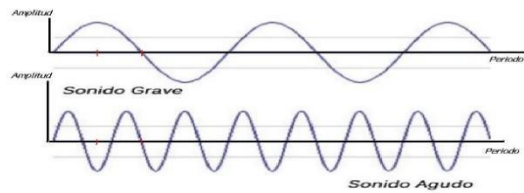
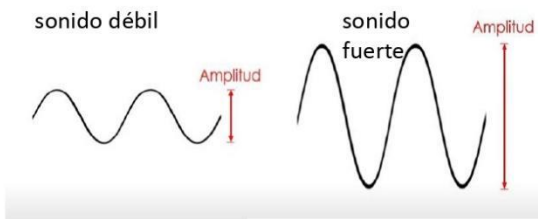
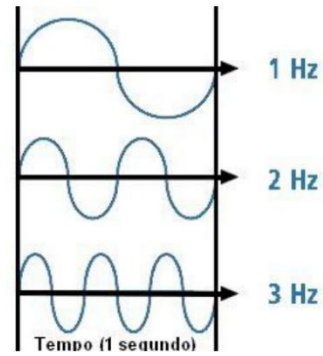
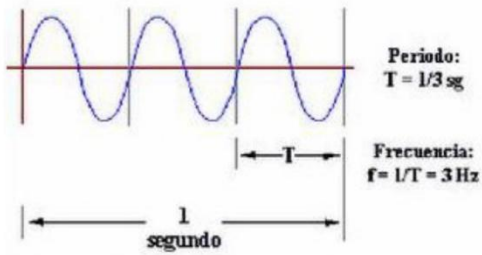
## Descripción de una onda



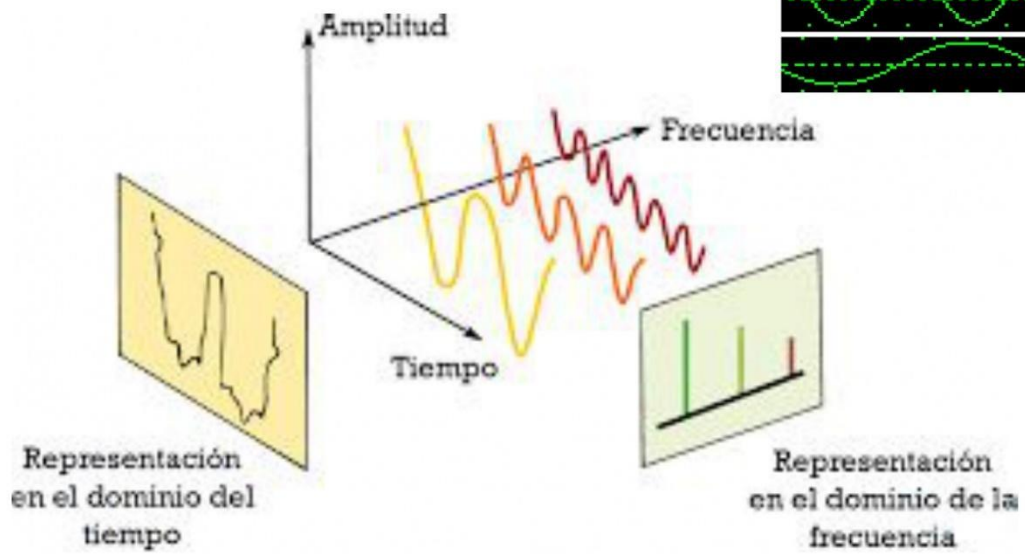
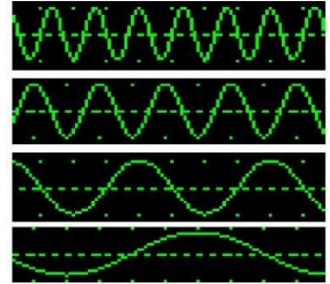
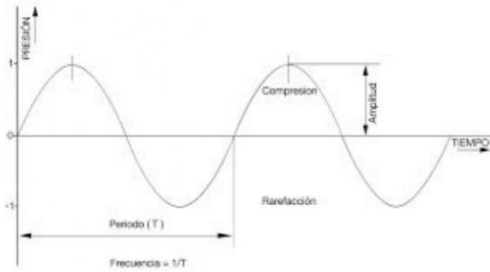
<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# Onda sonora



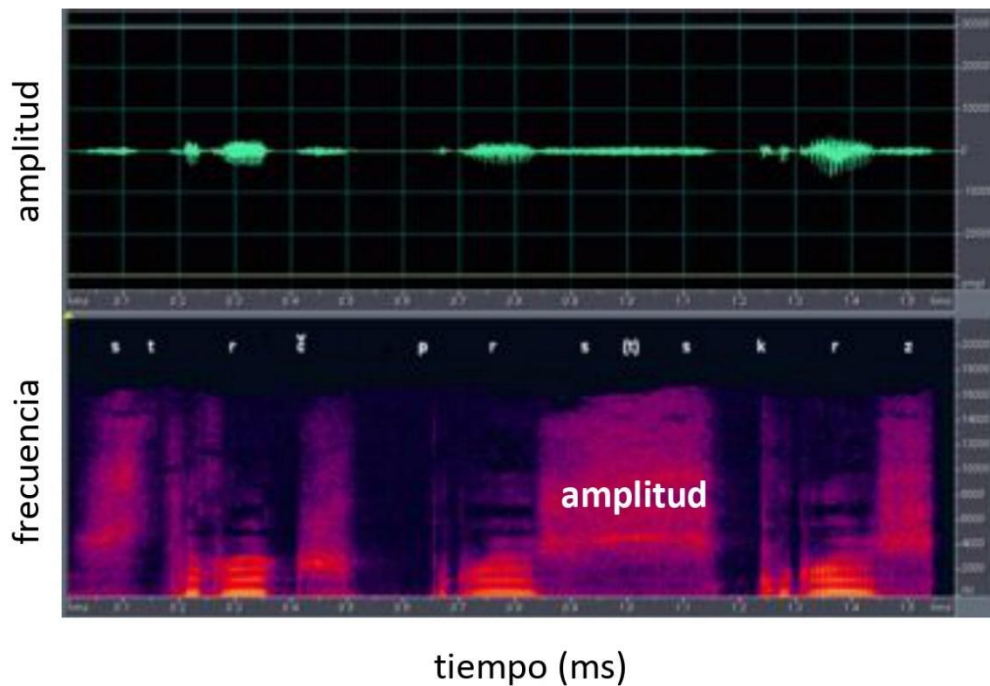
<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## ¿Qué es un espectrograma?

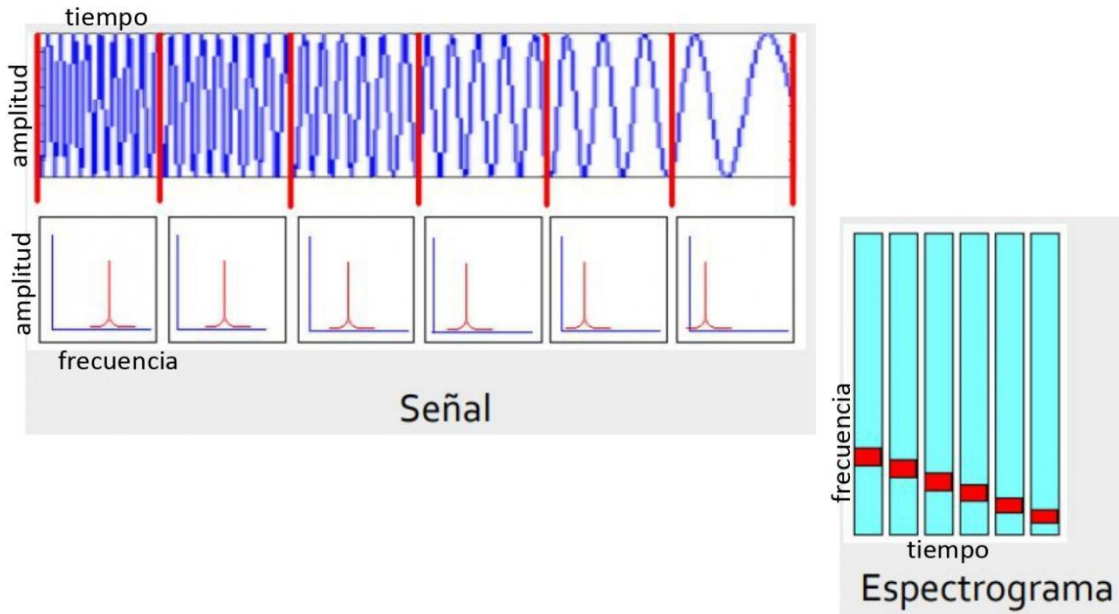




<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



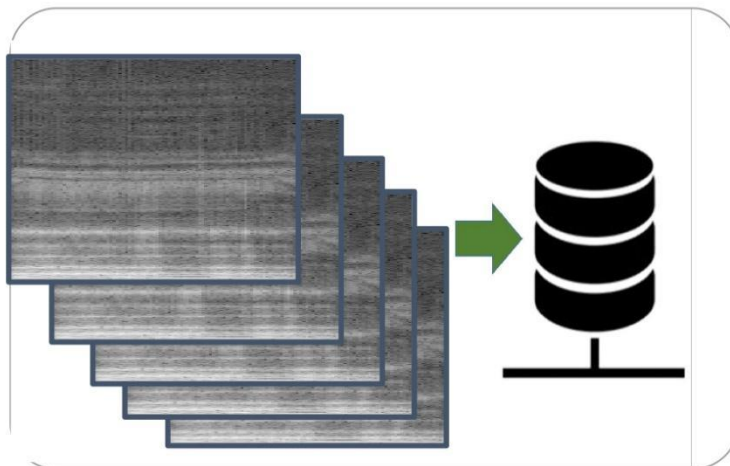
# Transformada rápida de Fourier



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## Base de datos de espectrogramas



135 muestras

- 58 Enfermos
- 77 No Enfermos

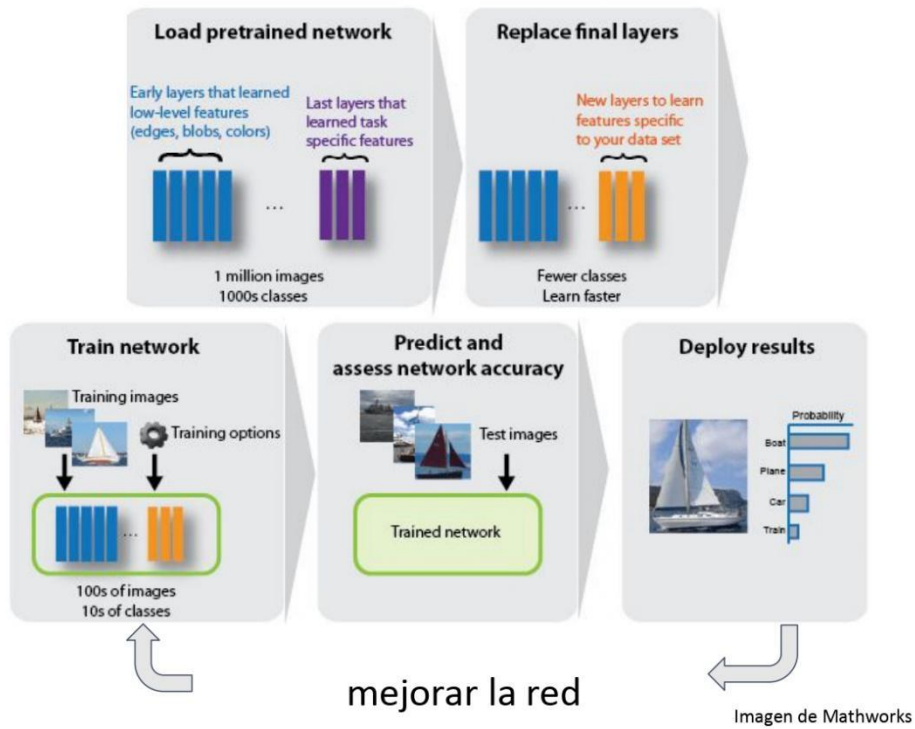
Entrenar la red desde cero necesita muchas muestras para la CNN.

Nosotros contamos con pocas muestras.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# Transferencia de aprendizaje

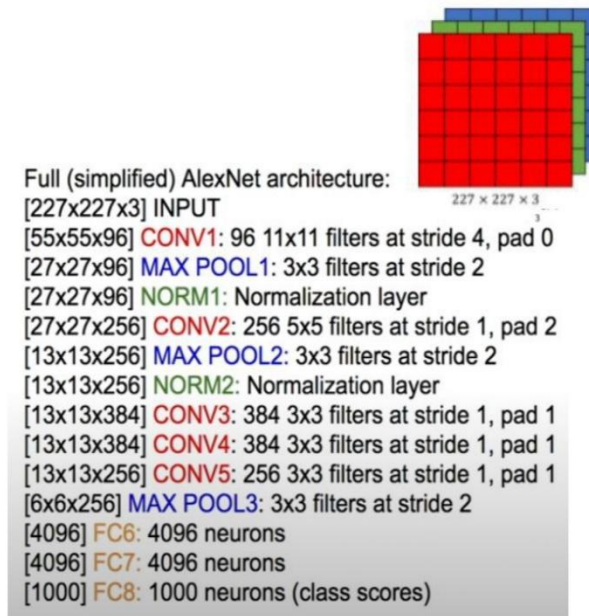


<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# AlexNet

- Arquitectura secuencial.
- año 2012.
- 8 capas:  
5 convolucionales y 3 completamente conectadas.
- 60.000.000 de parámetros
- 650.000 neuronas.





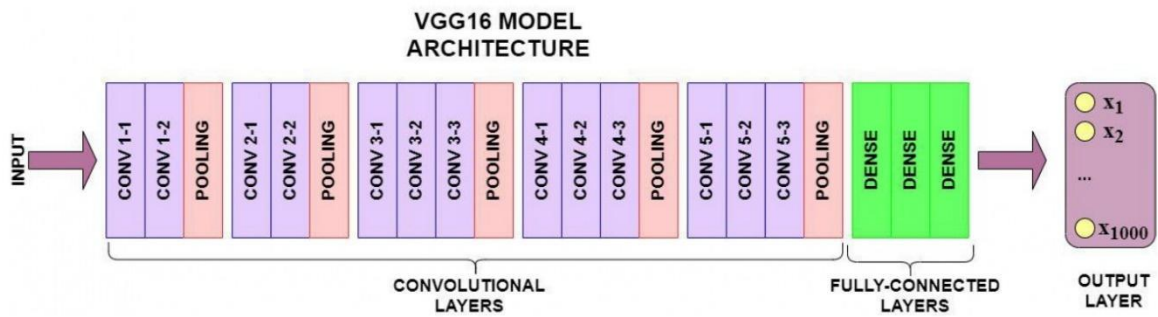
<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# VGG 16

VGG tienen esquema de conexión en serie. 2014.

VGG 16 aumentó el número de capas utilizadas, teniendo aproximadamente 3 veces más parámetros que AlexNet.

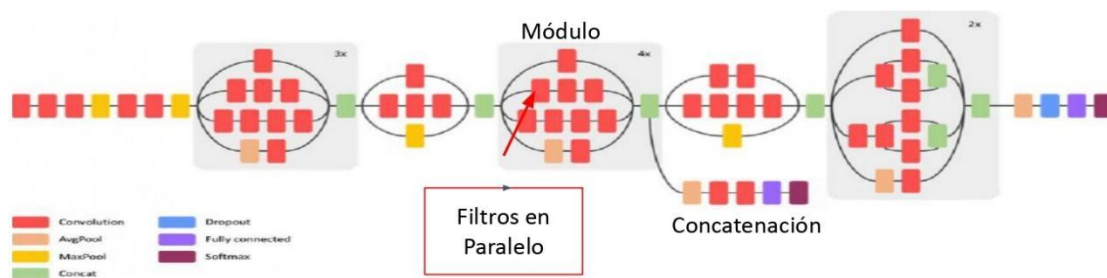


<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# Inception V3

Inception V.3 (diciembre de 2015) para evitar el problema del sobreajuste que se produce al tener una red muy profunda, se introduce el concepto del procesamiento en paralelo de distintos filtros con múltiples tamaños dentro de un módulo. La salida de cada módulo es la concatenación de los resultados obtenidos. La estructura de la red se vuelve más amplia que profunda. Reduce drásticamente las dimensiones de entrada de la siguiente capa. Tiene un alto rendimiento de clasificación con un costo computacional menor que el de VGGNet.

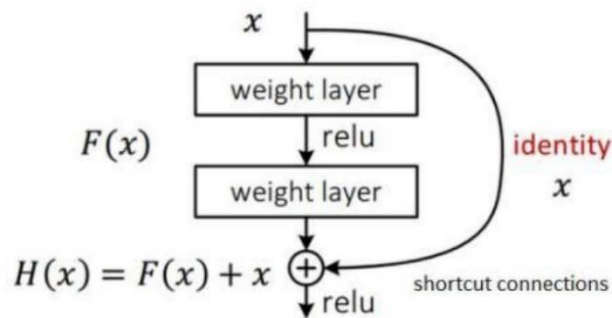


<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# ResNet 50

ResNet aparece en 2015, para evitar el problema del desvanecimiento del gradiente, que se produce al seguir aumentando el número de capas, introdujo la utilización de bloques residuales, lo que implicó una reducción en el número de parámetros a entrenar, manteniendo una buena relación entre el rendimiento de la red y tiempo de entrenamiento.

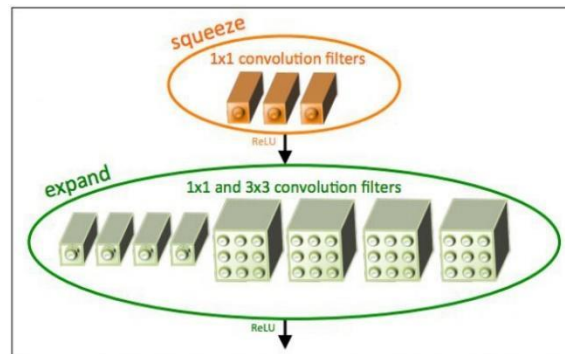


<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# SqueezeNet

Es una red compacta diseñada para operar en equipos con pocos recursos y de fácil transmisión a través una red. Su arquitectura se basa en el uso de módulos “Fire” que constan de una capa de compresión y una capa de expansión. La tasa de aciertos alcanzada es similar a la de AlexNet en ImageNet, pero utilizando 50 veces menos parámetros y funcionando 3 veces más rápido.

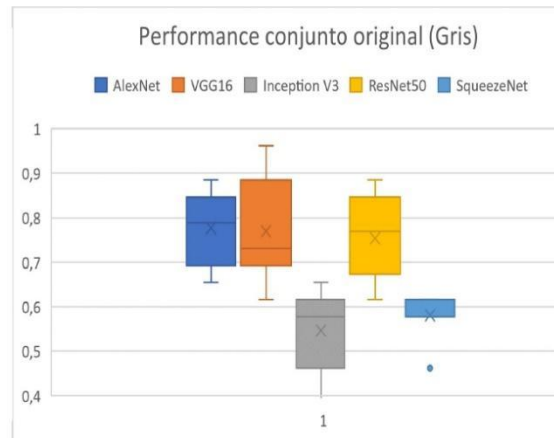
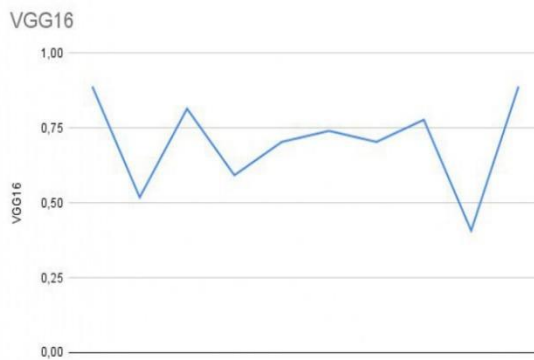




<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



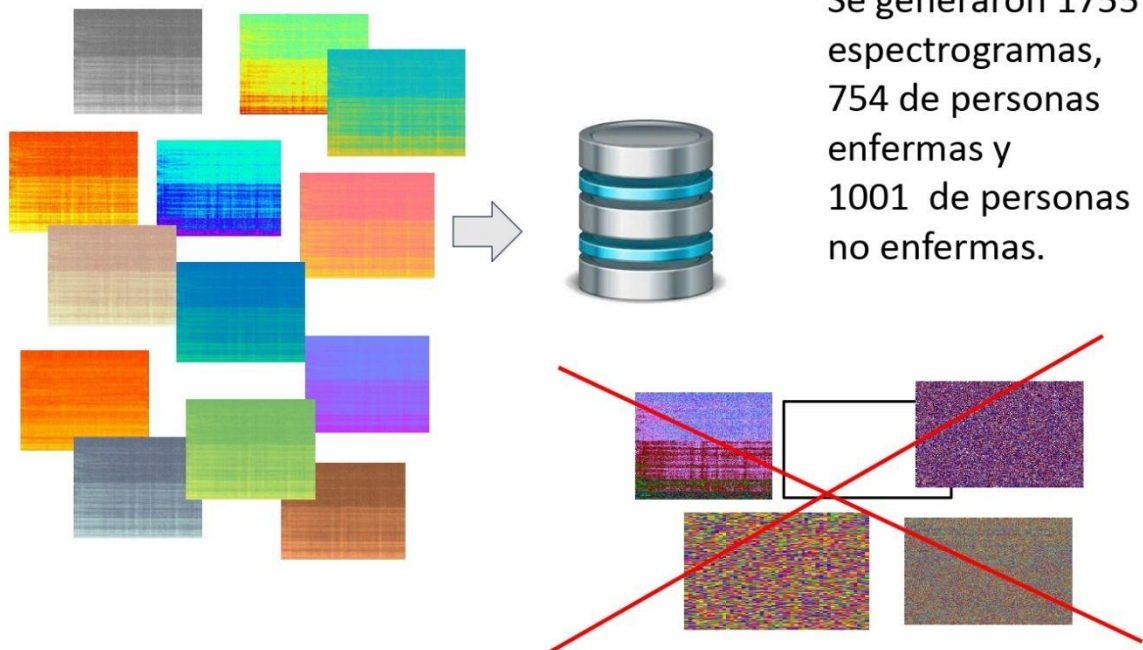
# Resultados conjunto original



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## Estrategia de aumentación



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## Buscar los hiperparámetros



Se realizaron experimentos con diversos hiperparámetros  
Se seleccionados los siguientes:

- Conjunto Original: épocas 25, mini-batch 32 y razón de aprendizaje 0.0001.
- Conjunto Aumentado: épocas 35, mini-batch 32 y razón de aprendizaje 0.0001.

**Se consideró un esquema de validación cruzada de tres conjuntos:**  
70 % entrenamiento 10 % validación y 20 % test.

Se realizaron 10 repeticiones del esquema de validación cruzada para informar el promedio de las repeticiones.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



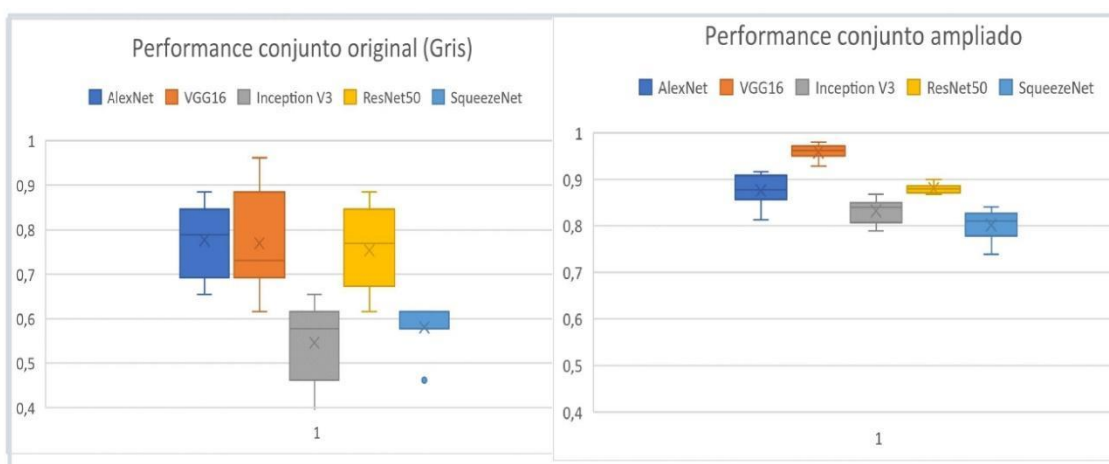
## Tabla de resultados

	Máximo % acierto		Mínimo % acierto		Rango % acierto		Promedio % acierto	
	Orig	Aum	Orig	Aum	Orig	Aum	Orig	Aum
AlexNet	88.46%	91.74%	65.38%	81.20%	23.08%	10.54%	77.69%	87.64%
VGG16	96.15%	98.01%	61.54%	92.88%	34.62%	5.13%	76.92%	95.98%
Inception V3	65.38%	86.89%	38.46%	78.92%	26.92%	7.98%	54.62%	83.13%
ResNet50	88.46%	90.03%	61.54%	86.89%	26.92%	3.13%	75.38%	88.09%
SqueezeNet	61.54%	84.05%	46.15%	73.79%	15.38%	10.26%	58.08%	80.09%

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## Cuadro comparativo





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## Conclusiones

- Creación de la Base de datos audios propia
- Disponible en forma pública en el Repositorio UNLaM
- Descripción de la Base se publicó en la revista REDDI
- Presentamos una **estrategia de aumentación** de datos para los **repositorios de espectrogramas** considerando distintas paletas de colores
- Se probó en diferentes arquitecturas de CNN, obteniendo **una mejora en los indicadores de performance** para el conjunto de datos aumentado.
- Los resultados obtenidos demuestran que la estrategia aumentación utilizada junto con la CNN **son pertinentes** para resolver el problema de la detección de la EP.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## Agradecimientos



Al proyecto de investigación C224, DIIT- UNLaM, Hospital Posadas y Hospital Rivadavia por permitirnos utilizar la base de datos generada.



Al Laboratorio de Investigaciones Tecnológicas en Reconocimiento de Patrones LITRP ([www.litrp.cl](http://www.litrp.cl)) de la Universidad Católica del Maule, Chile, por proporcionar los servidores de cómputo de alto rendimiento donde se realizaron los experimentos.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



*Gracias*



[Volver a Pto. B \(Principales resultados de la investigación\)](#)

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



**4th CONFERENCE ON STATISTICS AND DATA SCIENCE**

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



4th Conference on  
**Statistics and  
Data Science**  
Salvador, Brazil (online)  
December 1-3, 2022

## CERTIFICATE

This certifies that **Silvia Noemí Pérez, Mónica Giuliano and Luis Fernández** presented the poster entitled "Detection of Parkinson's disease by selection of acoustic variables", during the *Fourth Conference on Statistics and Data Science*, held at the Federal University of Bahia, Salvador, BA, Brazil (virtual format), on December 1, 2022.

Paulo Canas Rodrigues, PhD  
Chair of the Scientific Program  
Committee

Lizandra Castilho Fabio, PhD  
Chair of the Local Organizing  
Committee



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# BOOKS OF ABSTRACTS



4th Conference on  
**Statistics and  
Data Science**  
Salvador, Brazil (online)  
December 1-3, 2022

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



***Edited by***

Paulo Canas Rodrigues  
Lizandra Fabio  
Elisabete Batista Sampaio  
Rodrigo Bulhões  
João Vítor Rocha da Silva  
Jalmar Carrasco  
Crysttian Arantes Paixão  
*Federal University of Bahia, Salvador, Brazil*

***Web Design***

Jalmar Carrasco  
*Federal University of Bahia, Salvador, Brazil*

***Technical Support***

Jairan Dionizio  
*State University of Feira de Santana, Feira de Santana, Brazil*

***Design of the Cover***

Fernando Duarte Souza da Silva

**ISBN:** 978-65-5899-465-7

***Cite as:***

Rodrigues, Paulo Canas; Fabio, Lizandra; Sampaio, Elisabete; Bulhões, Rodrigo; Silva, João Vítor Rocha; Carrasco, Jalmar. Paixão, Crysttian A., Book of abstracts of the 4th Conference on Statistics and Data Science. Salvador (BA): Sguerra Design, 2022.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Contents Contents

<b>Asset pricing: An estimation alternative to the five-factor model</b> .....	111
<i>Renan Regis, Raydonal Ospina Martínez and Wilton Bernardino da Silva</i>	
<b>Image classification and detection with Imagenet using Transfer Learning</b> .....	112
<i>Rodrigo Esteves and Carlos Tadeu Paganí Zanini</i>	
<b>A simple and useful regression model for fitting count data</b> .....	113
<i>Rodrigo M. R. de Medeiros and Marcelo Bourguignon</i>	
<b>Modeling the spread of COVID-19 in Lebanon: A Bayesian perspective</b> .....	114
<i>Samer Kharroubi</i>	
<b>Residual analysis for joint modelling of longitudinal binary data and survival data</b> ...	115
<i>Sandro Lins Lopes de Lucena and Jalmar Manuel Farfán Carrasco</i>	
<b>Detection of Parkinson's disease by selection of acoustic variables</b> .....	116
<i>Silvia Noemí Pérez, Mónica Giuliano and Luis Fernández</i>	
<b>Noise-tolerant texture feature characterization through an improved CPLBP</b> .....	117
<i>Silvina Pistonesi, Jorge Martínez and Ana Georgina Flesia</i>	
<b>Deep neural networks for detection of waste in the deep ocean floor</b> .....	118
<i>Thiago Stephem da Motta and Carlos Tadeu Paganí Zanini</i>	
<b>Forecasting the Composite Stock Price Index (CSPI) on the Jakarta Stock Exchange (JSE) using the high order intuitionistic fuzzy time series method</b> .....	119
<i>Titis Jati Nugraha, Winita Sulandari and Isnandar Slamet</i>	
<b>Body mass index and its influence on HIV positive patients</b> .....	120
<i>Umar Ahmad Isyaku and Nura Muhammad</i>	
<b>Objective Bayesian analysis of recall-based observations with application to breast-feeding data</b> .....	121
<i>Vikas Barnwal, Chandra Prakash Yadav and M. S. Panwar</i>	
<b>Spatial analysis of the distribution of the native vegetation species <i>Copaifera Langsdorffii</i> in a forest fragment of the Atlantic Forest biome</b> .....	122
<i>Wélson Antônio de Oliveira, Natiele de Almeida Gonzaga, Rafaela de Carvalho Salvador, João Domingos Scalon and José Márcio de Mello</i>	
<b>Tropical cyclones forecasting with physics informed neural networks</b> .....	123
<i>Yan Barros</i>	
<b>Bayesian spatio-temporal modelling of anchovy abundance through the SPDE Approach</b>	124
<i>Zaida Queiroz and Marcos Oliveira Prates</i>	

---

**Part VIII. Specialization in Data Science and Big Data (ECD)**

---

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Contributed Posters

Contributed Posters

## Detection of Parkinson's disease by selection of acoustic variables

Silvia Noemí Pérez<sup>1</sup>, Mónica Giuliano<sup>1</sup> and Luis Fernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National University of the West (Argentina)

<sup>2</sup> National University of La Matanza (Argentina)

E-mail: sperez@uno.edu.ar

### Abstract

We present the progress made in the comparative speech processing of people with and without Parkinson's disease (PD) of the same age range. The experiments have been performed with phonation samples of the vowel /a/ for which 297 parameters have been extracted. A grouping of parameters was considered according to 4 groups related to variations in the acoustic signal and voice conditions of the patient with PD, amplifying the analysis of the pathological voice in terms of amplitude variation and period of the fundamental frequency curve, noise emission due to incomplete closure of the vocal folds and articulation problems. Hence, variables were selected using a staged selection criterion. In the first stage, 35 variables were selected using ANOVA and PCA techniques. In the second stage, four logistic regression models with different penalty options, LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) and elastic net (combination of LASSO and Ridge penalties) were used. The frequency with which each of the 35 variables considered appeared in the 50 iterations of each model was recorded and the area under the ROC curve was measured in each iteration. This value was on averaged between 0.80 and 0.84. The 11 most frequent variables belonging to the 4 groups of acoustic signal variations were selected. Finally, a logistic regression model was fitted with the selected variables, added to age and gender, obtaining a model with high predictive capacity and only 5 significant variables. This allows the identification of speech disorders that correlate with the disease.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# Detection of Parkinson's disease by selection of acoustic variables

Mónica Giuliano<sup>1</sup>, Silvia N. Pérez<sup>1</sup>, Luis Fernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Oeste, Argentina

<sup>2</sup> Universidad Nacional de La Matanza, Argentina

## Abbreviated abstract:

We present the progress made in the comparative speech processing of people with and without Parkinson's disease (PD) of the same age range. The experiments have been performed with phonation samples of the vowel /a/ for which 297 parameters have been extracted. Were selected significant variables using ANOVA, PCA and logistic regression models with different penalty options (LASSO), obtaining a model with high predictive capacity. This allows the identification of speech disorders that correlate with the disease.

## Related publications:

- M. Giuliano; L. Fernández.; S. Pérez. Selección de Medidas de Disfonía para la Identificación de Enfermos de Parkinson. (2020) IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON).
- Giuliano, D. Adamec, M.I. Debas. Construcción de una base de voz de personas con y sin enfermedad de Parkinson. REDDI, 6 (1) (2021).



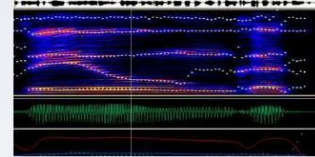
{sperez;mgiuliano}@uno.edu.ar - 1

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## Problem, Data, Previous Works

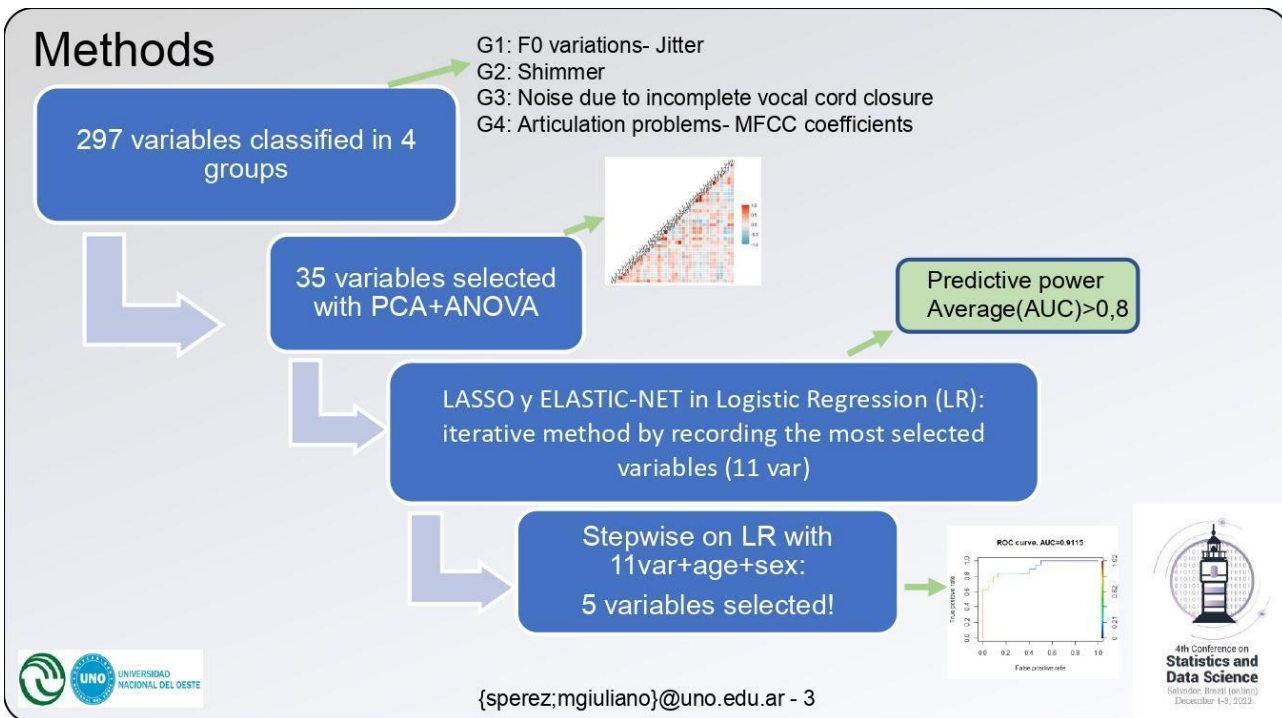
- Problem: Differentiating the speech of patients with and without Parkinson's disease
- Database: own construction with Hospital Rivadavia and Hospital Posadas
- Donation vowel /a/
- Previous analysis: Initial parameters using VAT (Voice Analysis Toolbox):  
339 → 297 after cleaning.
- The challenge is to **select few parameters for PD prediction.**



{sperez;mgjuliano}@uno.edu.ar - 2



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## Results and Conclusions

We obtained a model with high predictive capacity and only 5 significant variables. This allows the identification of speech disorders that correlate with the disease.

### What's next?

- ▶ Increase our database.
- ▶ Speech Evaluation System for Acoustic Diagnosis (SEHDA): PD and NPD.  
Challenge: Web system that allows the physician to record the patient's voice, upload it to the cloud and then analyze it and give a feedback.
- ▶ Find ranges for selected variables to enable case diagnosis.
- ▶ Explore other analysis methodologies.



{sperz;mgjuliano}@uno.edu.ar - 4

[Volver a Pto. B \(Principales resultados de la investigación\)](#)

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



JAIIO 2021

# 50 JAIIO

JORNADAS ARGENTINAS  
DE INFORMÁTICA  
VIRTUALES

18 AL 29  
OCTUBRE  
2021

Sociedad Argentina de Informática extiende el presente diploma a

RENATA SILVIA GUATELLI

por haber participado como **Expositor** de

SAIV 2021 - Simposio Argentino de Imágenes y Visión

durante las 50° Jornadas Argentinas de Informática,

realizadas del 18 al 29 de Octubre de 2021 en formato virtual.

**Mariano Gastón Beiró**  
Coordinador General de las 50 JAIIO

**Yanina Bellini Saibene**  
Coordinadora General de las 50 JAIIO

**Rosita Wachenchauzer**  
Coordinadora General de las 50 JAIIO

**Sandra D'Agostino**  
Presidenta de SADIO

🌐 [50jaiio.sadio.org.ar](http://50jaiio.sadio.org.ar)



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## Detección de Parkinson mediante Espectrogramas en Color y Redes Neuronales Convolucionales

Renata Guatelli<sup>1</sup>, Veronica Aubin<sup>1</sup>, Marco Mora<sup>2</sup>, José Naranjo-Torres<sup>2</sup>, and  
Alesio Sinopoli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de La Matanza, San Justo 1754, Argentina  
{rguatelli,vaubin}@unlam.edu.ar

<sup>2</sup> Laboratorio de Investigaciones Tecnológicas en Reconocimiento de Patrones,  
Universidad Católica del Maule, Chile  
{mmora,jnaranjo}@ucm.cl

**Abstract.** En este trabajo se propone una estrategia de aumentación de datos para los repositorios de espectrogramas utilizados en la detección de la Enfermedad de Parkinson. Esta estrategia consiste en crear espectrogramas a partir de una señal de voz considerando distintas paletas de colores. Se utilizan 13 paletas de colores provistas por la herramienta colormap de Matlab. Para la evaluación de los resultados se consideran los modelos de CNN AlexNet, VGG 16, ResNet 50, Inception v3 y Squeezenet. De los experimentos se observa que las CNN mejoran la performance de clasificación y disminuyen la variabilidad de los resultados cuando utiliza el conjunto de datos aumentado.

**Keywords:** Detección Parkinson · Espectrogramas en Color · Aumentación de Datos · Redes Neuronales Convolucionales.

### 1 Introducción

La Enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo del sistema nervioso central de progresión lenta e irreversible. Los síntomas principales de la enfermedad son el temblor, la rigidez muscular, la inestabilidad postural y la lentitud del movimiento. Los síntomas de la EP se ven reflejados en forma temprana en el habla y en la voz.

Diferentes trabajos han propuesto el procesamiento de señales de voz para obtener parámetros acústicos como método objetivo y no invasivo para la detección de la EP [1]. En particular, un enfoque reciente es estudiar la representación visual del espectro de frecuencias de señales de voz (espectrogramas) mediante Redes Neuronales Convolucionales (CNN).

En [2] se presenta una metodología para clasificar EP a partir de muestras de audio en tres idiomas diferentes: español, alemán y checo. Compara dos enfoques, uno donde se extraen características a partir de las señales de voz, que se clasifican utilizando un SVM, y otro que utiliza espectrogramas para entrenar

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



2 R. Guatelli et al.

una CNN en un idioma, para hacer transferencia de aprendizaje a cada uno de los idiomas restantes. Los mejores resultados los obtuvieron al entrenar con el idioma español, y luego hacer transferencia al alemán obteniendo una precisión del 77.3% y al checo 76.7%. En [3] se utilizan para la detección de la EP una arquitectura ResNet previamente entrenada usando las bases de datos ImageNet y SVD. Para la clasificación utiliza los espectrogramas de audios de las vocales con fonación sostenida de la base PC-GITA [4]. La precisión obtenida en el conjunto de validación es superior al 90%. En [5] se combinan metodologías de aprendizaje profundo con metodologías de aprendizaje automático (SVM, random forest, perceptrón multicapa) para clasificar a los pacientes de Parkinson. Presenta la comparación de tres métodos para clasificar EP utilizando la base de datos PC-GITA [4]. El primer método se basa en aprendizaje por transferencia aplicado a espectrogramas de grabaciones de voz. El segundo método evalúa características profundas extraídas de espectrogramas de voz usando clasificadores de aprendizaje automático. El tercer método evalúa características acústicas simples de grabaciones usando clasificadores de aprendizaje automático. El enfoque basado en el segundo método dio la precisión más alta alcanzando un 99,7% aplicando un perceptrón multicapa a grabaciones de monólogo. En [6] se propone la detección de patologías de voz de personas con enfermedades neurodegenerativas como Parkinson y Alzheimer. Las muestras se obtuvieron de las bases de datos SVD Saarbrücken [7] y PC-GITA [4]. Se utiliza una arquitectura CNN obteniendo una precisión en la clasificación de más 95%.

La construcción de bases de datos para detectar la EP es un proceso complejo debido a que, el paciente debe ser evaluado clínicamente por diversos especialistas (neurólogo, fonoaudiólogo, entre otros), y seguir protocolos de grabación del sonido estrictos para los sujetos sanos y enfermos de la muestra. Esto implica que obtener los datos de un sujeto requiere mucho tiempo, que existen pocas bases de datos públicas, y que las bases de datos tienen pocas muestras. Lo anterior pone dificultades para abordar el problema con CNN.

En este trabajo se propone una estrategia de aumentación de datos para los repositorios de espectrogramas utilizados en la detección de la EP. Esta estrategia consiste en generar imágenes del mismo espectrograma con distintas paletas de colores. Esta estrategia permite aumentar drásticamente el número de muestras para el conjunto de entrenamiento de las redes, mejorar la precisión de clasificación y disminuir la variabilidad de los resultados.

La estructura de este trabajo es la siguiente: La sección 2 presenta el proceso de aumentación de datos de espectrogramas utilizando paletas de colores, la sección 3 muestra resultados de detección de la EP con diversos modelos de redes CNN y finalmente, la sección 4 presenta las conclusiones de esta investigación.

## 2 Estrategia de Aumentación de Datos

Un espectrograma permite representar a lo largo del tiempo las variaciones de frecuencia y amplitud de una señal de sonido. Es una representación en tres dimensiones: tiempo, frecuencia y amplitud. Comúnmente el espectrograma se

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



representa a través de un gráfico en dos dimensiones: tiempo (eje horizontal) y frecuencia (eje vertical), donde la tercera dimensión (amplitud) es representada mediante el uso de una escala de colores.

En este trabajo se consideraron los sonidos de la base de datos presentada en [8]. Este repositorio contiene 55 sujetos de enfermos de Parkinson (24 mujeres y 31 varones) evaluados neurológicamente con la Escala Unificada de Calificación de la Enfermedad de Parkinson (UPDRS) y 64 sujetos sin Parkinson. La edad de los pacientes con Parkinson varía entre 38 y 79 años con una duración media de la enfermedad de 6 años. Para generar los espectrogramas, se aplicó a las señales de la base de datos la Short-Time Fourier Transform (STFT), utilizando la escala de grises para representar la amplitud. La base de datos original contiene diferentes vocalizaciones, en particular se utilizaron las grabaciones de la vocal A sostenida, generándose finalmente 135 espectrogramas en escala de grises, de los cuales 58 corresponden a enfermos y 77 a personas sanas.

Como estrategia de aumentación de datos, además de la paleta gris, se crearon espectrogramas con las paletas de color disponibles en la herramienta colormat de Matlab. Se consideraron 13 paletas de colores: “autumn”, “bone”, “cool”, “copper”, “gray”, “hot”, “hsv”, “jet”, “parula”, “pink”, “spring”, “summer” y “winter”. Es interesante mencionar que algunas paletas de colores son útiles para resaltar ciertos detalles del sonido, las paletas “copper” y “bone” resaltan las formas de crestas y valles, mientras que “jet” o “hsv” da una indicación de la inclinación de las pendientes. Se excluyeron las paletas “colorcube”, “flag”, “lines”, “prism” y “white”, pues generan imágenes pixeladas y ruidosas. Considerando la estrategia de aumentación de datos, se generaron 1755 espectrogramas, 754 de personas enfermas y 1001 de personas sanas.

### 3 Resultados

Para mostrar los beneficios de la estrategia de aumentación de datos propuesta, se realizaron experimentos con diversos modelos de CNN que son representativos de las arquitecturas existentes: AlexNet [9], VGG 16 [10], ResNet 50 [11], Inception v3 [12] y Squezenet [13]. En estos modelos se trabaja en modo de transferencia de aprendizaje. Para todas las redes anteriores, se realizaron experimentos con dos conjuntos de datos, el primero con espectrogramas en escala de grises y el segundo con el conjunto de datos aumentado considerando los espectrogramas en color. Para obtener una medida de performance objetiva se consideró un esquema de validación cruzada de tres conjuntos: 70% entrenamiento 10% validación y 20% test. Se realizaron 10 repeticiones del esquema de validación cruzada para informar el promedio de las repeticiones.

Para obtener los resultados se utilizó Matlab R2018b y Deep Learning Toolbox. Se realizaron experimentos con diversos hiperparámetros para las redes, de los cuales fueron seleccionados los siguientes:

- Conjunto Original: épocas 25, mini-batch 32 y razón de aprendizaje 0.0001.
- Conjunto Aumentado: épocas 35, mini-batch 32 y razón de aprendizaje 0.0001.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



4 R. Guatelli et al.

La tabla 1 presenta los resultados obtenidos para cada red. Se informa el máximo, el mínimo, la distancia entre el máximo y el mínimo (Rango), y el promedio de las repeticiones de la clasificación del conjunto de test. Las columnas Orig corresponden a los resultados con los espectrogramas en escala de grises originales, y las columnas Aum corresponden a los resultados del conjunto de datos aumentado. De la tabla se observa que para todos los modelos de redes, la estrategia

**Table 1.** % Acierto Clasificación Conjunto de Test con diversos modelos de CNN

	Máximo % acierto		Mínimo % acierto		Rango % acierto		Promedio % acierto	
	Orig	Aum	Orig	Aum	Orig	Aum	Orig	Aum
<b>AlexNet</b>	88.46%	91.74%	65.38%	81.20%	23.08%	10.54%	77.69%	87.64%
<b>VGG16</b>	96.15%	98.01%	61.54%	92.88%	34.62%	5.13%	76.92%	95.98%
<b>Inception V3</b>	65.38%	86.89%	38.46%	78.92%	26.92%	7.98%	54.62%	83.13%
<b>ResNet50</b>	88.46%	90.03%	61.54%	86.89%	26.92%	3.13%	75.38%	88.09%
<b>SqueezeNet</b>	61.54%	84.05%	46.15%	73.79%	15.38%	10.26%	58.08%	80.09%

de aumentación de datos permitió mejorar tanto la razón de acierto como la dispersión de los resultados. La red VGG16 obtuvo los mejores indicadores, con un promedio en la tasa de acierto de 95.98%, un máximo de 98.01% y un mínimo de 92.88%.

#### 4 Conclusiones

Este trabajo ha propuesto una estrategia de aumentación de datos para los repositorios de espectrogramas utilizados en la detección de la Enfermedad de Parkinson. La estrategia consiste en crear espectrogramas a partir de una señal de voz considerando distintas paletas de colores. Se probaron diferentes arquitecturas de CNN, y para todas ellas se observa una mejora en los indicadores de performance para el conjunto de datos aumentado. Los elevados niveles de performance alcanzados muestran que la estrategia de aumentación de datos es pertinente y que las CNN resuelven el problema con elevados niveles de precisión.

#### 5 Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto de investigación C224, DIIT- UNLaM, Hospital Posadas y Hospital Rivadavia por permitirnos utilizar la base de datos generada. Además, se agradece al Laboratorio de Investigaciones Tecnológicas en Reconocimiento de Patrones LITRP ([www.litrp.cl](http://www.litrp.cl)) de la Universidad Católica del Maule, Chile, por proporcionar los servidores de cómputo de alto rendimiento donde se realizaron los experimentos.



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## References

1. Siddharth Arora, Ladan Baghai-Ravary, and Athanasios Tsanas. Developing a large scale population screening tool for the assessment of parkinson's disease using telephone-quality voice. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 145(5):2871–2884, 2019.
2. Juan Camilo Vásquez-Correa, Tomas Arias-Vergara, Cristian D Rios-Urrego, Maria Schuster, Jan Ruzs, Juan Rafael Orozco-Arroyave, and Elmar Nöth. Convolutional neural networks and a transfer learning strategy to classify parkinson's disease from speech in three different languages. In *Iberoamerican Congress on Pattern Recognition*, pages 697–706. Springer, 2019.
3. Marek Wodzinski, Andrzej Skalski, Daria Hemmerling, Juan Rafael Orozco-Arroyave, and Elmar Nöth. Deep learning approach to parkinson's disease detection using voice recordings and convolutional neural network dedicated to image classification. In *2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, pages 717–720. IEEE, 2019.
4. Juan Rafael Orozco-Arroyave, Julián David Arias-Londoño, Jesús Francisco Vargas-Bonilla, Maria Claudia Gonzalez-Rativa, and Elmar Nöth. New spanish speech corpus database for the analysis of people suffering from parkinson's disease. In *LREC*, pages 342–347, 2014.
5. Laiba Zahid, Muazzam Maqsood, Mehr Yahya Durrani, Maheen Bakhtyar, Junaid Baber, Habibullah Jamal, Irfan Mehmood, and Oh-Young Song. A spectrogram-based deep feature assisted computer-aided diagnostic system for parkinson's disease. *IEEE Access*, 8:35482–35495, 2020.
6. Nam Trinh and OBrien Darragh. Pathological speech classification using a convolutional neural network. In *in Proc. IMVIP*, pages 72–75, 2019.
7. William John Barry and Manfred Pützer. Saarbruecken voice database. institute of phonetics, university of saarland. urlhttp://www.stimmdatenbank.coli.uni-saarland.de/ash, 2007.
8. Monica Giuliano, Silvia Noemí Perez, Maldonado Maldonado, Pablo Bondar, Daniela Linari, Dario Adamec Adamec, María Inés Debas, Carlos Morales Morales, Leticia de León, Aldo Yaco Yaco, Joice Birelli Birelli, Macarena Martínez Ribaya, María Lis Lacaze, and Jorge A. Gurlekian. Construction of a parkinson's voice database. In *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. IEOM Society International, 2021.
9. Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, and Geoffrey E Hinton. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 25:1097–1105, 2012.
10. Karen Simonyan and Andrew Zisserman. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *arXiv preprint arXiv:1409.1556*, 2014.
11. Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, and Jian Sun. Deep residual learning for image recognition. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pages 770–778, 2016.
12. Christian Szegedy, Vincent Vanhoucke, Sergey Ioffe, Jon Shlens, and Zbigniew Wojna. Rethinking the inception architecture for computer vision. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pages 2818–2826, 2016.
13. Forrest N Iandola, Song Han, Matthew W Moskewicz, Khalid Ashraf, William J Dally, and Kurt Keutzer. Squeezenet: Alexnet-level accuracy with 50x fewer parameters and 0.5 mb model size. *arXiv preprint arXiv:1602.07360*, 2016.



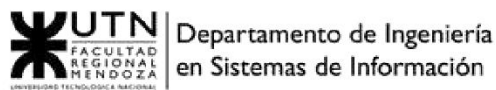
<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



CONAISI 2021

**9º Congreso Nacional**  
**CoNaISI**  
**2021**  
**de Ingeniería Informática**  
**y Sistemas de Información**

**4 NOVIEMBRE**  
**5**



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## **Título del Trabajo**

### **Análisis predictivo enfocado a la precisión de detección de enfermos de Parkinson**

#### **AUTORES:**

Tomás Sánchez Grigioni, Candela Robledo Ferri, Silvia Noemí Perez

**MAIL AUTORES:** tomassanchezgrigioni@hotmail.com;candela.robledof@gmail.com;sperez@unlam.edu.ar

#### **UNIVERSIDAD:**

Universidad Nacional de la Matanza

[Volver a Pto. B \(Principales resultados de la investigación\)](#)

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## CONVERSATORIO UNLAM

*Universidad Nacional de La Matanza*

*Secretaría de Ciencia y Tecnología*

Por la presente se deja constancia que

**AUBIN, Verónica**

---

*DNI: 17.586.119*

Ha participado en carácter de expositora en el conversatorio **“Los desafíos en la publicación del conocimiento”**, organizado en el marco del Programa Transferir UNLaM 2021 por la Secretaría de Ciencia y Tecnología, en modalidad virtual.

San Justo, 18 de noviembre de 2021.

  
 Mg. Ana Marcela Bidiña  
 Secretaria de Ciencia y Tecnología  
 UNLaM

[Volver a Pto. B \(Principales resultados de la investigación\)](#)

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## JORNADA AVANCES EN MÉTODOS ESTADÍSTICOS



SCE  
Sociedad Colombiana de Estadística



IASI  
INSTITUTO INTERAMERICANO DE ESTADÍSTICA



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

---

El instituto Interamericano de Estadística (IASI), la Sociedad Colombiana de Estadística (SCE) y la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

*Certifican que:*

**Silvia Noemí Pérez**

Identificada con documento de identidad número 16164334, presentó en la modalidad de ponencia el trabajo titulado:

***"Aporte de medidas de shimmer para la detección de enfermedad de Parkinson"***

**En el marco del evento académico:  
JORNADA AVANCES EN MÉTODOS ESTADÍSTICOS**

**Realizado los días 25 y 26 de noviembre de 2021, a través de plataformas virtuales**



**Mercedes Andrade Bejarano**  
Presidenta  
Sociedad Colombiana de Estadística (SCE)

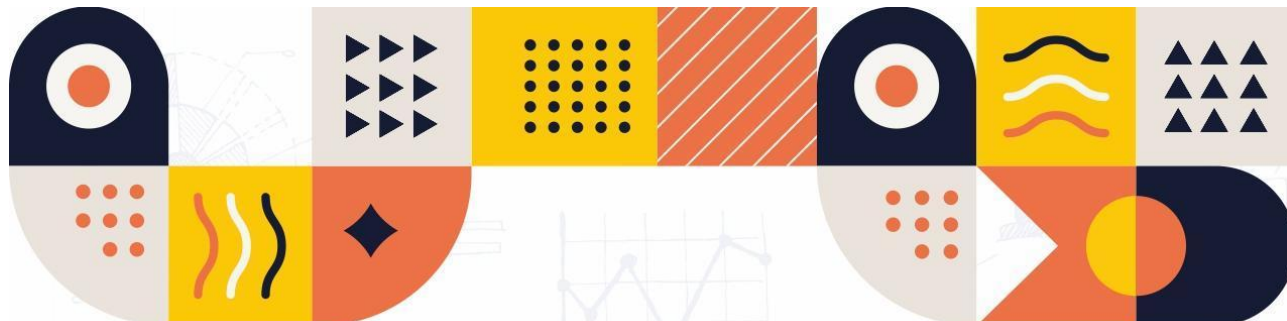


**Marcia Maria Melo Quintslr**  
Presidenta  
Instituto Interamericano de Estadística (IASI)



**Victor Ignacio López Ríos**  
Director Escuela de Estadística  
Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# MEMORIAS JORNADA AVANCES EN MÉTODOS ESTADÍSTICOS

## I VERSIÓN

**SCE**  
Sociedad Colombiana de Estadística

**SOCIEDAD COLOMBIANA DE  
ESTADÍSTICA**  
<https://sce.org.co/>



**INSTITUTO INTERAMERICANO  
DE ESTADÍSTICA**  
[https://www.inec.gob.pa/IASI/  
presentacion.html](https://www.inec.gob.pa/IASI/presentacion.html)



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA,  
SEDE MEDELLÍN** - Facultad de Ciencias  
Escuela de Estadística  
[https://ciencias.medellin.una.edu.co/  
escuelas/estadistica/](https://ciencias.medellin.una.edu.co/escuelas/estadistica/)

Evento Virtual, Noviembre 25 y 26 de 2021 N|1





<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# MEMORIAS JORNADA AVANCES EN MÉTODOS ESTADÍSTICOS

**I VERSIÓN**

## Instituciones Editoras

Instituto Interamericano de Estadística (IASI)  
Sociedad Colombiana de Estadística (SCE)  
Universidad Nacional de Colombia, Sede  
Medellín

Los conceptos y opiniones de los artículos son responsabilidad exclusiva de su autor y en ningún momento comprometen las orientaciones y políticas de las Memorias de la Jornada Avances en Métodos Estadísticos

## Comunicaciones:

Correo electrónico: [contacto@sce.org.co](mailto:contacto@sce.org.co)

**SCE**  
Sociedad Colombiana de Estadística

**SOCIEDAD COLOMBIANA DE  
ESTADÍSTICA**  
<https://sce.org.co/>



**INSTITUTO INTERAMERICANO  
DE ESTADÍSTICA**  
[https://www.inec.gob.pa/IASI/  
presentacion.html](https://www.inec.gob.pa/IASI/presentacion.html)



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA,  
SEDE MEDELLÍN** - Facultad de Ciencias  
Escuela de Estadística  
[https://ciencias.medellin.unal.edu.co/  
escuelas/estadistica/](https://ciencias.medellin.unal.edu.co/escuelas/estadistica/)

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# MEMORIAS JORNADA AVANCES EN MÉTODOS ESTADÍSTICOS

**N | 1**

## I VERSIÓN

Noviembre de 2021

### Tabla de contenido

- 1** Presentación
- 2** Conferencias Magistrales
- 3** Ponencias
- 4** Pósteres

**SCE**  
Sociedad Colombiana de Estadística

**SOCIEDAD COLOMBIANA DE  
ESTADÍSTICA**  
<https://sce.org.co/>



**INSTITUTO INTERAMERICANO  
DE ESTADÍSTICA**  
[https://www.inec.gob.pa/IASI/  
presentacion.html](https://www.inec.gob.pa/IASI/presentacion.html)



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA,  
SEDE MEDELLÍN** – Facultad de Ciencias  
Escuela de Estadística  
[https://ciencias.medellin.unal.edu.co/  
escuelas/estadistica/](https://ciencias.medellin.unal.edu.co/escuelas/estadistica/)

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



# MEMORIAS JORNADA AVANCES EN MÉTODOS ESTADÍSTICOS

# N 1

## I VERSIÓN

### Comité Editorial:

**Evelio Fabbroni**

MPh., Director Ejecutivo, Instituto Interamericano de Estadística

**Mercedes Andrade Bejarano**

PhD., Universidad del Valle  
Presidenta, Sociedad Colombiana de Estadística  
Colombia

**Victor Ignacio López Ríos**

PhD., Director Escuela de Estadística, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín  
Colombia

**Lila Ricci**

PhD., Universidad Nacional de Mar del Plata  
Presidenta, Sociedad Argentina de Estadística  
Argentina

### Comité Científico:

**Evelio Fabbroni**

MPh., Director Ejecutivo, Instituto Interamericano de Estadística

**Mercedes Andrade Bejarano**

PhD., Universidad del Valle  
Presidenta, Sociedad Colombiana de Estadística  
Colombia

**Victor Ignacio López Ríos**

PhD., Director Escuela de Estadística, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín  
Colombia

**Lila Ricci**

PhD., Universidad Nacional de Mar del Plata  
Presidenta, Sociedad Argentina de Estadística  
Argentina

### Diseño de páginas Interiores:

**Karina Marín Orozco**

Diseñadora Industrial



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## PRESENTACIÓN

Los avances en los desarrollos recientes de métodos estadísticos para el análisis de datos, han contribuido a la solución y generación de información para la toma de decisiones en diferentes sectores de la economía a nivel mundial, como son el sector de la salud, la industria, el sector financiero, gubernamental, entre otros. Como parte de esta contribución, están los desarrollos en la modelación de datos correlacionados, producto de mediciones de un fenómeno que se observa a través del tiempo, el manejo y análisis de grandes volúmenes de datos, la obtención de información de estadísticas oficiales, y la inclusión tanto de la probabilidad subjetiva, como resultado de los conocimientos y experiencias adquiridas en investigaciones previas, como de la evidencia que genera la investigación que se esté llevando a cabo.

Conscientes de la importancia de la difusión de los avances en el desarrollo de métodos estadísticos, el Instituto Interamericano de Estadística (IASI), la Sociedad Colombiana de Estadística (SCE) y la Escuela de Estadística de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, se unieron para realizar la Jornada Avances en Métodos Estadísticos. El evento se llevó a cabo de forma virtual los días 25 y 26 de noviembre de 2021 y en cada uno de los dos días, se dictaron tres conferencias relacionadas con los avances en métodos estadísticos para el análisis de datos como: el aprendizaje estadístico (statistical learning), modelos mixtos para datos longitudinales, estadística bayesiana, estadística industrial y estadísticas oficiales: análisis de series de tiempo oficiales y análisis multivariado de estadísticas oficiales; de igual manera, en cada uno de los días del evento, se llevó a cabo una sesión de ponencias donde se expusieron resultados de 17 investigaciones a nivel teórico y aplicado, una sesión de pósteres, con 7 trabajos, todos enmarcados en los métodos estadísticos.

La Jornada contó con la participación de estudiantes, profesores y profesionales de Estadística y de otras disciplinas del conocimiento de Colombia, así mismo, con miembros de la comunidad Estadística de Argentina, Estados Unidos, Bélgica, Suiza, Brasil, Ecuador, México, España, Perú, Venezuela y Uruguay.

El Instituto Interamericano de Estadística (IASI), la Sociedad Colombiana de Estadística (SCE) y la Escuela de Estadística de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, expresan sus agradecimientos y destacan el excelente trabajo de los conferencistas magistrales Profesores: Geert Molenberghs, PhD. (Leuven Biostatistics and Statistical Bioinformatics Centre (L-BioStat), Bélgica); Luis Alberto Escobar Restrepo, PhD. (Louisiana State University, EE. UU); Andrés Ramírez Hassan, PhD. (Universidad EAFIT, Colombia); Martín Saino, PhD. (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina); Víctor Manuel Guerrero Guzmán, PhD. (Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM), México) y Paulo Canas Rodríguez (Department of Statistics, Institute of Mathematics and Statistics, Federal University of Bahia, Brazil). De igual manera, agradecen a los ponentes quienes con sus trabajos presentados en las sesiones de comunicaciones y pósteres contribuyeron al desarrollo del evento.

El Instituto Interamericano de Estadística (IASI), la Sociedad Colombiana de Estadística (SCE) y la Escuela de Estadística de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, también expresan sus agradecimientos al Comité Científico integrado por los profesores: Lila Ricci, PhD. (Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina); Víctor Ignacio López Ríos, PhD. (Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia); Mercedes Andrade Bejarano, PhD. (Universidad del Valle,

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



Colombia); y al MPh. Evelio Fabbroni (Instituto Interamericano de Estadística, IASI). De igual manera, expresan sus agradecimientos a la Profesora Isabel Cristina Ramírez Guevara (Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín) por su apoyo y participación activa en el desarrollo de las actividades del evento, a la Estadística Luisa María Murillo Cortés (Universidad del Valle, Colombia) y a la Magíster en Estadística Olga Alexandra Bustos Giraldo (Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín), por el invaluable trabajo en la logística y organización del evento; así mismo, a la Diseñadora Industrial Karina Marín Orozco, por el diseño de las memorias del evento.

El IASI, la SCE y la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín cierran la Jornada Avances en Métodos Estadísticos con la satisfacción de haber congregado a la comunidad Estadística nacional e internacional, alrededor de temáticas de actualidad e importancia para el desarrollo futuro de la disciplina, y esperan contar con la participación de la comunidad Estadística y de profesionales de otras disciplinas, tanto nacional como internacional, en futuros eventos académicos que se realicen.



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## 1. CONFERENCIAS MAGISTRALES

25 de noviembre de 2021

- I. [“Handling negative correlation and/or over/underdispersion in gaussian and non-gaussian hierarchical data”](#)  
Profesor: Geert Molenberghs, PhD. Leuven Biostatistics and Statistical Bioinformatics Centre (L-BioStat), Belgium.
- II. [“Posterior manifolds over hyperparameter regions: moving beyond localized assessments of prior parameter specifications in mcmc inference”](#)  
Profesor: Andrés Ramírez Hassan, PhD. Universidad EAFIT, Colombia
- III. [“Statistical learning: transforming data into information”](#)  
Profesor: Paulo Canas Rodrigues, PhD. Federal University of Bahia, Brasil.

26 de noviembre de 2021

- IV. [“Aplicación de métodos estadísticos multivariados sobre estadísticas oficiales”](#)  
Profesor: Martín Saino, PhD. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- V. [“Degradation modeling and data analysis methods”](#)  
Profesor: Luis Alberto Escobar Restrepo, PhD. Louisiana State University, Estados Unidos.
- VI. [“Métodos estadísticos para la retropolación de series de tiempo oficiales”](#) Profesor: Víctor Manuel Guerrero, PhD. Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM), México.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## 2. PONENCIAS

25 de noviembre de 2021

- I. ["Vulnerability interactive geographic viewer against COVID-19 at the block level in Colombia: analytical tool based on machine learning techniques"](#)  
Autores: Oscar Espinosa, Jhonathan Rodríguez, Adriana Robayo, Lelio Arias, Sandra Moreno, Mariana Ospina, David Insuasti, Juan Oviedo. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Departamento Nacional de Planeación, Instituto de Evaluación Tecnológica en Salud, Colombia.
- II. ["Valoración de inmuebles residenciales mediante GAMLSS con efecto espacial: un caso en Bogotá"](#)  
Autores: Laura Amaranta Carrillo León. Université de Genève, Ginebra, Suiza
- III. ["Modelos de regresión para datos con exceso de conteos nulos. Su aplicación en un estudio sobre el mal de Chagas"](#)  
Autores: Guillermina Beatriz Harvey, Gabriela S. Boggio. Instituto de Investigaciones Teóricas y Aplicadas de la Escuela de Estadística, Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
- IV. ["Mapa de cobertura vegetal a partir de sensores remotos y datos de campo para Santa Cruz \(Argentina\)"](#)  
Autores: Dora Silvia Maglione, Paula Paredes, Bárbara Klimisch, Fernando Gutiérrez, Julio Soto. Universidad Nacional de La Plata, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Argentina
- V. ["Metodología Delphi aplicada al otorgamiento de crédito para estudiantes universitarios"](#)  
Autores: Wilinton Galeano Muñoz y Juan Carlos Correa. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia.
- VI. ["Análisis de parámetros de calidad del aire mediante el análisis de datos funcionales"](#)  
Autores: Rafael Meléndez, Víctor Morales y Stevenson Bolívar. Universidad de La Guajira, Universidad de Córdoba y Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
- VII. ["Evolución de la calidad de la educación en Colombia: Una mirada desde el Índice Departamental de Competitividad"](#)  
Autores: Eddy Johanna Fajardo Ortiz y Héctor Romero. Universidad Autónoma de Bucaramanga y Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- VIII. ["Comparación de los clasificadores optimizados SVM, k-NN Y k-kNN en una imagen PoISAR"](#)  
Autores: Noelia Elizabeth Matos, Silvana Malpassi, Norma Gallardo, Sabina Bigolín, Susana Ferrero, María Gabriela Palacio. Universidad Nacional Río Cuarto, Argentina.



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



**IX.** [“Modelación no lineal de rezagos distribuidos \(DNLM\) del efecto de factores macroeconómicos sobre el índice MSCI Colombia de capitalización bursátil en el mercado de valores durante el periodo 2001 a 2020”](#)

Autores: Brayan Osorio, Carolina Ramírez, Orlando Joaqui-Barandica. Universidad del Valle, Colombia.

**X.** [“Aporte de medidas de shimmer para la detección de enfermedad de Parkinson”](#)

Autores: Silvia Noemí Pérez, Luis Fernández y Mónica Giuliano. Universidad Nacional de La Matanza y Universidad Nacional del Oeste, Argentina.

**26 de noviembre de 2021**

**I.** [“Volatilidad clásica y bayesiana en un mercado financiero colombiano”](#)

Autores: Álvaro Javier Cangrejo, Christian Camilo Cortes, Daniel Leonardo Cruz. Universidad Surcolombiana, Universidad Carlos III de Madrid y Universidad Santo Tomas, Colombia.

**II.** [“Estimación de los efectos del tratamiento del programa Avanza Colombia”](#)

Autores: Daniel Leonardo Cruz, Alvaro Javier Cangrejo y Sandra Montaña. Banco Agrario de Colombia.

**III.** [“Reducción de dimensión con análisis discriminante lineal para la clasificación supervisada de imágenes satelitales”](#)

Autores: Norma Gallardo, Susana Ferrero, María Gabriela Palacio, Patricia Mónica Barberis. Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.

**IV.** [“Evaluación del impacto del confinamiento estricto por la COVID-19 en la calidad del aire en la ciudad de Medellín utilizando modelos dinámicos”](#)

Autores: Carlos Andrés Pérez Aguirre, Johnatan Cardona Jiménez e Isabel Cristina Ramírez. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín e Institución Universitaria Pascual Bravo, Colombia.

**V.** [“Aplicación Shiny basada en métodos estadísticos que apoyan el aprendizaje y la enseñanza de intervalos de confianza”](#)

Autores: Miguel Ángel Londoño Ciceros, Jennifer Salazar-Galvis, Carlos M. Lopera-Gómez y Mario C. Jaramillo-Elorza. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

**VI.** [“Estimador de dispersión robusto multivariado basado en el estimador  \$Q\_n\$ ”](#)

Autores: Omar Alexis Becerra Sierra, Santiago Ortiz y Henry Laniado. Universidad EAFIT, Colombia.

**VII.** [“PLS-SEM en el análisis causal de efectos mediadores simples y múltiples de la capacidad de absorción, innovación abierta y gestión de ecoeficiencia sobre el desempeño innovador en empresas agroindustriales colombianas”](#)

Autores: Juancri Barrera Navarro, Carlos Ocampo López y Efrén Romero Riaño. Universidad Pontificia Bolivariana, Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología y Universidad de Córdoba, Colombia.

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



### 3. PÓSTERES

- I. “Evaluación de impacto de la política de regulación de precios de medicamentos en el gasto en salud en Colombia”

Autores: Oscar Espinosa, Hernán Enríquez, Daniela Rivera, Sergio Basto, Edisson Rodríguez, Daniela López, Paola Avellaneda, Diego Ávila, Lizeth Riveros y María Jordán. Instituto de Evaluación Tecnológica en Salud, Colombia

Acceso al video de la presentación: <https://youtu.be/q0XbWP8SEDo>

- II. “Análisis de los artículos incluidos en las revistas colombianas en estadística.”

Autores: Rafael Borges, Jesús Salinas, Lida Fonseca. Universidad de Los Andes, Venezuela. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Fundación Universitaria Los Libertadores, Colombia.

Acceso al video de la presentación: <https://youtu.be/2VSe2LMu1rk>

- III. “Estimación simultánea de la sensibilidad y la especificidad utilizando la metodología GSK en presencia de covariables “

Autores: Jessica Nathaly Pulzara-Mora y Juan Carlos Correa-Morales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Acceso al video de la presentación: <https://youtu.be/8MOU5dZn7V0>

- IV. “Un modelo spline para explicar la evolución del ángulo del plano mandibular en niños y niñas de la cohorte CESLPH-Damasco “

Autores: Mary Luz Trilleras-Mota, Mauricio Alejandro Mazo-Lopera, Juan Carlos Salazar-Uribe, Luisa Fernanda Villegas-Trujillo, Iván Darío Jiménez, Luis Gonzalo Álvarez. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín y Universidad CES, Colombia.

Acceso al video de la presentación: <https://youtu.be/bOH113hxsqc>

- V. “Modelación del perímetro cefálico de neonatos con bajo peso al nacer en el Hospital Universitario del Valle (HUV), Santiago de Cali, Colombia”

Autores: Bradley Campo Hurtado, Mercedes Andrade Bejarano, Álvaro Flórez Poveda. Universidad del Valle, Colombia

Acceso al video de la presentación: <https://youtu.be/UnoCyOeBLnA>



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



**VI.** “Modelos no lineales mixtos de la curva de peso de tres años, para neonatos con bajo peso al nacer.”

Autores: Mercedes Andrade Bejarano, Diego Alejandro Tovar Ríos, Javier Torres Muñoz. Universidad del Valle, Colombia

Acceso al video de la presentación: [https://youtu.be/\\_EIsFh3RJ9c](https://youtu.be/_EIsFh3RJ9c)

**VII.** “El umbral de coste-efectividad colombiano: estimación de umbrales en un sistema de salud gestionado en un país de renta media”

Autores: Oscar Espinosa, Paul Rodríguez, Esteban Orozco, Diego Ávila, Hernán Enríquez, Giancarlo Romano y Mateo Ceballos. Instituto de Evaluación Tecnológica en Salud, Colombia

Acceso al video de la presentación: <https://youtu.be/VNrH0yfLdG0>

[Volver a Pto. B \(Principales resultados de la investigación\)](#)



<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



## Anexo II



UNLaM - SECyT

FPI-013

FORMULARIO DE EVALUACIÓN DE ALUMNOS INTEGRANTES DE EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad Académica: Departamento de Ingeniería e Inv. Tecnológicas

Código: C239

Título del Proyecto: PROCESAMIENTO DE SEÑALES DEL HABLA PARA LA CLASIFICACIÓN Y MONITOREO DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON.

Director del Proyecto: Silvia N. Pérez

Programa de acreditación: PROINCE X. CyTMA2:.....

Fecha de inicio: 01/01/2021

Fecha de finalización: 31/12/2022

### 1. Datos del alumno

Apellido y Nombre/s: Linari, Daniela

Número de DNI: 35793422

Nacionalidad: Argentina

Carrera que cursa: Ingeniería Electrónica

Período evaluado: 2022

### 2. Dictamen de evaluación de desempeño del alumno:

Colocar una cruz donde corresponda

2.1 Satisfactorio: **X**

2.1 No satisfactorio:

Fundamentos del dictamen:

La alumna Linari trabajó sobre las fonaciones sostenidas /a/, /i/ y /u/ de personas grabaciones presentes en las bases propias donde se cuentan con registros de voz tanto de personas sanas como enfermas de Parkinson. Realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de las señales de audio. Hizo un análisis comparativo entre las fonaciones pertenecientes a 5 personas con EP y 5 personas sin EP, haciendo énfasis en ciertos parámetros que podrían llegar a tener mayores diferencias y realizando evaluaciones de las voces de la base propia y un análisis fonético acústico contrastivo.

Así también, la alumna realizó una presentación de los avances realizados en el Primer Workshop de estudios del habla en Pacientes con Enfermedad de Parkinson (WEHPEP 2022).

San Justo, 10 de marzo de 2023  
Lugar y fecha

Firma del Director

Verónica I. Aubin  
Aclaración de firma

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



UNLaM - SECyT

FPI-013

FORMULARIO DE EVALUACIÓN DE ALUMNOS INTEGRANTES DE EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad Académica: Departamento de Ingeniería e Inv. Tecnológicas

Código: C239

Título del Proyecto: PROCESAMIENTO DE SEÑALES DEL HABLA PARA LA CLASIFICACIÓN Y MONITOREO DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON.

Director del Proyecto: Silvia N. Pérez

Programa de acreditación: PROINCE X. CyTMA2:.....

Fecha de inicio: 01/01/2021

Fecha de finalización: 31/12/2022

#### 1. Datos del alumno

Apellido y Nombre/s: SINOPOLI, Alesio Esteban Abel

Número de DNI: 40808298

Nacionalidad: Argentina

Carrera que cursa: Ingeniería Informática

Período evaluado: 2022

#### 2. Dictamen de evaluación de desempeño del alumno:

Colocar una cruz donde corresponda

2.1 Satisfactorio: **X**

2.1 No satisfactorio:

Fundamentos del dictamen:

El alumno Sinopoli realizó un relevamiento del estado del arte en investigaciones referentes a la detección de la enfermedad de Parkinson utilizando Deep Learning aplicado a espectrogramas. Asimismo, hizo una investigación bibliográfica de redes neuronales convolucionales (CNN), sus arquitecturas y sus aplicaciones. Trabajó también en el desarrollo de algoritmos en Python para convertir las señales de audio en espectrogramas, para luego evaluar distintas formas de seleccionar las partes más significativas de los audios para la clasificación de EP.

San Justo, 10 de marzo de 2023  
Lugar y fecha

Firma del Director

Verónica I. Aubin  
Aclaración de firma

<b>Código</b>	FPI-009
<b>Objeto</b>	Guía de elaboración de Informe final de proyecto
<b>Usuario</b>	Director de proyecto de investigación
<b>Autor</b>	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
<b>Versión</b>	5
<b>Vigencia</b>	03/9/2019



### Anexo III



San Justo, 1 de septiembre de 2022

Secretaria de Investigaciones

Dra. Bettina Donadello

Me dirijo a Ud. atento al Proyecto C239, denominado "Procesamiento de señales del habla para la clasificación y monitoreo y la enfermedad de Parkinson" para informarle que en dicha investigación ha acontecido la baja de la Directora Mg. Silvia Noemí Pérez, debido a que ya no cumple funciones en la UNLaM

Por tal motivo quien suscribe Dra. Verónica Aubin, asumo como directora a cargo de dicho proyecto desde el 01/09/2022

Sin otro particular, saludo a usted atentamente.

Dra. Verónica Aubin  
Directora a cargo del Proyecto C239