**Reconocimiento de enfermedades palpebrales a partir de un clasificador de Deep Learning**

Juan Esteban Escobar Moreno

Saúl Darío Gómez Castrillón

Ingeniería de Telecomunicaciones

Profesor: Carlos Andrés Madrigal

Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM

Facultad de Ingenierías

Antioquia

Medellín, Colombia

2020

RESUMEN

Las enfermedades palpebrales afectan a personas de todas las edades, en todo el mundo unas 100 millones de personas la padecen. En La detección temprana de los síntomas de una posible enfermedad palpebral hay una gran oportunidad de evitar problemas estéticos de quienes la padecen, en el 90 % de los casos los pacientes diagnosticados que reciben tratamiento a tiempo responden de manera positiva a este. La manera de diferenciar los síntomas es por medio de causas diferentes. Un modelo de reconocimiento de dichas enfermedades puede significar una herramienta importante para un diagnóstico prematuro, ya que brinda al ser humano la posibilidad de evitar pasar por un mal momento y a no tener baja autoestima, ya que estas enfermedades son muy visibles lo cual a muchas personas les puede afectar en gran medida por temas de vanidad, estética y sobre todo de salud. Por otra parte ayuda a los centros hospitalarios a estructurar servicios a la medida de las necesidades de sus pacientes y realizar campañas de prevención e intervención de las personas diagnosticadas con estas enfermedades.

Se analiza a detalle las bases de datos para comprender sus características, se organiza y adapta para la aplicación al modelo, se define la arquitectura más óptima de acuerdo a los resultados de la fase de entrenamiento y se concluye que es una herramienta útil, teniendo en cuenta el análisis de la matriz de confusión y la de precisión, la especificidad y la sensibilidad del modelo. El clasificador se desarrolla por medio de una técnica de inteligencia artificial llamada aprendizaje profundo de máquinas, utilizando una arquitectura perceptrón multicapa.

Los resultados muestran que utilizando el clasificador es posible realizar una detección temprana de las enfermedades palpebrales y ayudar a prevenir problemas de autoestima y principalmente de salud, utilizando un modelo óptimo, adecuado para el problema y teniendo en cuenta la importancia de los parámetros de la arquitectura usada para una correcta optimización del mismo.

***Palabras clave*:** Enfermedades palpebrales, Entropion, Ectropion, Inteligencia artificial, Redes neuronales, Machine learning, Perceptrón multicapa, Transfer learning

RECONOCIMIENTOS

Primero que todo agradecer a Dios por darnos salud y fuerza para realizar nuestros estudios y permitirnos graduarnos de ingeniería de Telecomunicaciones.

A nuestras familias por brindarnos su apoyo incondicional mientras realizábamos nuestros estudios y cumplíamos cada una de nuestras metas. Este es un logro que nos llena de satisfacción.

A los docentes Carlos Andrés Madrigal González, Rubén Darío Fonnegra y José Fernando Pamplona quienes nos estuvieron acompañando en el diplomado de “Fundamentos y Aplicaciones de Deep Learning”, Ya que fueron los encargados de proporcionarnos todas las bases, así como los algoritmos, librerías y lenguajes de programación más utilizados en esta disciplina y finalmente a todas las personas que directa o indirectamente proporcionaron los conocimientos necesarios y contribuyeron para finalizar este trabajo de investigación.

ACRÓNIMOS

RNN Recurrent Neural Network

ML Machine Learning

MPL Perceptrón multicapa

BP Backpropagation

GANs Adversary Generative Neural Networks

TL Transfer learning

CNN Redes neuronales convulsivas

LSTM Long short-term memory

AE AutoEncoders

GRU Gated Recurrent Units

TABLA DE CONTENIDO

[1. INTRODUCCIÓN 6](#_Toc24204349)

[2. MARCO TEÓRICO 7](#_Toc24204350)

[3. METODOLOGÍA 8](#_Toc24204351)

[4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 9](#_Toc24204352)

[5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO 10](#_Toc24204353)

[REFERENCIAS 11](#_Toc24204354)

[ANEXOS 12](#_Toc24204355)

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la sociedad se enfrenta a múltiples enfermedades que ponen en riesgo la salud de la humanidad, algunas de estas se caracterizan por la alteración de los ojos dando a entender que cualquier persona a cualquier edad se puede ver afectada a gran medida por estas. El desarrollo de alternativas que permitan controlar las enfermedades es un reto cada vez mayor para el ser humano, todo esto ha llevado a desarrollar investigaciones y a posicionar grandes industrias en el mercado como la farmacéutica para apoyar el control y prevención de dichas enfermedades. Las enfermedades palpebrales más comunes en la actualidad son Chalazión, Ptosis y Orzuelo, esto afecta a gran cantidad de personas y debido a esto, se han realizado estudios de cómo afecta la vida de las personas. La gran mayoría de estas enfermedades son tan visibles y desagradables que a muchas personas las afecta tanto física como psicológicamente.

Al padecer estas enfermedades tan frecuentes, en algunos aspectos se deteriora la calidad de vida de las personas, debido a esto surge la necesidad de facilitar la vida de los pacientes mediante herramientas que permitan el descubrimiento temprano de los síntomas para generar alertas, estrategias y servicios que ayuden al paciente a prevenir o tratar las infecciones generadas. Este es uno de los principales motivos para desarrollar este proyecto. Aunque la mayoría de las personas con enfermedades palpebrales llevan vidas plenas y activas, algunas también tienen que optar por realizarse cirugías a causa de enfermedades palpebrales que solo pueden ser intervenidas por cirugías plásticas.

Además, como una alternativa innovadora que ha servido como solución a problemas en diferentes industrias y sectores económicos, la inteligencia artificial llego al mundo para quedarse y por mucho tiempo. Esta ha brindado al ser humano la posibilidad de tener comodidades nunca pensadas y desarrollar herramientas que faciliten y promuevan una calidad de vida deseada a la mayoría de las personas. Muchas de las aplicaciones de la robótica han servido para realizar tareas potencialmente peligrosas para el ser humano como la manipulación de explosivos o desechos tóxicos, también se han desarrollado herramientas capaces de reconocer el lenguaje humano, hacer traducción de idiomas o sistemas capaces de reproducir el comportamiento humano inclusive tomando decisiones. Una de las áreas más relevantes de la inteligencia artificial por su escalabilidad y su aporte al conocimiento y modelación de los problemas actuales es el aprendizaje de máquinas o Machine Learning, gracias a que es un área que permite manejar la gran cantidad de datos generados por el ser humano en la actualidad. Dentro de las aplicaciones del aprendizaje de máquinas surge el aprendizaje profundo, que permite entrenar una maquina por medio de una red neuronal artificial para que aprenda sobre la relación de algún tipo de datos y pueda generar un “concepto” que posteriormente pueda ser interpretado por el ser humano.

La predicción del clima, la clasificación de datos, o la aproximación al valor de una propiedad horizontal de acuerdo a características como el área, la ubicación o la cantidad de habitaciones son algunas aplicaciones del aprendizaje profundo de máquinas. Debido a esto, consideramos que es una herramienta útil para la clasificación ya que sirve como apoyo de un diagnóstico diferencial en las enfermedades palpebrales, por parte del especialista u oculoplastico o parte de oftalmólogos en general.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un programa computacional para clasificar las diferentes enfermedades palpebrales que se generan hoy, Para resolver este problema se utilizará una red neuronal llamada perceptrón multicapa que es una arquitectura donde convergen varias neuronas conectadas entre sí en varias capas para generar un “concepto” que es entregado por la red como un número y luego este es interpretado por el programador de la red como un resultado óptimo o no.

**Objetivo General**

* Desarrollar una herramienta computacional para clasificar y diferenciar las enfermedades palpebrales por medio de inteligencia artificial el cual sirva de apoyo de un diagnóstico diferencial en las enfermedades palpebrales, por parte de un especialista.

**Objetivos Específicos**

* Seleccionar y entrenar el modelo más adecuado de acuerdo a las técnicas de validación de precisión, especificidad, sensibilidad y matriz de confusión.
* Entender, organizar y adaptar la base de datos para entrenar el clasificador.

Este trabajo cuenta con una serie de palabras y conceptos los cuales serán definidos a lo largo del marco teórico y la sección de acrónimos y que son de vital importancia para una correcta comprensión del ejercicio. El trabajo está distribuido en 5 capítulos iniciando con la introducción, posteriormente el marco teórico donde se definirán los conceptos en mención, luego en la metodología se hará una mención del procedimiento para desarrollar el clasificador y sus parámetros principales, más adelante se encontraran los resultados donde se presentaran algunas tablas y se analizará el comportamiento del clasificador de acuerdo a algunas técnicas de validación, para posteriormente entrar a la sección final donde se encontraran las conclusiones más importantes del trabajo, las recomendaciones y algunas sugerencias para la ejecución de trabajos futuros.

1. MARCO TEÓRICO

**2.1 Enfermedades Palpebrales**

Las enfermedades palpebrales son infecciones que se dan en los parpados por diferentes motivos, los cuales pueden ser tratados y controlados por medio de soluciones respectivas para cada tipo de enfermedad, algunas exigen proceso quirúrgico, otras con ciertos tratamientos se puede controlar y prevenir estas enfermedades que atentan contra la salud y la autoestima de las personas.

Los párpados son estructuras anatómicas fundamentales para la protección ocular y como cualquier otra parte del cuerpo, son susceptibles de sufrir alguna enfermedad, también incluyen diversas enfermedades como pueden ser, las malposiciones palpebrales como el párpado caído, tumores, reconstrucciones, problemas de lagrimeo y muchas otras patologías. (alegre, 2016)

**2.2 Tipos de Enfermedades Palpebrales**

Los párpados pueden infectarse, inflamarse o desarrollar cáncer, así como manifestar otro tipo de enfermedades. A continuación vamos a detallar algunos tipos de enfermedades más comunes y que causan más visitas al oftalmólogo:

**2.2.1 Blefarochalasis**

Es un síndrome caracterizado por exceso de piel, inflamación y laxitud excesiva en los párpados. Los pacientes que poseen esta enfermedad tienen el tejido de los párpados suelto, lo cual hace que se plieguen formando arrugas y generando mayor peso.

La patología se puede presentar en personas jóvenes, pero fundamentalmente se desarrolla con el progreso de la edad, ya que los [párpados](http://cirugiaocularcba.com.ar/especialidades/cirugia-de-parpados/) comienzan a estirarse, la grasa se acumula alrededor de los ojos y se forman bolsas tanto en la zona superior como en la inferior.

**2.2.2 Orzuelo o tumor de parpado**

Protuberancia rojiza (tipo grano) que se genera por una infección bacteriana de las glándulas sebáceas, donde se encuentran las pestañas. Se puede registrar más de uno al mismo tiempo. [La causa más frecuente de su aparición](https://www.coc.es/orzuelos-cuando-aparecen/) es una mala higiene palpebral, aunque también puede producirse por cambios hormonales o estrés.

Generalmente no es grave pero suele producir una sensación arenosa o irritante en el ojo, sensibilidad a la luz, lagrimeo e incluso en algunos casos dolor. Mientras no se resuelve el orzuelo debemos evitar el uso de lentes de contacto o maquillaje.

**2.2.3 Chalazión**

Protuberancia en el párpado, causada por un bloqueo de una pequeña glándula sebácea ubicada detrás de las pestañas. Normalmente se desarrolla después de un orzuelo interno.

Aunque es indolora, el párpado puede estar enrojecido, sensible, inflamado y caliente. Si el crecimiento continúa, se debe extirpar con cirugía o utilizar alguna inyección.

**2.2.4 Ptosis palpebral**

Es la caída del párpado superior. Surge, habitualmente, por una disfunción del músculo elevador, debido a causas degenerativas o congénitas.

Existen distintos tipos de ptosis y aunque no se puede prevenir sí se puede detectar fácilmente en fases iniciales. Incluso es posible actuar antes de que el campo visual quede afectado y de que el efecto antiestético que provoca sea muy pronunciado. Su corrección previene la tortícolis y dolor cervical asociados. (Themes, 2017)

**2.2.5 Entropion**

El borde libre del párpado se invierte contra el globo ocular. La piel del margen palpebral y las pestañas rozan contra la córnea y la conjuntiva causando irritación y enrojecimiento pudiendo provocar erosiones en algunos casos.

La causa más frecuente de su aparición es la relajación de los tejidos debida al envejecimiento. También puede aparecer como resultado de una parálisis del nervio facial, traumatismos, cicatrices o cirugías. No se puede prevenir, pero puede detectarse a tiempo y corregirse.

**2.2.6 Ectropion**

En este caso el borde libre del párpado se gira hacia afuera. Es más frecuente que el entropion y se debe a las mismas causas. Al igual que en el caso anterior, el ectropión no se puede prevenir pero sí puede corregirse.

**2.2.7 Triquiasis**

Es una patología que se caracteriza por el crecimiento anormal de las pestañas, en vez de salir hacia afuera, lo hacen hacia el interior del ojo.

Las personas que sufren esta patología, presentan molestias constantes en los ojos, ya que las pestañas se mantienen en contacto con superficies oculares delicadas, provocando sequedad e irritación.

Cuando las pestañas crecen hacia el interior del ojo, tocan constantemente la córnea transparente, esto puede producir graves problemas en los ojos, incluso llegar a provocar pérdida de visión. (Themes, 2017)

**2.2.8 xantelasmas**

Es un pequeño tumor benigno o levantamiento graso también conocido como estrés de colesterol. Está situado alrededor del párpado cerca del canto interno (nasal). Se presenta en forma de placa amarillenta y suele aparecer en ambos ojos tanto en el párpado inferior como en el superior.

**2.2.9 blefaritis**

Es una inflamación del párpado que afecta la producción de pestañas o lágrimas, la blefaritis aparece cuando se inflaman las pequeñas glándulas sebáceas del párpado interno. Suele ocurrir junto con otras enfermedades de la piel o alergias.

Los síntomas incluyen enrojecimiento y comezón en los párpados, que pueden presentar costras y un aspecto grasoso. Uno de los síntomas es la sequedad de los ojos.

El tratamiento consiste en limpiar los párpados, usar colirios con antibióticos o esteroides, y tratar las afecciones subyacentes. Sin embargo, la blefaritis suele ser recurrente.

**2.3 Inteligencia artificial – Redes neuronales – Aprendizaje profundo**

**2.3.1 inteligencia artificial**

Es la simulación de procesos de inteligencia humana por parte de máquinas, especialmente sistemas informáticos. Estos procesos incluyen el aprendizaje (la adquisición de información y reglas para el uso de la información), el razonamiento (usando las reglas para llegar a conclusiones aproximadas o definitivas) y la autocorrección. [Las aplicaciones particulares de la AI incluyen sistemas expertos, reconocimiento de voz y visión artificial](https://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/La-inteligencia-artificial-es-critica-para-el-crecimiento-del-negocio).

(2019-02-05), ¿Qué es Inteligencia artificial, o AI? - Definición en WhatIs.com <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Inteligencia-artificial-o-AI>

El aprendizaje automático es la ciencia de conseguir que una computadora actúe sin programación. El [aprendizaje profundo](https://searchdatacenter.techtarget.com/definicion/Aprendizaje-profundo-deep-learning) es un subconjunto del aprendizaje automático que, en términos muy simples, puede considerarse como la automatización [de la analítica predictiva](https://searchdatacenter.techtarget.com/definicion/Analitica-predictiva-o-analisis-predictivo). Existen tres tipos de algoritmos de aprendizaje automático: el aprendizaje supervisado, en el que los conjuntos de datos están etiquetados para que los patrones puedan ser detectados y utilizados para etiquetar nuevos conjuntos de datos; el aprendizaje no supervisado, en el que los conjuntos de datos no están etiquetados y se clasifican de acuerdo a similitudes o diferencias; y el aprendizaje de refuerzo, en el que los conjuntos de datos no están etiquetados, pero después de realizar una acción o varias acciones, el sistema de AI recibe retroalimentación.

**2.3.2. Elementos básicos en una red neuronal.**

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) son sistemas hardware o software, de procesamiento, que copian esquemáticamente la estructura neuronal del cerebro para tratar de reproducir sus cualidades. Por lo tanto, las RNA son capaces de aprender de la experiencia a partir de señales o datos provenientes del exterior. Un sistema neuronal está compuesto por los siguientes elementos:

1. Un conjunto de procesadores elementales o neuronas artificiales.

2. Un patrón de conectividad o arquitectura.

3. Una dinámica de activaciones.

4. Una regla o dinámica de aprendizaje.

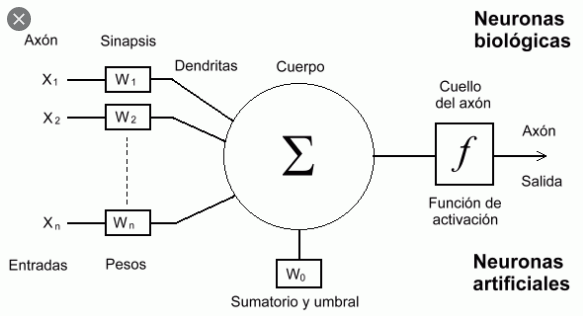
5. El entorno donde opera

Del Brío, B. (2002). Redes neuronales y sistemas difusos. Alfaomega, Universidad de Zaragoza,

**2.3.3 Modelo general de neurona artificial**

Una neurona se puede considerar como una unidad de cálculo, que a partir de un vector de entrada procedente del exterior o de otras neuronas, proporciona una única respuesta o salida. El la figura 3.1 siguiente se muestran los elementos que constituyen una neurona artificial i.

* Un conjunto de entradas, xj (t).
* Los pesos sinápticos, wij que representan la intensidad de interacción entre cada neurona presináptica j y la neurona postsináptica i.
* La regla de propagación σ(wij , xj (t)), que proporciona el valor del potencial postsináptico hi(t) = σ(wij , xj (t)) de la neurona i en función de sus pesos y entradas.
* La función de activación fi(ai(t − 1), hi(t)), que proporciona el estado de activación actual ai(t) = fi(ai(t−1), hi(t)) de la neurona i, en función de su estado anterior ai(t − 1) y del potencial postsináptico actual.
* La función de salida Fi(ai(t)), que proporciona la salida actual yi(t) = Fi(ai(t)) de la neurona i en función de su estado de activación. Basados en lo anterior, la operación de la neurona i puede expresarse como: yi(t) = Fi(fi [ai(t − 1), σi(wij , xj (t))])



**2.3.4 Topología o arquitectura de una red neurona artificial**

Cuando se habla de la arquitectura de la red neuronal nos referimos a la forma de conexión de ésta. En una RNA los nodos se conectan por medio de sinapsis, y ésta estructura de conexión determinará el comportamiento de la red.

Las RNA están compuestas por neuronas interconectadas y arregladas en una o varias capas, la capa de entrada, las capas ocultas y la capa de salida, los datos de entrada pasan a través de la capa oculta y salen por la capa de salida. Las conexiones entre las neuronas pueden ser excitadoras, cuando un peso sináptico es positivo o inhibitorias cuando es negativo. Estas conexiones no se definen a priori, es por medio del aprendizaje que se obtiene un valor para el peso, que incluye signo y magnitud. Por otro lado, si se tiene en cuenta el flujo de los datos en la RNA podemos hablar de redes unidireccionales y redes recurrentes. En las primeras la información circula en un único sentido, de atrás hacia adelante. Mientras que en las redes recurrentes o realimentadas la información puede circular entre las capas en cualquier sentido.

**2.3.5 El perceptrón multicapa**

El perceptrón multicapa evoluciona del perceptrón simple y para ello incorpora capas de neuronas ocultas, con esto consigue representar funciones no lineales.  
El perceptrón multicapa está compuesto por una capa de entrada, una capa de salida y n capas ocultas entremedias.  
Se caracteriza por tener salidas disjuntas pero relacionadas entre sí, de tal manera que la salida de una neurona es la entrada de la siguiente, en el perceptrón multicapa se pueden diferenciar unas dos fases:

1. Propagación en la que se calcula el resultado de salida de la red desde los valores de entrada hacia delante.
2. Aprendizaje en la que los errores obtenidos a la salida del perceptrón se van propagando hacia atrás (backpropagation) con el objetivo de modificar los pesos de las conexiones para que el valor estimado de la red se asemeje cada vez más al real, este aproximación se realiza mediante la función gradriente del error.

**Capa de entrada:** conecta la red con el exterior, cada neurona se corresponde con cada una de las variables de entrada de la red.

**Capas ocultas:** son una aglomeración de capas en as que cada activación de una salida procede de la suma ponderada de las activaciones de la capa anterior conectadas, mas sus correspondientes umbrales (bias, sesgos).

**Capa de salida:** conecta las capas ocultas con la salida de la red que proporciona los resultados. (Calvo, 2018) <https://www.diegocalvo.es/perceptron-multicapa/>

**2.3.6 Función de activación**

En redes computacionales, la Función de Activación de un nodo define la salida de un nodo dada una entrada o un conjunto de entradas. Se podría decir que un circuito estándar de computador se comporta como una red digital de funciones de activación al activarse como "ON" (1) u "OFF" (0), dependiendo de la entrada. Esto es similar al funcionamiento de un [Perceptrón](https://es.wikipedia.org/wiki/Perceptr%C3%B3n) en una [Red neuronal artificial](https://es.wikipedia.org/wiki/Red_neuronal_artificial).

En este proyecto se utilizara la función sigmoidal, Se trata de una función continua no lineal. La función sigmoidal posee un rango comprendido entre 0 y 1. Esto, aplicado a las unidades de proceso de una red neuronal artificial significa que, sea cual sea la entrada, la salida estará comprendida entre 0 y1.

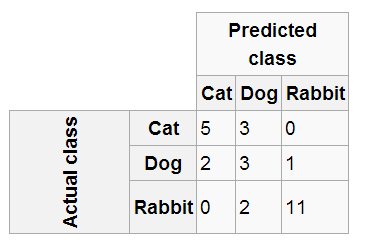
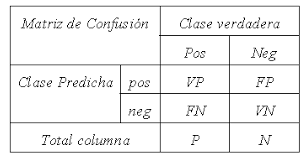
**2.3.7 Técnicas de Validación**

La validación permite conocer cómo se comporta un clasificador ante el ingreso de ejemplos nuevos, con el fin de verificar su comportamiento bajo diferentes circunstancias.

Debido a que es imposible entrenar el clasificador con todas las posibles situaciones, se corre el riesgo de un aprendizaje erróneo donde no sea capaz de generalizar.

Causas:

* Conjunto de entrenamiento escaso o no representativo.
* Arquitectura de la red inadecuada
* Matriz de confusión: muestra la distribución de los errores cometidos por un clasificador a lo largo de las distintas categorías del problema.



**2.3.8 Medición del rendimiento del Clasificador:**

Es necesario definir los indicadores que nos permitirán evaluar el rendimiento del clasificador seleccionado y hacer comparaciones entre distintos registros de señales. Para la medición del rendimiento del clasificador se utilizarán 3 indicadores:

* Precisión
* Sensibilidad
* Especificidad

Para interpretar los resultados obtenidos para cada indicador, a continuación, se detalla el significado de cada uno de ellos. Pero antes, es necesario introducir la matriz de confusión, característica que todo clasificador posee.

Dado un clasificador y una instancia determinada, hay 4 posibles salidas al mismo:

* Instancia positiva clasificada como positiva: Positivo Verdadero
* Instancia positiva clasificada como negativa: Falso Negativo
* Instancia negativa clasificada como negativa: Negativo Verdadero
* Instancia negativa clasificada como positiva: Falso Positivo

**2.3.9 Validez, sensibilidad y especificidad**

Es evidente que una buena prueba diagnóstica es la que ofrece resultados positivos en enfermos y negativos en sanos. Una de las condiciones exigidas a un test como el que se presenta en este trabajo, es el de validez. La validez se puede definir como la frecuencia con que es confirmado el test por procedimientos más complejos y rigurosos. La sensibilidad y la especificidad de un test son medidas de su validez. La sensibilidad es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo enfermo, es decir, la probabilidad de que para un sujeto enfermo se obtenga en la prueba un resultado positivo. Por otro lado, la especificidad es la probabilidad de clasificar correctamente un individuo sano, es decir, la probabilidad de que para un sujeto sano se obtenga un resultado negativo.

**2.3.10 Regularización**

Son un conjunto de técnicas que ayudan a que los modelos de aprendizaje puedan converger con capacidades de generalización.

**Dropout**

Consiste en remover aleatoria y temporalmente unidades (neuronas) de las capas internas y ocultas de la red neuronal. Lo probabilidad de remover una unidad está dada por p, la cual puede ser considerada una variable a optimizar o simplemente establecerla en 0.5, probabilidad que resulta ser cercana a la óptima para la varios de casos estudiados.  
  
Es una técnica para generar la regularización de una red. Se basa en la desactivación de algunas neuronas de la red ya que pueden estar saturadas y no son útiles en el proceso de aprendizaje. Dropout solo se aplica en el proceso de entrenamiento.

### (Antonio, 2018)

### [Técnica para reducir overfitting en redes neuronale](https://www.troomes.com/viewtopic.php?t=915#p1243)s

1. METODOLOGÍA

**2.1 Pre procesamiento y Base de datos**

La base de datos se extrajo de imágenes de pacientes tratados con enfermedades del parpado en la Clínica de Especialidades Oftalmológicas, aunque debido a permisos legales y de consentimientos informados de los pacientes en las imágenes, se restringe el volumen de la base de datos. Se complementa con imágenes extraídas de varias páginas de internet donde cuya principal actividad es la cirugía estética.

Las ocho clases de enfermedades representadas en el trabajo son:

1. Blefarochalasis
2. Ptosis de parpado
3. Chalazión
4. Triquiasis
5. Ectropión
6. Tumor del parpado
7. Blefaritis
8. Xantelasmas

Estas son las 8 enfermedades más comunes del parpado. Es un error pretender realizar un diagnóstico diferencial de estas enfermedades por medio de un algoritmo que las clasifique con solo una fotografía, debido a que muchas de estas enfermedades tienen los mismos signos y síntomas. Por lo tanto, se hace necesario una base de datos más exhaustiva que nos permita diferencias estas enfermedades. Esto asociado a una base de datos de signos y síntomas por enfermedad permitirá realizar un mejor diagnóstico.

La base de datos fue preprocesada manualmente y con la ayuda de dos algoritmos en Python, para dividirlas en imágenes de entrenamiento e imágenes de pruebas. Además de realizar un aumento de la base de datos para poder tener suficientes ejemplos de entrenamiento.

* 1. **Arquitectura o modelo computacional**

Para la clasificación de las enfermedades palpebrales se utilizaron una arquitectura convolucional como Extractor de características y una arquitectura perceptrón multicapa como clasificador. La extracción de características se realiza con 7 capas convolucionales, filtros de 3x3, padding same, max pooling de 2, y con 60, 120, 240, 480, 800, 480, 800 filtros respectivamente. La capa MPL cuenta con dos capas ocultas de 256 neuronas cada una, y una salida de 8 clases. Cada capa cuenta como función de activación RELU, excepto la última capa con función softmax.

Por otra parte, se utilizó un factor de aprendizaje de 0.0001 y se entrena la red con todos los ejemplos de entrenamiento 100 veces, distribuidas en grupos de entrenamiento de 32 ejemplos. Para la regularización de la red neuronal se utilizó un dropout de 0. 5 y Se utilizara un optimizador adaptativo Adam para la función de perdida de entropía cruzada. Todo esto se implementó en un entorno tensor Flow con el apoyo de librerías como numpy para tratamiento de las matrices y vectores, Sklearn y pycm para la generación e interpretación de la matriz de confusión generada a partir de los resultados del clasificador y matplotlib para la generación de gráficos de seguimiento a algunos entrenamientos. Para la validación del modelo se distribuyó la base de datos en dos conjuntos, el 80 % de los datos (3182 ejemplos) para el entrenamiento del modelo y el 20% de los datos (768 ejemplos) para el testeo del modelo. Por otra parte se utilizó una matriz de confusión para observar la distribución de los errores cometidos por el calificador para las distintas clases del problema. También se utilizaron el criterio de especificidad, sensibilidad y precisión o Accuracy.

Para la implementación del modelo se dividió la base de datos en dos archivos, entrenamiento y testeo del modelo, estos son alojados en drive y luego desde el entorno de desarrollo de Google Collaboratory se importó para su ejecución. Se implementó el prototipo usando una de las GPU que ofrece la plataforma que simula un block de notas de Júpyter en un entorno de programación para el lenguaje Python.

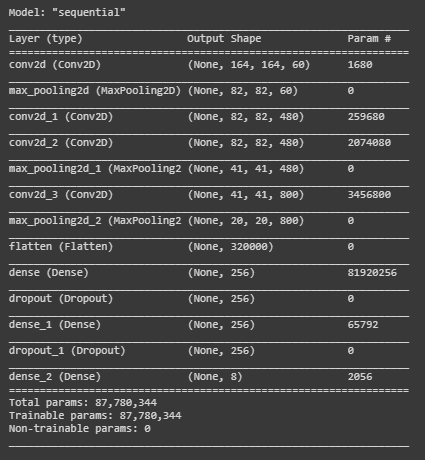
La optimización del modelo se hizo a través de la medición de los criterios de evaluación de los clasificadores buscando el mejor resultado en cada uno de ellos, para esto se realizarán varios entrenamientos del prototipo y se llevara registro de cada uno de los entrenamientos y sus criterios más relevantes, para posteriormente elegir basados en la convergencia de los resultados más representativos la arquitectura con mejor desempeño.

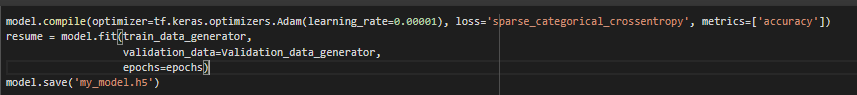
1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras varios entrenamientos y con una variación aleatoria de los hyperparametros y de la arquitectura del perceptrón multicapa, los resultados más relevantes fue el obtenido en el entrenamiento número 5, donde la precisión del modelo comparando la salida real con la salida deseada fue entre el 95% y el 68% para los ejemplos de entrenamiento y el 96% y el 64% para los datos de test.

Las características de la arquitectura, hyperparametros y resultados de las técnicas de evaluación de los clasificadores se muestras así.

**Entrenamiento #5**





El modelo del entrenamiento 5 se considera óptimo de 7 diferentes entrenamientos, aunque no tiene una precisión tan alta como se esperaba. Cabe resaltar que se probaron diferentes métodos y arquitecturas, como transfer learning. Ninguna variación probada de vgg16 ni de transfer learning ni de sus hiperparámetros superó el entrenamiento sencillo con convolucionales, ya que siempre se obtenía un alto variance

1. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

* El modelo de reconocimiento permite solucionar el problema y ser usado como una herramienta de prescripción o identificación temprana de los síntomas o señales de enfermedades en los ojos. Esto ayuda a los centros médicos a generar alertas a los pacientes, servicios a la medida o implementar estrategias de atención, intervención o prevención de las infecciones oculares, todo esto acompañado de estudios más detallados sobre las diversas enfermedades palpebrales, síntomas y consecuencias. Se destaca la buena distribución de la matriz de confusión como una buena representación de la calidad del clasificador y teniendo en cuenta que con un mayor ajuste la precisión del modelo puede aumentar.
* La definición de una estrategia para encontrar un clasificador optimo por medio de los entrenamientos es un factor determinante, debido a que es un procedimiento aleatorio donde se involucran variables asociadas a la arquitectura como los hyperparametros o el número de capas y de neuronas que pueden modificar considerablemente los resultados con una pequeña modificación en alguno de estos. Una de las restricciones más importantes al momento de implementar una técnica de aprendizaje profundo de máquinas es el poseer el equipo con los suficientes recursos computacionales para el tratamiento de los datos, ya que son técnicas que generalmente se implementan con miles o millones de datos
* Debido a la cantidad de características de los datos se recomienda usar una arquitectura con más capas y más neuronas teniendo en cuenta que el costo computacional del entrenamiento del modelo puede aumentar considerablemente.
* Para la realización de trabajos futuros se podría usar un modelo clasificador con una arquitectura de redes neuronales convolucionales ya que gracias a su naturaleza tienen mayor desempeño en la extracción de características y hace una investigación y recolección de datos más extenso para reducir la tasa de error.

REFERENCIAS

* Del Brío, B. (2002). Redes neuronales y sistemas difusos. Alfaomega, Universidad de Zaragoza,
* (Asensio, Martínez, 2009)
* alegre, E.O. (2016) Enfermedades de los párpados <https://www.salud.mapfre.es/enfermedades/oftalmologicas/enfermedades-de-los-parpados/>

Themes, E. (2017) Párpados. Enfermedades comunes

<https://www.coc.es/parpados-enfermedades-comunes/>

* calvo, D. (2018) Perceptrón Multicapa – Red Neuronal <https://www.diegocalvo.es/perceptron-multicapa/>
* (Antonio, 2018) [Técnica para reducir overfitting en redes neuronale](https://www.troomes.com/viewtopic.php?t=915#p1243)s

<https://www.troomes.com/viewtopic.php?t=915>

ANEXOS

Anexo A. Base de datos original:

<https://drive.google.com/drive/folders/1DC7z-sa0x9twcgFlsPYObz201k_vyCWK?usp=sharing>

Anexo B. Código de programación:

<https://github.com/juanes0103/Diplomado-Deep-Learning.git>

FIRMA ESTUDIANTES Juan Esteban Escobar Moreno

Saúl Darío Gómez Castrillón

FIRMA ASESORES

FECHA ENTREGA: 29/08/2020