

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA



DETECCIÓN DE CANCER DE PIEL MEDIANTE  
SEGMENTACIÓN SEMÁNTICA

POR

MARIO ALBERTO FLORES HERNÁNDEZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

FEBRERO 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA



DETECCIÓN DE CANCER DE PIEL MEDIANTE  
SEGMENTACIÓN SEMÁNTICA

POR

MARIO ALBERTO FLORES HERNÁNDEZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

FEBRERO 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Detección de cancer de piel mediante segmentación semántica», realizada por el alumno Mario Alberto Flores Hernández, con número de matrícula 1719126, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica.

El Comité de Tesis

---

Dra. Satu Elisa Schaeffer  
Asesora

---

Dr. Romeo Sánchez Nigenda  
Revisor

---

Dra. Sara Elena Garza Villarreal  
Revisora

Vo. Bo.

---

Dr. Fernando Banda Muñoz  
Subdirector Académico

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, febrero 2021

# ÍNDICE GENERAL

---

<b>Indice de Figuras</b>	<b>VI</b>
<b>Indice de Cuadros</b>	<b>VII</b>
<b>Notaciones</b>	<b>VIII</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>IX</b>
<b>Resumen</b>	<b>x</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Hipótesis . . . . .	3
1.2. Objetivos . . . . .	3
1.3. Estructura de la Tesis . . . . .	4
<b>2. Antecedentes</b>	<b>6</b>
2.1. Cáncer de Piel . . . . .	6
2.1.1. Tipos de Cáncer de Piel . . . . .	7
2.2. Redes Neuronales . . . . .	8

ÍNDICE GENERAL	v
2.2.1. Imágenes como Datos . . . . .	8
2.2.2. Modelo . . . . .	9
2.2.3. Evaluación y Optimización . . . . .	10
<b>3. Estado del Arte</b>	<b>12</b>
3.1. Trabajos Similares . . . . .	12
3.2. Área de Oportunidad . . . . .	13
<b>4. Descripción de los Datos</b>	<b>14</b>
<b>5. Implementación de la Solución</b>	<b>15</b>
<b>6. Resultados</b>	<b>16</b>
<b>Glosario</b>	<b>17</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>19</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

1.1. Ilustración de las capas de la piel y sus apéndices [11]. . . . .	1
1.2. Ejemplo de melanoma [5]. . . . .	2
1.3. Comparación de dato de entrada (a) y la salida deseada (b). . . . .	4
2.1. Representación de las dimensiones en una imagen con tres canales de color. . . . .	9
2.2. Ejemplo de un perceptrón. . . . .	10

# ÍNDICE DE CUADROS

---

# NOTACIONES

---

A continuación se resumen las notaciones usadas a lo largo de este trabajo de tesis, incluyendo el símbolo, significado y equivalente en el idioma inglés.

- $x$ , dato de entrada (input).
- $y$ , dato de salida (output).
- $\hat{y}$ , salida estimada (estimated output).
- $d$ , dimensión de entrada (input dimension).
- $d_o$ , dimensión de salida (output dimension).
- $n_s$ , número de muestras (samples).
- $e_i$ , entrada del nodo (node input).
- $p_i$ , peso entre la entrada y el nodo (weight).
- $\phi$ , función de activación (activation).



# AGRADECIMIENTOS

---

Quiero agradecer primeramente mi madre Patricia Hernández Romero por siempre representar un ejemplo de esfuerzo y superación a cada uno de los obstáculos que se han presentado.

A mi padre Mario Alberto Flores Rosales (†), quien me enseñó las virtudes del trabajo y la disciplina.

A la Dra. Satu Elisa Schaeffer por la asesoría, paciencia y consejos otorgados durante el desarrollo de este trabajo.

A mis compañeros de la FIME y del ITESM quienes me han otorgado su tiempo para enriquecer y ampliar mis conocimientos y que además de eso, me han servido como modelos a seguir y ejemplos de superación.

# RESUMEN

---

Mario Alberto Flores Hernández.

Candidato para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: DETECCIÓN DE CANCER DE PIEL MEDIANTE SEGMENTACIÓN SEMÁNTICA.

Número de páginas: 19.

OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO: Desarrollar una herramienta de asistencia para la detección de cáncer de piel utilizando las técnicas mas actuales de visión computacional e inteligencia artificial, se pretende desarrollar mediante *software* y tecnicas de *segmentación semántica* una aplicación que permita introducir una imagen y como resultado obtengamos un mapa de características segmentado en una o más categorías.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: [Pend: ]

Firma de la asesora: \_\_\_\_\_  
Dra. Satu Elisa Schaeffer

## CAPÍTULO 1

# INTRODUCCIÓN

---

La piel es considerada el órgano mas grande del cuerpo humano, y está compuesta por tres capas: *epidermis*, *dermis* e *hipodermis* (figura 1.1). La principal función de la piel es proteger al cuerpo de las hostilidades del medio ambiente como la radiación solar y los factores externos como las bacterias, sin embargo también cumple otras funciones importantes aparte de proteger los órganos y los tejidos internos, tales otras funciones son regular nuestra temperatura corporal, registrar sensaciones de presión, frío, calor y es una interfaz para poder sentir e interactuar con lo que tenemos a nuestro alrededor.

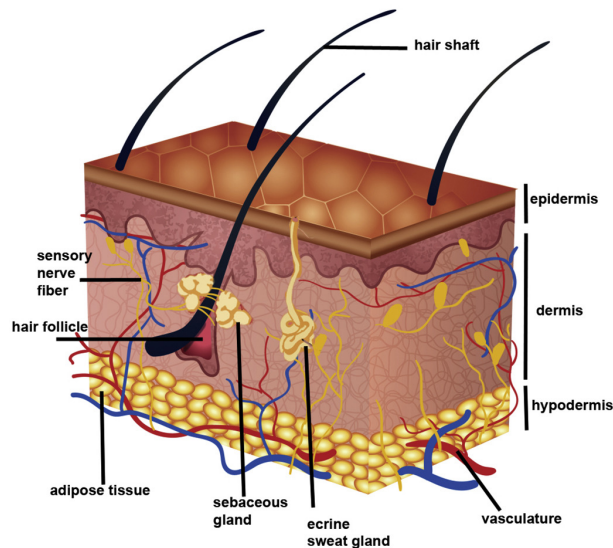


FIGURA 1.1: Ilustración de las capas de la piel y sus apéndices [11].

Sin embargo, debido a la exposición continua a las radiaciones de la luz, es común desarrollar enfermedades en la piel que afectan la forma en que las células de ésta se reproducen, causando graves daños a nuestra salud que en muchas ocasiones puede llegar a ser letal. Estas anomalías en la piel se denominan como *cáncer de piel*, principalmente en las siguientes tres categorías: cáncer de células basales, cáncer de células escamosas y melanomas [6].



FIGURA 1.2: Ejemplo de melanoma [5].

Su detección temprana es imprescindible para reducir las probabilidades de fallecimiento. Por lo tanto es necesario seguir desarrollando tecnologías que faciliten la detección de este tipo de padecimientos de forma rápida y sencilla que vaya enfocada en aumentar la accesibilidad a dichos diagnósticos y de esta forma reducir la tasa de mortalidad por este padecimiento.

En los últimos años se han logrado muchos avances en cuanto al desarrollo de software inteligente lo cuál ha permitido un mayor acceso a diferentes servicios, una de las tecnologías que han adquirido mayor importancia es la *red neuronal*, se trata de una tecnología que tiene la capacidad de *aprender* mediante el uso de datos históricos y funciones de optimización para crear un modelo matemático capaz de predecir, clasificar o recrear datos futuros o desconocidos. Algunos de los sectores que han comenzado a adoptar esta tecnología son: el sector automotriz (piloto automático), el sector de manufactura (optimización de procesos), el sector de entretenimiento (recomendaciones personalizadas), el sector médico (diagnóstico de imágenes).

## 1.1 HIPÓTESIS

Es posible clasificar los píxeles en distintas categorías dentro de una imagen gracias a los avances actuales de inteligencia artificial y la técnica de segmentación. Mediante la técnica de *segmentación semántica* es posible crear un reconocedor visual que no solo detecte la presencia y ubicación del elemento a reconocer, sino que, también obtenga otros datos descriptivos del elemento como el tamaño, forma y región que abarca dentro de la imagen.

## 1.2 OBJETIVOS

Primero en *objetivo General* se habla de manera conceptual la problemática a resolver tales como cuales son las situaciones en las que podemos optimizar la resolución de un problema mediante el uso de la red neuronal, posteriormente en los *objetivos Específicos* se describe de forma puntual los pasos a realizar en el presente trabajo de tesis para llegar al resultado deseado.

El *objetivo general* de este trabajo de tesis es la creación de una aplicación capaz de detectar anomalías en la superficie piel que correspondan a alguno de los tipos de *cáncer de piel* mediante imágenes (basalioma, carcinoma, melanoma), con el uso de la red neuronal de *segmentación semántica* usando como base la librería mencionada en Wu *et al.* [12].

El *objetivo específico*, es el implementar un modelo de red neuronal cuya entrada sean imágenes que pueden o no contener la presencia de alguno de los tipos de cáncer de piel comunes, y como salida del modelo se obtenga un mapa de características donde de haber presencia de el cáncer este se distinga mediante una región colorada en el espacio que abarca. El modelo debe cumplir con las siguientes características:

- El modelo debe ser capaz de trabajar con imágenes a color o en blanco y negro.

- El modelo debe contar con una función capaz de evaluar la precisión.
- El modelo debe contar con un algoritmo capaz de optimizar la precisión.
- El modelo debe ser capaz de segmentar correctamente imágenes no usadas en los datos de entrenamiento.

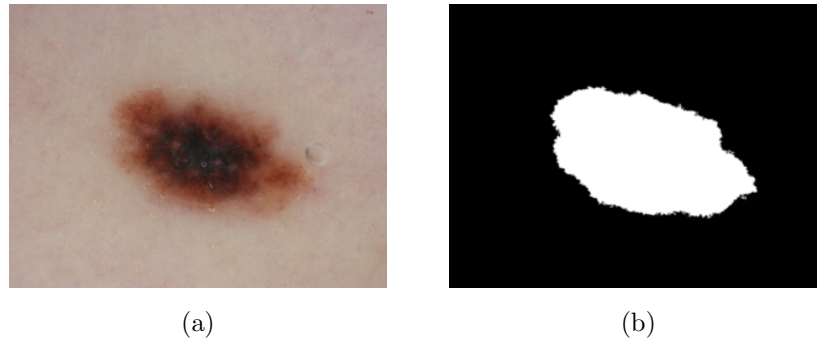


FIGURA 1.3: Comparación de dato de entrada (a) y la salida deseada (b).

En la figura 1.3 (a) se observa como la imagen entrante presenta un caso de melanoma y posteriormente, en la figura 1.3(b) se puede observar la misma imagen segmentada en donde la región que corresponde al melanoma se

### 1.3 ESTRUCTURA DE LA TESIS

En esta sección se dará una breve descripción sobre el orden en el que se desarrollan los temas y el contenido de estos.

En el capítulo 2 se habla sobre los antecedentes relacionados al presente trabajo de tesis, primero se empieza definiendo la naturaleza del problema con el que se pretende tratar, después algunos conceptos clave que serán necesarios para la comprensión de la implementación propuesta tales como las dimensiones de los datos y los algoritmos de evaluación y optimización.

En el capítulo 3 se habla se recopilan trabajos relacionados al método o problemática en cuestión, se estudian las características de dichos trabajos y se busca un punto de convergencia entre estos y el presente trabajo de tesis con el fin de comparar las áreas de oportunidad.

En el capítulo 4 se describe de forma estadística los datos que serán utilizados para realizar el experimento, tomando en cuenta la distribución de los pixeles en distintas regiones de la imagen, entre otros parámetros.

En el capítulo 5 se detalla el proceso de implementación, primero se describirán las características del hardware, se describe la arquitectura del modelo y las transformaciones por las que pasará la imagen y luego se hará una comparativa con distintos modelos de redes neuronales para comparar tiempo de entrenamiento, precisión y resultado.

Finalmente, en el capítulo 6 se exponen los resultados obtenidos de la implementación del producto científico en el capítulo anterior, así como un análisis y conclusión final sobre los valores obtenidos en precision y tiempo de entrenamiento.

## CAPÍTULO 2

# ANTECEDENTES

---

En este capítulo se introducen de forma teórica los conceptos relacionados a los tipos de cáncer y las redes neuronales, primero se define que es el *cáncer de piel*, cuales son los factores que influyen en el desarrollo de este padecimiento, los tipos de cáncer y las diferencias entre estos. Después algunos conceptos relacionados con las redes neuronales necesarios para un entendimiento sólido del *aprendizaje profundo*, tales como los elementos clave que conforman a la red neuronal, la manera en la que esta evalúa su precisión, y el algoritmo de optimización.

## 2.1 CÁNCER DE PIEL

El *cáncer de piel* es una enfermedad que suele relacionarse con la aparición de lunares o manchas que no se encontraban previamente, se pueden manifestar como manchas oscuras o rojizas, bultos y/o escamas en la superficie de la piel y afecta a todos los tonos de la piel por igual. Esta enfermedad se desarrolla principalmente en partes del cuerpo expuestas al sol, sin embargo también se puede desarrollar en partes que no suelen exponerse. Algunos factores como la exposición a los rayos ultravioletas (UV), el uso de sustancias como el tabaco o el envejecimiento son factores correlacionados con la aparición del *cáncer de piel*, existen dos factores de envejecimiento y se dividen en dos grupos:



- Factores intrínsecos
- Factores extrínsecos

Los factores *intrínsecos* son aquellos que suceden de forma interna en la piel, un ejemplo de esto es el envejecimiento cronológico, el cual es un proceso natural que consiste en degradación del colágeno, la elastina y el adelgazamiento de la epidermis debido al envejecimiento celular al paso de los años y de el efecto de algunas hormonas.

Los factores *extrínsecos* son aquellos que suceden de forma agena al organismo, como es el caso del *foto-envejecimiento* el cual sucede cuando nos encontramos expuestos a los rayos ultravioletas (UV). Este factor de envejecimiento genera lesiones en las cadenas de ácido desoxirribonucleico (ADN) debido a la oxidación y afecta la regeneración de células, al sistema inmune y a la forma en la que se regula la pigmentación [7].

### 2.1.1 TIPOS DE CÁNCER DE PIEL

Existe una gran variedad de tipos de *cáncer de piel*, sin embargo son cuatro tipos los que destacan por tener una mayor incidencia:

- melanoma
- cáncer de piel no melanoma
- carcinoma de células basales
- carcinoma epidermoide de piel

[Pend: Necesito mas referencias sobre esta información]

## 2.2 REDES NEURONALES

Hasta hace algunos años, el desarrollo de aplicaciones de software solía realizarse de una forma robústa, por ejemplo, si deseáramos desarrollar una aplicación de reconocimiento de imágenes de la forma tradicional sería necesario un grupo de expertos en dicho rubro, sin embargo mediante las redes neuronales es posible resolver los mismos problemas de una forma distinta mediante el uso de bases de datos. Algunos de los puntos clave que conforman una red neuronal son los siguientes:

- Datos: Se debe determinar la naturaleza y la dimensión de los datos que entrarán al modelo.
- Modelo: Se debe crear un sistema que transforme los datos de entrada, en la salida deseada.
- Evaluación: El modelo debe tener la capacidad de evaluar su precisión.
- Optimización: El modelo debe contar con un algoritmo que optimice la precisión.

### 2.2.1 IMÁGENES COMO DATOS

Las imágenes se pueden definir como una matriz de  $m \times n \times 1$  píxeles en el caso de las imágenes de un solo canal (blanco y negro) y en el caso de imágenes a color es de  $m \times n \times k$ , donde  $k$  es igual al número de canales de color que tenga la imagen, siendo tres en el caso de imágenes *rgb*, es importante definir si las imágenes ingresarán al modelo a color o en blanco y negro debido a que esto define el número de nodos de entrada de este, ya que para cada píxel debe corresponder un nodo de entrada y en el caso de imágenes a color también deberá tener un número de capas de nodos de entrada igual al número de canales que tenga la imagen.

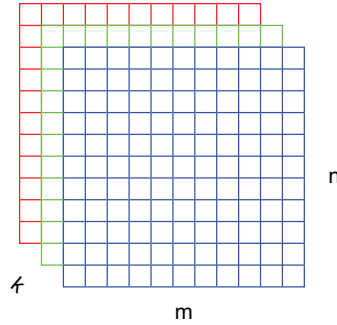


FIGURA 2.1: Representación de las dimensiones en una imagen con tres canales de color.

[Pend: Agregar representación de imagen de un canal en un subplot.]

### 2.2.2 MODELO

Un *modelo* se puede definir como el bloque intermedio entre los datos de entrada (*input*) y los datos de salida (*output*), es el sistema encargado de transformar los datos de entrada en la salida deseada y consta de los siguientes componentes:

- Capa de nodos de entrada (*input nodes*): Se trata de la primera capa del modelo, en el caso de imágenes a cada pixel le corresponde un nodo de entrada. Estos nodos deben tener las mismas dimensiones que las imágenes de entrada.
- Capa de nodos ocultos (*hidden nodes*): Las dimensiones de estos nodos pueden ser diferentes a los de entrada y tener varias capas ocultas, sin embargo esto puede afectar la complejidad y precisión del modelo.
- Capa de nodos de salida (*output nodes*): Esta es la capa de salida del modelo, las dimensiones de la capa de salida determinan las dimensiones del dato resultante.
- Función de activación (*activation*): Se trata de una función dentro de cada nodo que interactúa con el valor entrante y se multiplica por el peso.

- Pesos (*weights*): Se trata de un valor entre el nodo de la capa actual y el nodo siguiente inicializado de forma aleatoria y después ajustado por un algoritmo para aproximar la salida al valor real.
- Bías (*bias*): Se trata de un valor constante que se suma al resultado de la función de activación y el peso, de esta forma se puede ajustar que tan fácil o difícil es activar un nodo.

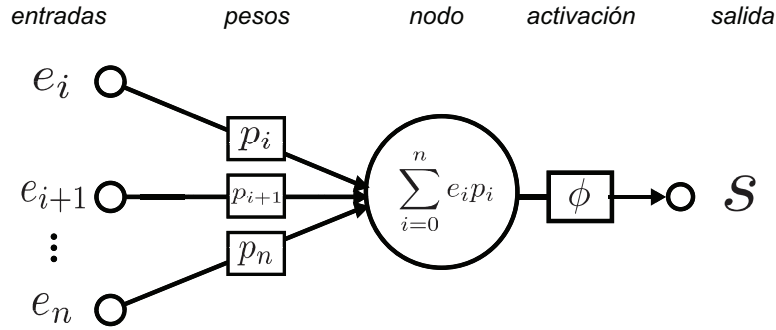


FIGURA 2.2: Ejemplo de un perceptrón.

### 2.2.3 EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN

Para realizar el proceso de *aprendizaje* del modelo, primero se debe evaluar cuál es el estado actual de las predicciones. Para esto es necesario evaluar que distancia existe entre el valor predicho y el valor real, esto se puede lograr mediante una *función de pérdida* que se encargue de determinar que tanta diferencia (*loss*) existe en las estimaciones del modelo con los pesos actuales.

Un ejemplo de la función de pérdida es el de la función logarítmica del costo (*log-likelihood*), como se muestra a continuación en donde:

$$l(\mathbf{y}, \hat{\mathbf{y}}) = - \sum_{j=1}^q y_j \log \hat{y}_j$$

- $q$ , representa el número de clases entre las debe cuales predecir.

- $y_j$ , representa valor real.
- $\hat{y}_j$ , representa valor estimado por el modelo.
- $j$ , representa la posición en el indizado de las clases.

Ya que se tiene calculada la pérdida del modelo en su configuración actual, es necesario actualizar el valor de todos los pesos dentro del modelo para poder acercarnos al valor real. Aquí es donde se requiere un algoritmo que primero determine si el peso de cada nodo debe aumentar o disminuir, y después de determinar la dirección realizar un ajuste antes de volver a evaluar el modelo.

Para esto existe el algoritmo de *gradiente descendiente*, comienza en un punto inicial y repetidamente da un paso hacia la dirección opuesta del gradiente en cada punto y así minimizar el *costo*. A continuación se representa la forma del algoritmo:

**Para**  $k = 0, 1, 2 \dots n$  **Realiza**

$$g_k \leftarrow \nabla f(x_k)$$

$$x_{k+1} \leftarrow x_k - t_k g_k$$

**Fin**

[Pend: Ajustar este espacio vacío]

## CAPÍTULO 3

# ESTADO DEL ARTE

---

En este capítulo se estudian las literaturas relacionadas con el presente trabajo de tesis con el objetivo de hacer una comparativa entre distintos métodos para resolver el mismo problema, o implementaciones similares para resolver problemas distintos.

En la primera sección *trabajos similares* se recopilan trabajos con características relacionadas al presente trabajo de tesis, ya sea relacionados con el método o con el problema que se pretende resolver, se describirá el tema que abarcan y los puntos que lo relacionan con el trabajo aquí presente.

En la segunda sección *área de oportunidad* se discutirán mas a detalle las características con las que se compara el método aquí propuesto con los otros métodos mencionados y determinar las áreas de oportunidad en las que podemos orientar el trabajo.

## 3.1 TRABAJOS SIMILARES

A continuación se listan algunos trabajos relacionados ya sea en el método o en el problema a resolver, primero se cita al autor y después se describe las características de su trabajo.

Codella *et al.* [3], análisis de lesiones en la piel para detección de melanoma.

Ronneberger *et al.* [8], red neuronal para segmentación de imágenes biomédicas (U-NET)

Badrinarayanan *et al.* [1], red neuronal convolucional tipo (SegNet)

Chen *et al.* [2], segmentación semántica de imágenes con convolución profunda (Deep Lab)

Shelhamer *et al.* [9], segmentación semántica con red neuronal completamente convolucional (FCN).

Teichmann *et al.* [10], razonamiento semántico en tiempo real para conducción autónoma (MultiNet).

Kroner *et al.* [4], codificador-decodificador contextual para predicción de salientes visuales.

## 3.2 ÁREA DE OPORTUNIDAD

En esta sección se señalan las características de los trabajos mencionados en la sección anterior y se compara con las características del método propuesto en este trabajo de tesis para obtener una comparativa sobre las áreas de oportunidad.

## CAPÍTULO 4

# DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

---



## CAPÍTULO 5

# IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

---

## CAPÍTULO 6

# RESULTADOS

---

# GLOSARIO

---

## **dermis**

Se trata de la capa intermedia de la piel, es más gruesa que la epidermis y está conformada de folículos pilosos, glándulas sudoríparas, vasos sanguíneos y nervios los cuales están sostenidos por colágeno. 1

## **epidermis**

Se trata de la capa mas superficial de la piel, es también la mas delgada y está conformada en su mayoría por células llamadas queratinocitos o células escamosas, células basales y melanocitos. 1

## **hipodermis**

Se trata de la capa mas profunda de la piel, la principal función de esta capa es regular la temperatura y amortiguar los golpes externos para proteger a los órganos. 1

## **red neuronal**

Modelo matemático optimizado mediante funciones de cálculo para dar una salida deseada en base a una entrada. 2

## **segmentación semántica**

Algoritmo de la inteligencia artificial que asocia una categoría o etiqueta a cada píxel de una imagen. X, 3

# BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] BADRINARAYANAN, V., A. KENDALL y R. CIPOLLA (2015), «SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation», *CoRR*, **abs/1511.00561**, 1511.00561[cs.CV], URL <http://arxiv.org/abs/1511.00561>.
- [2] CHEN, L., G. PAPANDREOU, I. KOKKINOS, K. MURPHY y A. L. YUILLE (2016), «DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs», *CoRR*, **abs/1606.00915**, 1606.00915[cs.CV], URL <http://arxiv.org/abs/1606.00915>.
- [3] CODELLA, N. C. F., V. ROTEMBERG, P. TSCHANDL, M. E. CELEBI, S. W. DUSZA, D. GUTMAN, B. HELBA, A. KALLOO, K. LIOPYRIS, M. A. MARCHETTI, H. KITTLER y A. HALPERN (2019), «Skin Lesion Analysis Toward Melanoma Detection 2018: A Challenge Hosted by the International Skin Imaging Collaboration (ISIC)», *CoRR*, **abs/1902.03368**, 1902.03368[cs.CV], URL <http://arxiv.org/abs/1902.03368>.
- [4] KRONER, A., M. SENDEN, K. DRIESSENS y R. GOEBEL (2020), «Contextual encoder–decoder network for visual saliency prediction», *Neural Networks*, **129**, págs. 261 – 270, URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0893608020301660>.
- [5] MARAZZI, D. P. (2012), «Science Photo Library», URL <https://www.sciencephoto.com/>.

- [//ichef.bbc.co.uk/news/660/media/images/77303000/jpg/\\_77303278\\_skin\\_cancer-spl-1.jpg](http://ichef.bbc.co.uk/news/660/media/images/77303000/jpg/_77303278_skin_cancer-spl-1.jpg).
- [6] MEDICAL, T. A. C. S. y EDITORIAL CONTENT TEAM (2019), «What Are Basal and Squamous Cell Skin Cancers?», URL <https://www.cancer.org/cancer/basal-and-squamous-cell-skin-cancer/about/what-is-basal-and-squamous-cell.html>.
- [7] RITTIE, L. y G. J. FISHER (2015), «Natural and Sun-Induced Aging of Human Skin», *Cold Spring Harb Perspect Med*, doi: 10.1101/cshperspect.a015370.
- [8] RONNEBERGER, O., P. FISCHER y T. BROX (2015), «U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation», *CoRR*, **abs/1505.04597**, 1505.04597[cs.CV], URL <http://arxiv.org/abs/1505.04597>.
- [9] SHELHAMER, E., J. LONG y T. DARRELL (2016), «Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation», *CoRR*, **abs/1605.06211**[cs.CV], 1605.06211[cs.CV], URL <http://arxiv.org/abs/1605.06211>.
- [10] TEICHMANN, M., M. WEBER, J. M. ZÖLLNER, R. CIPOLLA y R. URTASUN (2016), «MultiNet: Real-time Joint Semantic Reasoning for Autonomous Driving», *CoRR*, **abs/1612.07695**, 1612.07695[cs.CV], URL <http://arxiv.org/abs/1612.07695>.
- [11] TODOROVA, K. y A. MANDINOVA (2020), «Novel approaches for managing aged skin and nonmelanoma skin cancer», *Adv. Drug Deliv. Rev.*, <https://doi.org/10.1016/j.addr.2020.06.004>.
- [12] WU, H., J. ZHANG, K. HUANG, K. LIANG y Y. YU (2019), «FastFCN: Rethinking dilated convolution in the backbone for semantic segmentation», *arXiv preprint arXiv: 1903.11816*[cs.CV].

# RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

---

Mario Alberto Flores Hernández

Candidato para obtener el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica

Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

DETECCIÓN DE CANCER DE PIEL MEDIANTE SEGMENTACIÓN  
SEMÁNTICA

Nací el 4 de junio de 1997 en la ciudad de Monterrey, Nuevo León. Hijo del Sr. Mario Alberto Flores Rosales y la Sra. Patricia Hernández Romero. Comencé mis estudios de Ingeniería En Mecatrónica en agosto de 2014 en la Universidad Autónoma de Nuevo León, en marzo de 2019 llevé a cabo el diplomado de Innovación Biomédica.