

COVID–XR: A Web Management Platform for Coronavirus Detection on X-Ray Chest Images

C. I. Orozco, E. Xamena, C. A. Martínez and D. A. Rodríguez

Abstract—COVID-19 is an infectious disease caused by the SARS-CoV-2 virus. Its symptoms are similar to those of the common flu, including fever, cough, dyspnea, myalgia, and fatigue. Due to its rapid expansion globally, the World Health Organization (OMS) declared it a pandemic. The molecular test commonly used worldwide for direct detection of the virus is the RT-PCR test but it takes time to process and the materials used are scarce. In this work we propose: (a) The design and implementation of a deep neural network architecture for the detection of patients with COVID-19 using as input X-ray images of the chest; the architecture is made up of a feature extraction phase, that is, a pre-trained model VGG16 extracts the features of the image; then in the second phase, a multilayer neural network classifies into one of two particular classes (1: COVID, 0: NO COVID). (b) The implementation of a Web platform that allows interested people to use our architecture in a clear, simple and transparent way. The deep learning algorithm was implemented in Python with specific libraries for the design of neural networks, while the Web platform was implemented in PHP using the Laravel framework and MySQL database. We evaluate the performance of our proposal using the sensitivity, specificity and area under the curve (AUC) evaluation metrics, obtaining good results in very short computational times.

Index Terms—covid 19; deep learning; x-ray chest; web platform.

I. INTRODUCCIÓN

COVID-19 (CoronaVirus Disease 2019), llamada comúnmente Coronavirus, es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2 [1]; aunque los primeros casos de personas infectadas fueron reportados entre fines de noviembre y principios de diciembre de 2019 en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei de la República Popular de China, recién el 7 de enero de 2020 fue anunciado oficialmente. El número promedio de casos nuevos que genera un caso de coronavirus a lo largo de su período infeccioso R_0 oscila entre 2.24 y 3.58; debido a su rápida expansión, el 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo declaró pandemia.

Corresponding Author: Carlos Ismael Orozco, Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina. <http://di.unsa.edu.ar>
Email: ciorozco.unsa@gmail.com.

Eduardo Xamena, Instituto de Investigaciones en Ciencias Sociales y Humanidades (ICSOH - CONICET - UNSa), Departamento de Informática. FCE. UNSa, Salta, Argentina. <http://di.unsa.edu.ar>

Cristian Alejandro Martínez, Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina. <http://di.unsa.edu.ar>

Diego Alejandro Rodríguez, Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina. <http://di.unsa.edu.ar>

La forma más frecuente de transmisión entre personas es la aérea, como por ejemplo, pequeñas gotas que se emiten al estornudar, toser o exhalar. Las rutas de transmisión de persona a persona del SARS-CoV-2 incluyen transmisión directa, como tos, estornudos, transmisión por inhalación de gotas y transmisión por contacto, como el contacto con las membranas mucosas orales, nasales y oculares.

Las manifestaciones clínicas siguen sin estar totalmente determinadas. Esto se debe a cuadros asintomáticos reportados hasta ahora, aunque sus síntomas son similares a los de la gripe común. Entre estos se incluyen fiebre, tos, disnea, mialgia y astenia. Esta enfermedad se caracteriza por producir neumonía, síndrome de dificultad respiratoria aguda, sepsis y choque séptico, lo que conduce al 3% de los infectados a la muerte. Los síntomas aparecen entre dos y catorce días, con un promedio de cinco días después de la exposición al virus.

Entre las principales prioridades para facilitar las intervenciones de salud pública en los pacientes se encuentra el diagnóstico de laboratorio. En el caso de una infección respiratoria aguda, la reacción en cadena de la polimerasa de transcriptasa reversa (RT-PCR) se utiliza comúnmente para identificar virus causales de secreciones respiratorias [2].

Las recomendaciones estándar dictadas por la OMS para prevenir la propagación de la infección incluyen: lavarse las manos regularmente, uso de mascarillas, toser en el pliegue del codo, evitar el contacto cercano con cualquier persona que presente síntomas de enfermedades respiratorias (tos y estornudos) y evitar viajar a las ciudades y áreas afectadas. Al momento de la elaboración del presente trabajo no existe un tratamiento específico.

Por todo lo expuesto, destacamos que contar con mecanismos de detección rápida del coronavirus puede contribuir directamente en el control de la propagación de la enfermedad. En respuesta a la pandemia de COVID-19, recientemente surgieron diferentes bases de datos públicas y desafíos asociados a estas bases, con el objetivo de que los investigadores apliquen sus conocimientos y aporten soluciones computacionales para los mismos. Podemos destacar los siguientes:

En la plataforma Kaggle han preparado el conjunto de datos de investigación abierta COVID-19 llamado CORD-19. CORD-19 es un recurso de más de 29000 artículos académicos, incluidos más de 13000 con texto completo, sobre COVID-19, SARS-CoV-2 y coronavirus relacionados. Este conjunto de datos de libre acceso se proporciona a la comunidad de investigación global para aplicar los avances recientes en el procesamiento del lenguaje natural y otras técnicas de inteligencia artificial, para generar nuevas ideas en

apoyo a la lucha continua contra esta enfermedad infecciosa.

Plataformas colaborativas están siendo ampliamente utilizadas para facilitar la interacción de usuarios en una línea específica de trabajo. Por ejemplo, la Asociación Argentina de Bioinformática y Biología Computacional, que es una Asociación Civil dedicada a promover la bioinformática en la Argentina, creó un grupo denominado a2b2c en slack para este fin.

Chen y Otros [3] presentan un dataset con contenidos de Twitter sobre el coronavirus recopilados desde el 22 de Enero de 2020 con el objetivo de rastrear información científica errónea sobre el coronavirus y rumores no verificados, como así también estudiar y comprender aspectos tales como miedo y pánico. La base de datos asociada incluye tweets escritos en diferentes idiomas.

En el área de procesamiento de imágenes, se han publicado diferentes conjuntos de imágenes de rayos X del tórax de personas con COVID-19, como también de personas con enfermedades similares [4].

Nuestro trabajo incluye las siguientes contribuciones:

- 1) Diseño e implementación de una arquitectura de red neuronal profunda para la detección de pacientes con COVID-19, empleando como entrada imágenes de rayos X del tórax. La arquitectura del modelo de detección está compuesta por una fase de extracción de características, es decir, un modelo VGG16 pre-entrenado que extrae características específicas de la imagen. Luego, en la segunda fase, una red neuronal multicapa clasifica la imagen en una de las dos clases de interés (1: COVID, 0: No COVID).
- 2) Implementación un Sistema de Gestión Web que permite utilizar la arquitectura de una manera clara, sencilla y transparente. El sistema cuenta con diferentes funcionalidades que permiten analizar una o muchas imágenes empleando el modelo de detección de casos de COVID-19.
- 3) Libre acceso a la plataforma para aquellos trabajadores de la salud e interesados. La plataforma permitirá realizar altas de usuarios con identificación vía e-mail.
- 4) Los usuarios administradores podrán realizar reentrenamientos del modelo cuando sea necesario, de acuerdo al desempeño observado en la tarea de detección.

El resto del trabajo está organizado de la siguiente forma: en la sección II reportamos los trabajos relacionados de la bibliografía; en la sección III, se describe la estructura general de nuestro sistema de detección: presentamos la base de datos, la métrica de evaluación, los experimentos llevados a cabo y los resultados obtenidos; en la sección IV mostramos los aspectos más importantes de la plataforma Web desarrollada para este proyecto. Finalmente, en la sección V presentamos las conclusiones y el trabajo futuro.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

A. Aprendizaje Automático Aplicado a Medicina

El uso de algoritmos de aprendizaje automático para asistir en el diagnóstico clínico es un abordaje multidisciplinario

que tiene sus inicios en los años 80. Muchos estudios han demostrado resultados prometedores en diagnósticos complejos que abarcan dermatología, radiología, oftalmología, anatomía patológica, entre otros. Existen diferentes proyectos muy conocidos y que funcionan con gran precisión, entre los cuales podemos destacar:

- Proyecto IMED [5] para la detección del cáncer de mama: El proyecto dispone de una plataforma con un enorme repositorio de imágenes médicas de casos anónimos de cáncer de mama.
- Mammography Image Workstation for Analysis and Diagnosis (MIWAD) [6]: También es una plataforma para el análisis y el diagnóstico asistido por computadora, que permite almacenar, recuperar y manipular esa información (funciona con un visor de imágenes de casos de cáncer de mama). Luego un grupo de clasificadores automáticos, basados en algoritmos de aprendizaje automático, permiten elaborar diagnósticos alternativos a los que hace el facultativo y sirven de mecanismo de cotejo para el primer informe.
- Proyecto Corti en Copenhague, Dinamarca: Los servicios de emergencia están utilizando este asistente de voz. Su tarea es analizar las conversaciones entre los profesionales y los pacientes y así extraer los datos. Gracias a Corti, se han salvado numerosas vidas, ya que en situaciones de emergencia los pacientes suelen estar bajo mucha presión.
- RADIO [7]: Es una Inteligencia Artificial (IA) que se ha convertido en uno de los aliados más poderosos en la lucha contra el cáncer. Este sistema fue lanzado por el Departamento de Tecnología de la Información (TI) del Gobierno de Moscú. Se trata de un código de fuente abierta para detección de cáncer. La aplicación usa Deep Learning para encontrar signos de cáncer de pulmón en radiografías.
- Predictive Mind de IBM: Utiliza IA en su código de desarrollo, dándole la capacidad de predecir en un 80% la presencia de psicosis en un paciente con esquizofrenia [8].

En particular, los diagnósticos a nivel de imagen han tenido bastante éxito al emplear métodos basados en Redes Neuronales Convolucionales (CNN por sus siglas en inglés) [9], [10]. Esto se debe en gran parte al hecho de que las CNN han logrado un desempeño igual al humano en tareas de clasificación de objetos, en las cuales aprenden a clasificar el objeto contenido en una imagen.

B. Aprendizaje Automático Aplicado a COVID-19

El examen molecular comúnmente empleando en todo el mundo para la detección directa de la infección con el SARS-CoV-2 es la prueba de RT-PCR sobre los genes expresados por este virus [11]. Es importante mencionar que esta prueba demanda un tiempo de entre 3 y 5 horas para la obtención de una respuesta precisa.

Actualmente, diferentes trabajos muestran evidencias de que los pacientes infectados con neumonía o COVID presentan imágenes de rayos X del tórax y tomografía computarizada

(TC) con un patrón que es moderadamente característico para el ojo humano [12]. La Fig. 1 muestra dos ejemplos de rayos X de personas con y sin COVID.

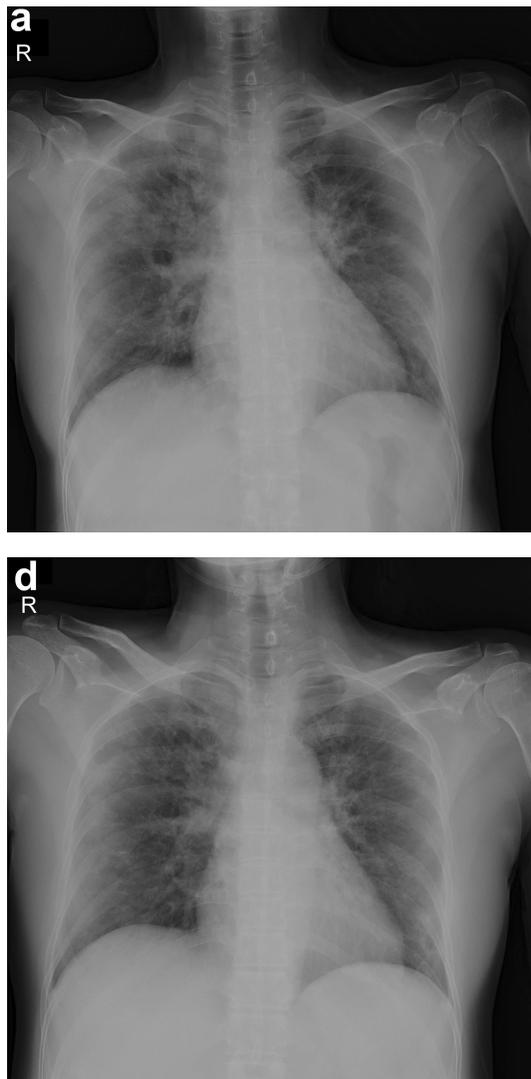


Fig. 1. (superior): ejemplo de rayos X de persona con COVID. (inferior): ejemplo de rayos X de persona sin COVID.

A diferencia de la prueba RT-PCR, contar con un sistema automático capaz de analizar una imagen de rayos X (tórax) de un paciente y obtener una respuesta en cuestión de milisegundos acerca de la situación actual del mismo respecto al virus, puede ser una herramienta muy valiosa para la toma de decisiones en el área de salud pública. Siguiendo esta línea de trabajo:

- Fang y Otros [13] comparan tomografías computarizadas (TC) de 51 pacientes que tenían antecedentes de viaje o residencia en zonas de riesgo, como así también síntomas de fiebre y problemas respiratorios.
- Bernheim y Otros [14] examinaron 121 estudios de TC de tórax de cuatro centros en China que se obtuvieron en las etapas temprana, intermedia y tardía de la infección. Para estos datasets de imágenes ya se publicaron alternativas de aprendizaje automático, como por ejemplo: Xu y

Otros [15] y Gozes y Otros [16].

- Zhang y Otros [17] desarrollan un nuevo enfoque para detección de anomalías profundas para una detección rápida y confiable.

III. APRENDIZAJE PROFUNDO: PROPUESTA

En este trabajo proponemos el diseño e implementación de una arquitectura de red neuronal profunda para la detección de pacientes con COVID-19 empleando como entrada imágenes de rayos X del tórax. La Fig. 2 muestra un esquema general de la arquitectura propuesta compuesta por: una fase de extracción de características, es decir, un modelo pre-entrenado VGG16 que extrae las características de la imagen; luego, en la segunda fase, una red neuronal multicapa clasifica en una de las dos clases particulares (1: COVID, 0: No COVID).

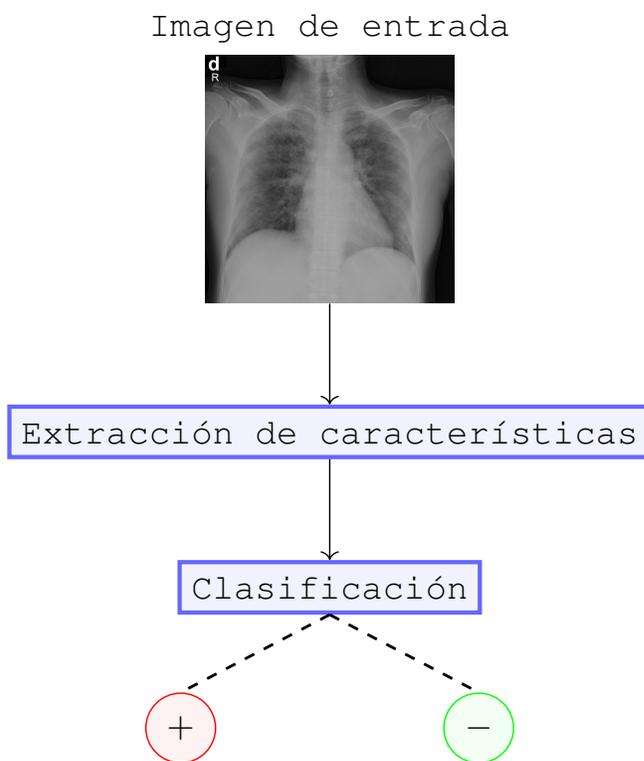


Fig. 2. Arquitectura propuesta. Una VGG16 para la etapa de extracción de características. Luego, una red neuronal multicapa para clasificar en una de las dos posibles clases (1:COVID y 0: No COVID).

A. Extracción de Características

Las redes neuronales convolucionales están compuestas por un conjunto ordenado de capas. Cada una de ellas, a su vez, está constituida por unidades de procesamiento que operan sobre la salida de la capa anterior. Las capas más utilizadas son: (a) capas convolucionales, que tienen k filtros dedicados a producir k mapas de características. (b) capa de submuestreo: Cada mapa de características se submuestra por lo general mediante una operación de agrupación por valor máximo (max-pooling), un proceso que reduce progresivamente el tamaño espacial de la representación y la cantidad de parámetros a entrenar. (c) Capa densa: capa con

neuronas totalmente conectadas. El propósito de usar estas características es clasificar la imagen de entrada en una de varias clases según el conjunto de datos de entrenamiento.

La arquitectura convolucional VGG16 propuesta por Zisserman y Otros [18] obtuvo muy buenos resultados en las tareas de clasificación y ubicación en el desafío de reconocimiento visual a gran escala ImageNet (ILSVRC-2014). La Tabla I muestra las capas que componen esta arquitectura. La primera columna indica el número de capa y el tipo de operación (por ejemplo: $2 \times \text{Conv}$: Convolución, Agr. Max.: max pooling, FC: Capas densas). La segunda columna indica la cantidad de mapas de características. Tamaño: indica la forma de las características de salida de cada una de las capas.

TABLA I
IMPLEMENTACIÓN DE VGG UTILIZANDO EL MODELO PRE-ENTRENADO DE LA LIBRERÍA KERAS [19].

Capa	Mapa de Característica	Tamaño
Entrada	Imagen	1
1	$2 \times \text{Conv}$	64
	Agr. Max.	64
3	$2 \times \text{Conv}$	128
	Agr. Max.	128
5	$2 \times \text{Conv}$	256
	Agr. Max.	256
7	$3 \times \text{Conv}$	512
	Agr. Max.	512
10	$3 \times \text{Conv}$	512
	Agr. Max.	512
13	FC	-
14	FC	-
15	FC	-
Salida	FC	-

El Algoritmo 1 muestra la implementación de la extracción de características. Todas las imágenes en la base de datos fueron redimensionadas a 224×224 para alimentar el modelo VGG16. Llevamos a cabo una vectorización de la capa de submuestreo 10 obteniendo un vector de dimensión $7 \times 7 \times 512 = 25088$ para alimentar la red multicapa.

Algoritmo 1 Extracción de características

Entrada: data, labels, VGG16

Salida: X, y

```

1: X = [], y = []
2: for (image, label) in (data, labels) do
3:   image.resize((224, 224))
4:   feature = VGG16(frame, layer=10)
5:   X.append(feature.flatten())
6:   y.append(label)
7: end for

```

B. Clasificación

Las redes neuronales multicapa se caracterizan por estar compuestas por neuronas organizadas por capas, que suelen dividirse según la función que desempeñan en capas de entrada, ocultas y de salida, con conexiones unidireccionales ponderadas entre ellas (tienen asignado un peso que indica la importancia respecto a las demás):

- Capa de entrada: las neuronas se encargan de introducir los patrones de entrada (recibir las señales del exterior) y propagarlos a todas las neuronas de la siguiente capa.
- Capas ocultas: las neuronas realizan un procesamiento no lineal de los patrones recibidos pasando las salidas a las capas posteriores.
- Capa de salida: actúa como salida de la red proporcionando al exterior la respuesta para cada uno de los patrones de entrada, correspondiéndose estos valores con las etiquetas de las clases objetivo.

El Algoritmo 2 muestra el modelo Perceptrón Multicapa (MLP por sus siglas en inglés) implementado junto con la configuración de entrenamiento supervisada. Como parámetro de entrada, recibe: X_train de tamaño $\#muestras \times 25088$, e y_train de tamaño $\#muestras \times 2$. Los parámetros de red se optimizan minimizando la función de pérdida de entropía cruzada utilizando el descenso de gradiente estocástico con la regla de actualización RMSProp [20].

Algoritmo 2 Definición de la red multicapa

Entrada: X_train, y_train, épocas=20, lote=10

Salida: modelo

```

1: modelo = new neural_network()
2: modelo.add(Dense(200, input_shape=(25088,)))
3: modelo.add(Dense(64, input_shape=(25088,)))
4: modelo.add(Dense(2, activation = 'sigmoide'))
5: modelo.compile(optimizer='RMSProp',
  metrics=['accuracy'])
6: modelo.fit(X_train, y_train, épocas, lote)

```

C. Base de datos y Métricas de Evaluación

El conjunto de datos empleado consiste en 100 imágenes de rayos X del tórax adquiridas en 70 sujetos, todas confirmadas con COVID-19 (disponible en el repositorio de Github), y 1431 imágenes de rayos X de tórax diagnosticadas como neumonía (no COVID-19) de 1008 sujetos [4].

Para medir el rendimiento de detección de nuestra propuesta, empleamos las métricas de sensibilidad, especificidad y área bajo la curva del operador receptor (AUC). La sensibilidad y la especificidad reflejan la proporción de positivos y negativos que se identifican de manera correcta, y el AUC mide el rendimiento general de la clasificación, que es sensible al desequilibrio entre dos clases.

D. Experimentos y Resultados

Nuestro sistema se implementó en Python usando la biblioteca Theano [21], [22] en una computadora Intel CORE i7-6700HQ con memoria DDR3 de 16GB y sistema operativo Ubuntu 16.04. Los experimentos se llevaron a cabo en una GPU NVIDIA Titan Xp montada en un servidor con una configuración similar. La Tabla II resume los resultados obtenidos para el modelo original y sus variaciones: (A) Modelo MLP que se muestra en el Algoritmo 2, tres capas densas de 200, 64 y 2 respectivamente. (B) El modelo original con Dropout entre la capa 2 y 3 con un valor de 0.5. (C) El modelo original con Dropout entre la capa 1 y 2 con un valor de 0.5.

TABLA II
RESULTADOS DE NUESTRA PROPUESTA

Modelo	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	AUC (%)
A	70.00	92.75	94.35
B	72.31	94.97	95.18
C	73.20	96.48	95.35

IV. PLATAFORMA WEB: PROPUESTA

En este trabajo también proponemos implementar una aplicación web que permita gestionar la información, posibilitando a aquellos interesados probar nuestra arquitectura descrita en la sección III. Para desarrollar nuestra plataforma Web se eligieron las siguientes herramientas tecnológicas:

- PHP: Es un lenguaje de programación de uso general, para programación del lado del servidor. Originalmente fue diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. Está actualmente entre los proyectos de código abierto más populares. El código es interpretado por un servidor web con un módulo procesador de PHP que genera como resultado páginas web.
- Laravel: Tiene como objetivo ser un marco de trabajo que permite el uso de una sintaxis elegante y expresiva, para crear código de forma sencilla, y permitiendo múltiples funcionalidades. Intenta aprovechar lo mejor de otros marcos de trabajo y tomar ventaja de las características de las últimas versiones de PHP.
- MySQL: Es el sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto más popular en el mercado. Es desarrollado bajo licencia dual: Licencia pública general/Licencia comercial por Oracle Corporation. Para gestionar gráficamente la base de datos de este proyecto empleamos el entorno MySQL Workbench.
- Bootstrap: Biblioteca multiplataforma de código abierto para diseño de sitios y aplicaciones web. Contiene plantillas de diseño con tipografía, formularios, botones, cuadros, menús de navegación y otros elementos de diseño basados en HTML y CSS, así como extensiones de JavaScript adicionales. A diferencia de muchas plataformas de desarrollo web, solo se ocupa del desarrollo front-end.

La Fig. 3 muestra la estructura Modelo-Vista-Controlador (MVC) que emplea Laravel para poder gestionar la aplicación web. La vista está relacionada con la visualización de una página web incluyendo HTML, CSS y JS, así como los datos del cliente. El controlador es la lógica de una web que sirve como puente de comunicación entre el modelo y la Vista.

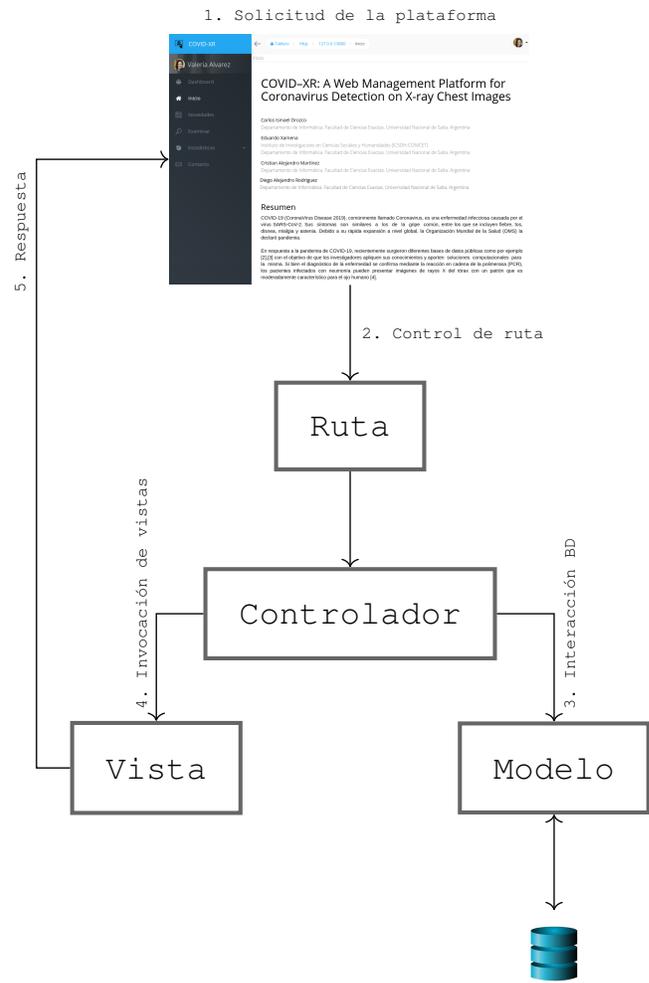


Fig. 3. Comunicación MVC que emplea Laravel.

A. Funcionalidades del Usuario

En la Fig. 4 podemos ver que la plataforma cuenta con un menú lateral. El usuario dispone de una interfaz amigable con opciones claras.



Fig. 4. Pantalla principal del usuario. Cuenta con un menú lateral con diferentes opciones.

Sección Inicio: Muestra una presentación de la plataforma y aspectos importantes de la arquitectura propuesta.

Sección Novedades: muestra un panel de noticias relevantes para la temática del COVID compartidas por el administrador, por ejemplo actualizaciones de algoritmo de clasificación de imágenes. Un ejemplo de esta funcionalidad se presenta en la Fig. 5.

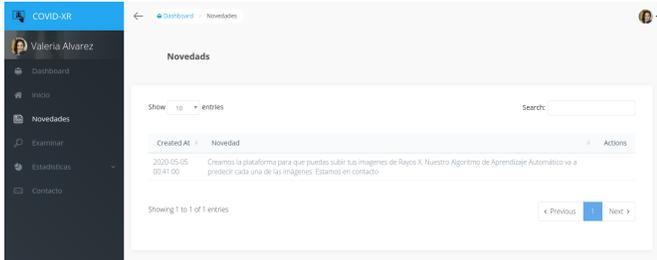


Fig. 5. Funcionalidad Novedades: El usuario recibe información sobre las actualizaciones en la plataforma.

Contacto: muestra un formulario mediante el cual se puede interactuar con los autores de la plataforma, por sugerencias o cualquier tipo de comunicación. Un ejemplo de la funcionalidad se presenta en la Fig. 6.

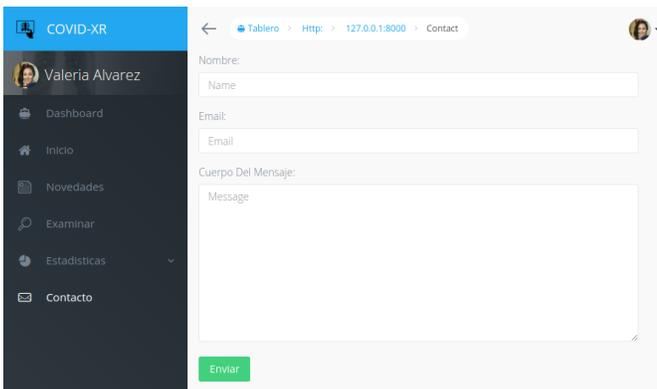


Fig. 6. Funcionalidad Contacto: El usuario puede ponerse en contacto con los administradores por cualquier consulta referida a la plataforma/arquitectura.

Cada usuario cuenta con un módulo de gestión de imágenes (Fig. 7). Cuando agregamos una nueva imagen a examinar (Fig. 8), podemos indicar también si tenemos la certeza de que esa persona tiene o no la enfermedad (ground-truth). Una vez subida una imagen, esta se guarda en la base de datos de la plataforma incluyendo un campo que hace referencia a la predicción de nuestra arquitectura. La utilidad de este módulo es fundamental para la plataforma, ya que permite enriquecer aún más la base de conocimiento de la que dispone el algoritmo de clasificación. Aun considerando la alta precisión del modelo empleado para la detección de COVID, la posibilidad de contar con mayor cantidad de casos reales clasificados mediante otros tests como RT-PCR incrementa la fiabilidad del sistema en su totalidad.

Los administradores de la plataforma podrán efectuar reentrenamientos del modelo cuando lo consideren necesario. Es importante mencionar que estos reentrenamientos pueden

comprometer el rendimiento de la plataforma en línea, por lo que no deben ser realizados muy frecuentemente, pero también se debe mantener actualizado el modelo de clasificación con los cambios en la base de conocimiento y los casos reales de detección (ground-truth) que se agregan día a día. La información aportada por los agentes de salud es de vital importancia para la emisión de diagnósticos certeros desde esta plataforma.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo implementamos un sistema capaz de clasificar una imagen de rayos X en dos clases (1: COVID, 0: No COVID), empleando una red neuronal profunda. Primero, una CNN (VGG16) realiza una extracción de características. Luego se emplea una red neuronal MLP para la clasificación. La misma fue implementada en Python usando la librería Theano [21], [22]. Evaluamos la performance de nuestra propuesta utilizando las métricas de evaluación propuestas en la bibliografía. Obtenemos en el modelo C **73.20**, **96.48**, **95.35** para sensibilidad, Especificidad y AUC respectivamente, resultados competitivos con los obtenidos en la bibliografía.

Implementamos un Sistema de Gestión Web que permite utilizar la arquitectura de una manera clara, sencilla y transparente. La misma fue implementada en PHP utilizando el marco de trabajo Laravel.

Como trabajo futuro vamos a complementar nuestra arquitectura permitiendo utilizar otras CNNs para la extracción de features (por ejemplo ResNet [23], Inception [24] y mobileNet [25]). La plataforma permitirá emplear otras propuestas de la bibliografía como el uso de la arquitectura corNet [26].

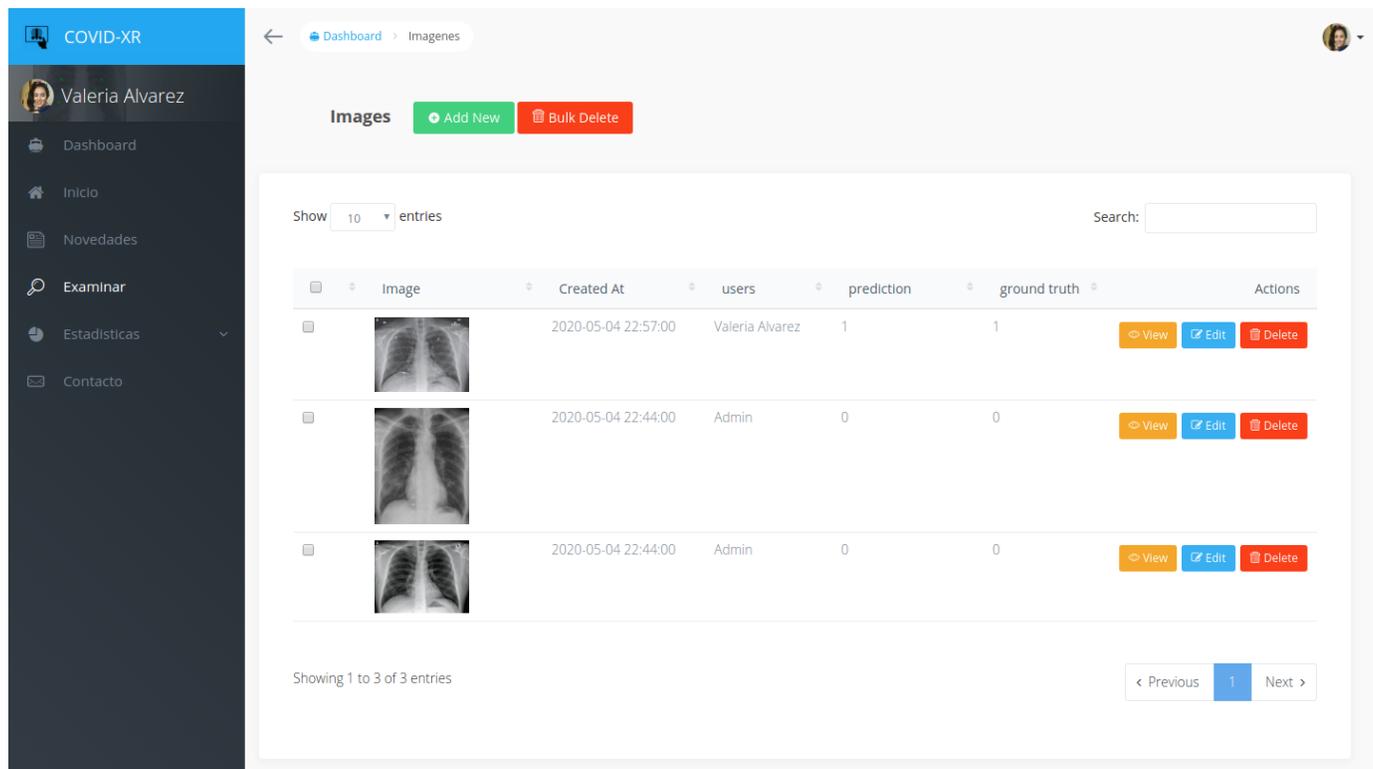


Fig. 7. Funcionalidad Examinar: Los usuarios contarán con un CRUD (módulo de creación y mantenimiento de registros) de imágenes subidas. Cada imagen cuenta con la información de fecha de subida, la predicción del sistema y una columna opcional donde se indica si el paciente padece o no COVID-19.

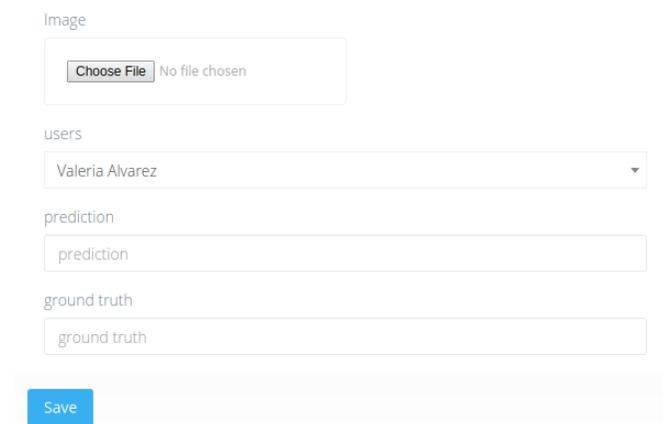


Fig. 8. Modulo de carga de imagen: Cuenta con un selector de archivo para cargar la imagen. Se registra la información del usuario que realiza la carga. La predicción se asienta de manera automática en la base de datos, y se dispone también de la etiqueta de verdad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a NVIDIA por la donación de una GPU TITAN Xp para el Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta. Argentina. Este proyecto se desarrolla con fondos de la Universidad Nacional de Salta (Proyectos CIUNSa C 2659 y CIUNSa A 2364) y de CONICET (Proyecto UE 22920160100056CO).

REFERENCIAS

- [1] Gorbalenya, Alexander E. and Baker, Susan C. and Baric, Ralph S. and de Groot, Raoul J. and Drosten, Christian and Gulyaeva, Anastasia A. and Haagmans, Bart L. and Lauber, Chris and Leontovich, Andrey M and Neuman, Benjamin W. and Penzar, Dmitry and Perlman, Stanley and Poon, Leo L.M. and Samborskiy, Dmitry and Sidorov, Igor A. and Sola, Isabel and Ziebuhr, John, "Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: The species and its viruses – a statement of the coronavirus study group," *bioRxiv*, 2020. [Online]. Available: <https://www.biorxiv.org/content/early/2020/02/11/2020.02.07.937862>
- [2] V. M. Corman, O. Landt, M. Kaiser, R. Molenkamp, A. Meijer, D. K. Chu, T. Bleicker, S. Brünink, J. Schneider, M. L. Schmidt, D. G. Mulders, B. L. Haagmans, B. van der Veer, S. van den Brink, L. Wijsman, G. Goderski, J.-L. Romette, J. Ellis, M. Zambon, M. Peiris, H. Goossens, C. Reusken, M. P. Koopmans, and C. Drosten, "Detection of 2019 novel coronavirus (2019-ncov) by real-time rt-pcr," *Eurosurveillance*, vol. 25, no. 3, 2020. [Online]. Available: <https://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.3.2000045>
- [3] E. Chen, K. Lerman, and E. Ferrara, "Covid-19: The first public coronavirus twitter dataset," *arXiv preprint arXiv:2003.07372*, 2020.
- [4] X. Wang, Y. Peng, L. Lu, Z. Lu, M. Bagheri, and R. M. Summers, "Chestx-ray8: Hospital-scale chest x-ray database and benchmarks on weakly-supervised classification and localization of common thorax diseases," *CoRR*, vol. abs/1705.02315, 2017. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1705.02315>
- [5] J. M. Franco-Valiente, M. A. Guevara-López, and R. Ramos-Pollán, *Multidisciplinary Collaboration for the Development of Innovative Solutions in Health Care: The Case of the IMED Project*. Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 363–370. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-319-12178-9_30
- [6] J. M. F. Valiente, C. S. Ortega, M. R. del Solar, G. D. Herrero, R. R. Pollán, M. A. G. López, N. G. de Posada, D. Moura, I. Ramos, and J. Loureiro10, "Miwad: A software suite for building cad methods," in *15th International Conference on Experimental Mechanics (22-17 July 2012), Porto, Portugal*, 2012.
- [7] M. A. Gavrielides, Q. Li, R. Zeng, Q. Gong, K. Myers, B. Sahiner, and N. Petrick, "Detectable change of lung nodule volume with CT in a phantom study with high and low signal to background contrast,"

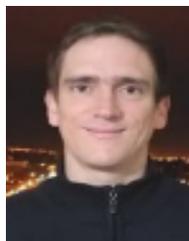
in *Medical Imaging 2016: Physics of Medical Imaging*, D. Kontos and T. G. Flohr, Eds., vol. 9783, International Society for Optics and Photonics. SPIE, 2016, pp. 575 – 582. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1117/12.2217887>

- [8] C. M. Corcoran, F. Carrillo, D. Fernández-Slezak, G. Bedi, C. Klim, D. C. Javitt, C. E. Bearden, and G. A. Cecchi, “Prediction of psychosis across protocols and risk cohorts using automated language analysis,” *World Psychiatry*, vol. 17, no. 1, pp. 67–75, 2018.
- [9] L. G. C. Evangelista and E. B. Guedes, “Ensembles of convolutional neural networks on computer-aided pulmonary tuberculosis detection,” *IEEE Latin America Transactions*, vol. 17, no. 12, pp. 1954–1963, 2019.
- [10] B. Kayalibay, G. Jensen, and P. van der Smagt, “Cnn-based segmentation of medical imaging data,” *CoRR*, vol. abs/1701.03056, 2017. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1701.03056>
- [11] P. A. R. y Yanina Enriquez Valencia y Carlos Quiroz Carrillo y Edward Valencia Ayala y Joel de León Delgado y Arturo Pareja Cruz, “Pruebas diagnósticas para la covid-19: la importancia del antes y el después,” *Horizonte Médico (Lima)*, vol. 20, no. 2, p. e1231, 2020. [Online]. Available: <http://www.horizontemedico.usmp.edu.pe/index.php/horizontemed/article/view/1231>
- [12] M.-Y. Ng, E. Y. Lee, J. Yang, F. Yang, X. Li, H. Wang, M. M.-s. Lui, C. S.-Y. Lo, B. Leung, P.-L. Khong *et al.*, “Imaging profile of the covid-19 infection: radiologic findings and literature review,” *Radiology: Cardiothoracic Imaging*, vol. 2, no. 1, p. e200034, 2020.
- [13] Y. Fang, H. Zhang, J. Xie, M. Lin, L. Ying, P. Pang, and W. Ji, “Sensitivity of chest ct for covid-19: comparison to rt-pcr,” *Radiology*, p. 200432, 2020.
- [14] A. Bernheim, X. Mei, M. Huang, Y. Yang, Z. A. Fayad, N. Zhang, K. Diao, B. Lin, X. Zhu, K. Li *et al.*, “Chest ct findings in coronavirus disease-19 (covid-19): Relationship to duration of infection,” *Radiology*, p. 200463, 2020.
- [15] X. Xu, X. Jiang, C. Ma, P. Du, X. Li, S. Lv, L. Yu, Y. Chen, J. Su, G. Lang *et al.*, “Deep learning system to screen coronavirus disease 2019 pneumonia,” *arXiv preprint arXiv:2002.09334*, 2020.
- [16] O. Gozes, M. Frid-Adar, H. Greenspan, P. D. Browning, H. Zhang, W. Ji, A. Bernheim, and E. Siegel, “Rapid ai development cycle for the coronavirus (covid-19) pandemic: Initial results for automated detection & patient monitoring using deep learning ct image analysis,” *arXiv preprint arXiv:2003.05037*, 2020.
- [17] J. Zhang, Y. Xie, Y. Li, C. Shen, and Y. Xia, “Covid-19 screening on chest x-ray images using deep learning based anomaly detection,” 2020.
- [18] K. Simonyan and A. Zisserman, “Very deep convolutional networks for large-scale image recognition,” *arXiv preprint arXiv:1409.1556*, 2014.
- [19] F. Chollet *et al.*, “Keras,” <https://keras.io>, 2015.
- [20] Y. Dauphin, H. de Vries, and Y. Bengio, “Rmsprop and equilibrated adaptive learning rates for non-convex optimization,” in *NIPS*, 2015.
- [21] F. Bastien, P. Lamblin, R. Pascanu, J. Bergstra, I. J. Goodfellow, A. Bergeron, N. Bouchard, and Y. Bengio, “Theano: new features and speed improvements,” *Deep Learning and Unsupervised Feature Learning NIPS 2012 Workshop*, 2012.
- [22] J. Bergstra, O. Breuleux, F. Bastien, P. Lamblin, R. Pascanu, G. Desjardins, J. Turian, D. Warde-Farley, and Y. Bengio, “Theano: a CPU and GPU math expression compiler,” in *Proceedings of the Python for Scientific Computing Conference (SciPy)*, Jun. 2010, oral Presentation.
- [23] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, “Deep residual learning for image recognition,” in *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016, pp. 770–778.
- [24] C. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet, S. E. Reed, D. Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke, and A. Rabinovich, “Going deeper with convolutions,” *CoRR*, vol. abs/1409.4842, 2014. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1409.4842>
- [25] A. G. Howard, M. Zhu, B. Chen, D. Kalenichenko, W. Wang, T. Weyand, M. Andreetto, and H. Adam, “Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications,” *CoRR*, vol. abs/1704.04861, 2017. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1704.04861>
- [26] S. Khobahi, C. Agarwal, and M. Soltanalian, “Coronet: A deep network architecture for semi-supervised task-based identification of covid-19 from chest x-ray images,” *medRxiv*, 2020. [Online]. Available: <https://www.medrxiv.org/content/early/2020/04/17/2020.04.14.20065722>



Informática. Universidad Nacional de Salta.

Carlos Ismael Orozco Lic. en Análisis de Sistemas. Universidad Nacional de Salta (2013). Investigador Categoría V (Ingeniería) de acuerdo a la Secretaría de Políticas Universitarias SPU. Actualmente Doctorando en Ciencias de la Computación – Universidad de Buenos Aires. Argentina. Grupo de Investigación Procesamiento de Imágenes y Visión por Computadora. Entre sus áreas de interés se destacan el procesamiento de imágenes y redes neuronales profundas. Se desempeña como Jefe de Trabajos Prácticos en el Departamento de



lleva a cabo diversas investigaciones en temáticas que involucran Machine Learning, Procesamiento del Lenguaje Natural y Minería de Datos, para la extracción de información relevante en los campos de la Historia Argentina y los grandes volúmenes de información de la Justicia Provincial (Salta). También dirige trabajos sobre extracción de textos provenientes de manuscritos históricos en condiciones de deterioro y recuperación de información sobre grandes volúmenes de textos digitales originados en el ámbito de la Justicia.

Eduardo Xamena Doctor en Ciencias de la Computación. Investigador Asistente de CONICET, en el Instituto de Investigaciones en Ciencias Sociales y Humanidades (ICSOH) - CONICET - Universidad Nacional de Salta (UNSa), e Investigador Categoría IV del Programa de Incentivos de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU). Docente Universitario en la Facultad de Ciencias Exactas - UNSa. Desarrolló su Doctorado en temas relacionados a la Recuperación de Información y a la Ingeniería. En la actualidad



Cristian Alejandro Martínez Dr. en Ciencias de la Computación (UBA) y Esp en Docencia Universitaria (UNSa). Investigador Categoría III del Programa de Incentivos de la Secretaría de Políticas Universitarias. Sus áreas de interés en investigación son Optimización, Minería de Datos y Procesamiento de Imágenes. Actualmente es Profesor Asociado del Departamento de Informática de la Universidad Nacional de Salta (UNSa) y dicta materias relacionadas con Optimización, Minería de Datos y Desarrollo Móvil.



Diego Alejandro Rodríguez Dr. en Ciencias de la Computación, Universidad Nacional del Sur. Lic. en Análisis de Sistemas, Universidad Nacional de Salta. Investigador Categoría IV de acuerdo a la Secretaría de Políticas Universitarias SPU. Grupo de Investigación Optimización. Entre sus áreas de interés se destacan Optimización Combinatoria e Inteligencia Artificial. Se desempeña como profesor Adjunto en el Departamento de Informática. Universidad Nacional de Salta.