

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN TEMPRANA DE MELANOMA HUMANO USANDO EL SOFTWARE MATLAB**

#### **TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**COLLAGUAZO VALENCIA FERNANDA ELIZABETH**

fernanda.collaguazo@epn.edu.ec

**DIRECTOR: Dr. LUIS FELIPE URQUIZA AGUIAR**

luis.urquiza@epn.edu.ec

**CODIRECTOR: MSc. JORGE EDUARDO CARVAJAL RODRÍGUEZ**

jorge.carvajal@epn.edu.ec

**Quito, Agosto 2018**

## **AVAL**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Fernanda Elizabeth Collaguazo Valencia, bajo nuestra supervisión.

---

**Dr. LUIS FELIPE URQUIZA AGUIAR**  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**MSc. JORGE EDUARDO CARVAJAL RODRÍGUEZ**  
**CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo Fernanda Elizabeth Collaguazo Valencia, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

FERNANDA ELIZABETH COLLAGUAZO VALENCIA

## **DEDICATORIA**

De manera muy especial dedico este proyecto a mis maravillosos padres Emma y Alfredo por su extraordinaria sabiduría y cariño incondicional. Además de ser los pilares fundamentales que motivan mi crecimiento profesional y personal.

A mis hermanas y hermano por brindarme su apoyo para culminar mis estudios y por alegrar mi vida con su valiosa compañía.

Los amo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios en primera instancia por permitirme alcanzar mis sueños y ser la fuerza que me impulsa cada día a ser mejor.

A mi familia por guiar mi camino y demostrarme cada día su amor y apoyo incondicional, todo su esfuerzo ha sido siempre para mi bienestar.

A todos mis amigos y amigas por formar parte de mi vida, ayudarme a crecer y motivarme a alcanzar mis metas. Primordialmente a mis mejores amigas por brindarme su amistad sincera.

Y de manera muy especial a todos aquellos que contribuyeron a que culmine este proyecto, no lo habría logrado sin su apoyo.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN .....	VI
ABSTRACT .....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos .....	2
1.2 Alcance .....	2
1.3 Marco Teórico .....	3
2. METODOLOGÍA.....	23
2.1 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES.....	23
2.2 MÓDULO ABCD .....	24
2.3 MÉTODO DE MENZIES.....	37
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	49
3.1 MÉTRICAS DE DESEMPEÑO MÓDULO ABCD .....	49
3.2 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON GOLD STANDARD .....	53
3.3 RESULTADOS MÓDULO MENZIES .....	55
4. CONCLUSIONES .....	58
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
6. ANEXOS.....	63
ANEXO I.....	64
ANEXO II.....	65
ANEXO III.....	66
ANEXO IV .....	67
ANEXO V .....	70
ANEXO VI .....	73
ANEXO VII .....	80
ANEXO VIII .....	86
ORDEN DE EMPASTADO .....	87

## RESUMEN

El presente proyecto propone un software desarrollado en Matlab, el cual clasifica tentativamente lesiones cutáneas como melanoma, lunar o condición sospechosa. Muchos de los criterios analizados en una detección diagnóstica se dan a través de la visualización. De ahí surge la idea de concentrar esfuerzos en el procesamiento digital de imágenes. El sistema desarrollado extrae de las imágenes dermatoscópicas parámetros relevantes como: contorno, simetría y color. Estos parámetros son cuantificados de acuerdo a dos algoritmos médicos de clasificación de lesiones cutáneas: la Regla ABCD y el Método de Menzies.

La elección de los algoritmos implementados está basada en una comparativa estadística de la eficiencia de los métodos médicos existentes. El sistema de detección presenta una interfaz gráfica interactiva en la cual se procesa la imagen dermatoscópica con el fin de evaluar la información relevante contenida en la lesión y de esta manera presentar una posible clasificación.

El funcionamiento del software está evaluado sobre una base de datos de imágenes dermatoscópicas obtenidas a través de la Sociedad Americana de Lucha contra el Cáncer y el Centro de la Piel (CEPI UIO). Estas imágenes son un compendio de casos clínicos que abarcan indistintamente las condiciones en estudio. Los valores alcanzados por el software tanto en sensibilidad como en especificidad permitieron que el proyecto sea avalado por el personal médico del área de dermatoscopia del Hospital Oncológico Solón Espinoza Ayala (SOLCA) y el Centro de la Piel (CEPI UIO)

**PALABRAS CLAVE:** melanoma, detección, dermatoscopia, cáncer, lunar.

## ABSTRACT

The present project proposes a software developed in Matlab, which provides an preliminary classification of skin lesions as melanoma, lunar or suspicious condition. Many of the criteria analyzed in a diagnostic detection are given through visualization. Hence the idea of concentrating efforts on digital image processing. The developed system extracts from the dermatoscopic images relevant parameters such as: edge, symmetry and color. These parameters are quantified through the ABCD Rule and Method Menzies.

The choice of algorithms implemented is based on a comparative statistics of the efficiency of existing medical methods. The detection system presents an interactive graphic interface in which the dermatoscopic image is processed in order to evaluate the relevant information contained in the lesion and thus present a possible classification.

The operation of the software is evaluated on a database of dermatoscopic images obtained through the American Cancer Society and the Skin Center (CEPI UIO). These images are a compendium of clinical cases that indiscriminately cover the conditions under study. The values achieved by the software in both sensitivity and specificity allowed the project to be endorsed by the medical staff of the dermatoscopy area of the Solon Espinoza Ayala Oncology Hospital (SOLCA) and the Skin Center (CEPI UIO).

**KEYWORDS:** melanoma, detection, dermatoscopy, cancer, lunar.



# 1. INTRODUCCIÓN

Los procesos de adquisición y procesamiento de imágenes dermatoscópicas, son herramientas que mejoran las técnicas de detección médica. Además, estas imágenes son la principal fuente de información digital que un dermatólogo puede usar para realizar un diagnóstico.

La dermatoscopia se sirve de técnicas como umbralización, segmentación, ecualización para realizar un procesamiento digital de la imagen, a través de sofisticadas herramientas médicas, que muchas veces no se encuentran al alcance de todos los dermatólogos, complicando la labor médica. Es por esto que, el presente trabajo de titulación pretende solventar la necesidad de una herramienta de clasificación de bajo costo, que extraiga los parámetros médicos relevantes de las imágenes dermatoscópicas. Su uso estará destinado tanto a dermatólogos como a usuarios con poco conocimiento médico de su condición. El software proporcionará una visión más clara de la condición cutánea y con ello se evitará la labor manual con la que se realiza esta detección. Por otro lado, pretende evitar las técnicas invasivas, en las cuales la detección puede ser más certera, sin embargo, el paciente sufre los efectos secundarios, que en muchos casos resultan molestos.

En la actualidad, la prolongada exposición solar es considerada como uno de los mayores causantes de problemas cutáneos. En todo el mundo 232.000 personas son diagnosticadas con melanoma cada año. En Australia y en EE.UU. una persona muere de melanoma cada hora. El melanoma es una condición con un claro aumento en países como Estados Unidos, con incremento del 2.6% anual. En Ecuador, de acuerdo a datos proporcionados por la Sociedad de Lucha contra el Cáncer – SOLCA, en el periodo [2005-2010] el incremento no fue tan notorio, registrándose una incidencia más alta en hombres que en mujeres, llegando al 0.9 por cada 100.000 habitantes hombres y 0.1 por cada 100.000 habitantes en mujeres [1].

En los últimos años, Ecuador ha presentado un alto índice de radiación solar, que incluso sobrepasa los límites tolerables, debido a esto las patologías cancerígenas podrían aumentar considerablemente [2]. En el mes de septiembre de 2017, el índice de radiación ultravioleta llegó a su máximo de 14 IUV y 24 IUV en las ciudades de Quito y Guayaquil respectivamente, superando el índice permitido para los seres humanos que es de 11 puntos [3].

La mayoría de estas patologías son detectadas cuando la condición ya es maligna, es por esto que la consulta y revisión periódica con el dermatólogo es de vital importancia. La autoexploración de la piel permite que se realice un seguimiento oportuno del problema cutáneo. Este trabajo manual no siempre es objetivo, ya que los cambios en los lunares son muchas veces imperceptibles y difíciles de controlar de manera manual, debido al alto número de lunares que un solo paciente puede presentar. Para combatir la creciente tasa de mortalidad del melanoma, se han desarrollado procedimientos de diagnóstico que permiten detectar la enfermedad en sus etapas iniciales, ya que, si la enfermedad avanza hacia el sistema linfático o más allá, la tasa de supervivencia baja al 16%.

## **1.1 Objetivos**

El objetivo general de este Estudio Técnico es implementar un sistema de detección temprana de melanoma humano usando el software de simulación Matlab.

Los objetivos específicos de este Estudio Técnico son:

- Recopilar información médica sobre casos específicos de detección tanto positiva como negativa de melanomas.
- Revisar literatura especializada sobre la eficiencia de los Algoritmos de Detección de melanoma con el fin de seleccionar los dos más precisos para su implementación.
- Construir un sistema de reconocimiento visual, mediante el procesamiento digital de la imagen, el cual extraiga las variables relevantes como forma, tamaño y pigmentación para cuantificarlas a través de los algoritmos de detección de melanoma.
- Evaluar los algoritmos de detección a través de referencias médicas como límite de tamaño de lunar, variedad de colores, simetría axial.
- Realizar un Test de Referencia para demostrar la validez de la detección realizada por el software respecto casos clínicos valorados por un profesional.

## **1.2 Alcance**

Este trabajo implementará un software en el cual se podrán evaluar las imágenes dermatoscópicas generadas por los usuarios, de tal manera que, al acceder al programa, el usuario elegirá una imagen para procesarla y obtener una respuesta tentativa acerca del problema.

El software no estará limitado solo al uso del paciente, ya que podrá ser usado por dermatólogos para proporcionar un diagnóstico más rápido. Aportando al criterio médico y creando a la vez un historial visual de la condición para referencias futuras.

La interfaz gráfica diseñada presentará los resultados de forma clara y sencilla, para que el paciente pueda informarse sobre su condición médica y de ser el caso mantenga un seguimiento mensual o asista a una consulta con un especialista.

La Asociación Americana contra el Cáncer ha adoptado una serie de algoritmos de detección que actualmente permiten que un dermatólogo clasifique una lesión entre benigna y melanoma. El software usará dos de estos algoritmos, la Regla ABCD y el Método de Menzies, para la clasificación de dichas patologías.

### **1.3 Marco Teórico**

En esta sección se realizará una introducción sobre el melanoma cutáneo, clases de melanomas a ser considerados en el desarrollo del proyecto, métodos de detección cutánea usados por dermatólogos además de, estadísticas relevantes sobre el melanoma en Ecuador, principales factores de riesgo y técnicas de procesamiento digital de imágenes.

#### **Melanoma**

El melanoma constituye una enfermedad cutánea, ocasionada por la presencia de células cancerígenas en los melanocitos (células que generan los pigmentos de la piel o melanina), produciendo el tipo de cáncer de piel más peligroso y con más alta tasa de mortalidad en la actualidad [4]. Puede presentarse en cualquier lugar del cuerpo, pero con mayor frecuencia en la piel que es expuesta a los rayos solares de manera continua; aunque también la herencia familiar puede ser un factor importante. Los síntomas de esta enfermedad no son muy notorios, pero pueden originarse con un cambio en el aspecto, forma o tamaño del lunar.

#### **Tipos de Melanoma**

En esta sección se hará énfasis en las tres primeras clases de melanoma, debido a que pueden ser analizados por técnicas no invasivas.

El melanoma de extensión superficial, el melanoma nodular y el melanoma maligno lentiginoso constituyen el 90% de todos los melanomas malignos diagnosticados. El melanoma lentiginoso acral y unos tipos muy raros constituyen juntos el otro 10% [5].

Los tres primeros se alojan en las capas superficiales de la epidermis y con el tiempo llegan a ser invasivos cuando llegan a la etapa terminal.

- *Melanoma de extensión superficial*

Representa el 70% del total de casos de melanoma diagnosticados, se genera a lo largo de la capa superior de la piel durante un largo tiempo antes de penetrar más profundamente. Este tipo de melanoma puede generarse en un lunar común, es decir benigno, cambiando su color, forma y tamaño como consecuencia de una prolongada exposición solar.

- *Melanoma nodular*

Este tipo de melanoma se caracteriza por que se convierte en una mancha abultada, por lo general de color azul, negro, marrón o rojo, que sobresale claramente del tono de piel del paciente. Por su naturaleza cancerígena es mortal una vez diagnosticado y evoluciona bastante rápido, destruyendo primero las células superficiales y luego las internas. A diferencia del tipo anterior de melanoma, este no necesariamente es la evolución de un lunar y tampoco es generado por la exposición a los rayos UV.

El melanoma nodular tiende a desarrollarse con bastante rapidez. Se encuentra con mayor frecuencia en personas de mediana edad y en algunas partes del cuerpo sólo expuestas al sol de vez en cuando. Por lo que se encuentra más frecuentemente en el pecho o en la espalda. Comienza a crecer hacia abajo, más profundamente en la piel, con bastante rapidez si no se elimina. A menudo hay una zona elevada sobre la superficie de la piel con este tipo de melanoma. Los melanomas nodulares son a menudo negros o marrones muy oscuros. Pueden aparecer en áreas de la piel que no han recibido una gran cantidad de sol. Y no necesariamente pueden desarrollarse a partir de un lunar que ya teníamos.

- *Melanoma lentigo maligno*

Está presente en mayor medida en personas de avanzada edad. Es ocasionado por la sobreexposición solar, las áreas en las que más se desarrolla son: cara, brazos y tronco. Con el tiempo puede llegar a crear protuberancias [6].

## **La Dermatoscopía**

Es una técnica no invasiva que permite diagnosticar una lesión cutánea pigmentada, identificando estructuras que no son visibles con facilidad para el ojo humano. Se caracteriza por ser una técnica que realiza una detección eficaz. Usa un dermatoscopio, una herramienta de diagnóstico que amplifica 10 veces la imagen y elimina reflexiones,

permitiendo que los dermatólogos visualicen estructuras invisibles a simple inspección. Realizando los pequeños detalles cutáneos que muchas veces pasan desapercibidos y son los que proporcionan una visión a futuro de la condición cutánea.

La dermatoscopia digital surge cuando el dermatoscopio se conecta a una unidad informática, de tal manera que puede ser usado para tomar fotografías periódicas, correctamente enfocadas y de mayor calidad que una fotografía común; permitiendo que se genere una base de datos confidencial de cada caso clínico. Con esto se puede realizar un seguimiento para confirmar o descartar el progreso de la enfermedad cutánea. La información digitalizada es de gran importancia, ya que a ella se pueden aplicar técnicas de procesamiento digital, como filtrado o umbralización para separar parámetros y cuantificarlos según estándares médicos de detección. Estos estudios dermatoscópicos deberían estar dirigidos a pacientes con predisposición a padecer la condición cutánea, por antecedentes familiares o geográficos.

La eficacia de la dermatoscopia en la detección temprana es incuestionable, la sensibilidad alcanzada bordea el 70-85% cuando se realiza de manera visual, mientras que supera el 92% si se realiza a través de un dermatoscopio, con lo que queda demostrado que la precisión en la detección mejora significativamente [7]. En la Figura 1.1. se muestran tres clases de dermatoscopios existentes en el mercado, de la marca Dermilite, estos dermatoscopios manuales focalizan la visión hacia la zona de interés.



**Figura 1.1.** Clases de dermatoscopios con luz polarizada.

Algunas de las limitaciones de la dermatoscopia radican en que necesita de personal altamente calificado que interprete los parámetros obtenidos. Por otra parte, el costo de un dermatoscopio bordea los \$355 - \$700, por lo que un paciente no podría acceder a uno fácilmente para realizar un seguimiento periódico de su condición. Si por el contrario desea

una atención especializada en un centro dermatológico, deberá cancelar el valor de la consulta, que supone un gasto representativo a largo plazo.

### **Equipos de Dermatoscopía Digital Portátil**

#### **- FOTOFINDER**

En el mercado se encuentra disponible una opción muy recomendada para dermatólogos, como el “Handyscope + Ipod Touch”, un dispositivo en el cual se pueden tomar fotografías dermatoscópicas y asociarlas al caso clínico de un paciente para realizar su seguimiento. Las desventajas son claras, su alto costo supone un gasto que muchos dermatólogos no pueden cubrir, además de ser una marca propietaria de Apple. En la Figura 1.2 se muestra el dispositivo encajado en la lente del Ipod Touch, en conjunto forman una herramienta eficaz para la adquisición de imágenes dermatoscópicas en casos clínicos de problemas cutáneos.



**Figura 1.2** Clases de dermatoscopios con luz polarizada.

#### **- MIISKIN**

Esta aplicación está orientada a la examinación de los cambios en los lunares. Debido a que la probabilidad de supervivencia del cáncer de piel es del 98% cuando es detectada a tiempo, es necesario que la piel sea examinada rigurosamente y a diario, pero esto demanda una cantidad de tiempo que muchas veces no poseemos. MIISKIN fue creada con ese propósito, la aplicación permite crear un seguimiento de las condiciones cutáneas a través de fotografías. De esta manera, las personas pueden crear una comparación entre fotografías de manera diaria o mensual y acudir a un especialista si observan algún cambio. Esta información es valiosa ya que las fotografías son una buena manera de rastrear cambios en lunares. La aplicación cuenta con una segmentación corporal, es decir se debe seleccionar que parte del cuerpo está siendo rastreada, con el objetivo de almacenar las fotografías por secciones.

Además de mantener un registro del día y la hora en la que se capturó la última imagen [8]. En la Figura 1.3. se muestra una lesión cutánea capturada por la aplicación. En la vista previa de la imagen se muestra la fecha de captura con el objetivo de llevar un registro de la evolución de la lesión.



**Figura 1.3.** Aplicación MIISKIN.

- *IBM WATSON VISUAL RECOGNITION*

La plataforma IBM Watson en asociación con MSK (Memorial Sloan Kettering Cancer Center) ha desarrollado técnicas en la visión por computadora, en el cual, el personal médico puede tomar una foto de la lesión, enviarla a un servicio de análisis basado en la nube y recibir un informe detallado sobre la lesión en respuesta. El informe puede contener un indicador de confianza para ayudar al especialista a determinar si la lesión tiene características de melanoma. Es importante establecer que el trabajo aún está en sus etapas iniciales, ya que el sistema ha sido entrenado con menos de 3000 lesiones. En la Figura 1.4. se muestra la sección en la plataforma IBM con la cual se accede al reconocimiento visual de imágenes.

Al seleccionar la versión demo, el sistema mostrará ejemplos de detección y se activará la opción para cargar una nueva imagen, la cual será comparada con la base de datos y usando redes neuronales se reconocerá los objetos contenidos en la imagen con un porcentaje de certeza.



**Figura 1.4.** IBM Watson Reconocimiento Visual.

En el sistema se puede cargar un número limitado de imágenes para la detección de manera gratuita. La plataforma realiza la clasificación en base a una ponderación de [0-1], con lo que se especifica la certeza con la que el sistema de Reconocimiento Visual realiza la detección. Como ejemplo se muestran los dos casos de detección, melanoma y lunar en la Figura 1.5.



**Figura 1.5.** IBM Watson Reconocimiento Visual, Melanoma (izquierda), Lunar (derecha) [9].

Sin embargo, la plataforma no emplea ningún tipo de algoritmo médico para la detección, realiza la ponderación en base a la comparación de la imagen con otras ya clasificadas en su base de datos, esto resulta ser un inconveniente ya que depende en gran medida de los clasificadores de la plataforma. El entrenamiento con los clasificadores puede ser cargado a la plataforma de reconocimiento visual por cualquier persona bajo la supervisión de un médico del equipo de Watson. De manera particular se trata de entrenar al sistema sobre edad, ubicación, etnicidad y lunares diagnosticados previamente como melanoma.



Con esta información se perfecciona el sistema día a día, pero aún presenta fallas, puesto que, al analizar un caso diagnosticado como melanoma, como se indica en la Figura 1.6, el sistema no pondera ninguna de las opciones de interés. Detecta la presencia de colores y también detecta que la imagen pertenece a una persona, pero no especifica si la lesión corresponde a una lesión benigna o maligna como en los casos anteriores. Esto puede ser fácilmente justificado debido a que la lesión no pudo ser comparada adecuadamente con las imágenes de la base de datos y por eso no se obtuvo un resultado definitivo. Los clasificadores de la plataforma para la detección del color funcionaron adecuadamente, pero los que contienen lesiones cutáneas no encontraron similitud por lo que en las ponderaciones la opción lunar o melanoma no estuvo presente. Este ejemplo demuestra que la plataforma IBM aún no está entrenada para algunos casos de problemas cutáneos.

Los clasificadores del sistema requieren una gran cantidad de imágenes para estar preparados con todos los casos de diagnóstico cutáneo, sin embargo, esta tarea se dificulta debido a la baja cantidad de imágenes dermatoscópicas sin restricción.



**Figura 1.6.** IBM Watson Reconocimiento Visual (Error).

### **Melanoma en Ecuador**

En el país la incidencia de melanoma es relativamente baja, sin embargo, su mortalidad es alta. En países desarrollados la incidencia de casos aumenta a una razón anual de 2.6%, mientras que en Ecuador esta incidencia varía según el género.

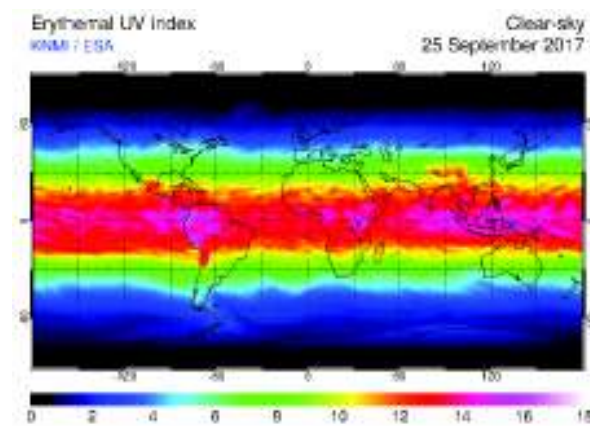
Durante los años 2001-2005 y 2006-2010 la incidencia de casos alcanzó un aumento del 0.9 por cada 100.000 habitantes hombres y de 0.1 por cada 100.000 habitantes mujeres. En efecto, el aumento anual de incidencia es incipiente, lo que resulta en una ventaja para la salud pública frente a la agresividad con la que se desarrolla la enfermedad [10].

Este bajo incremento se ve directamente relacionado a la composición étnica de los habitantes. En nuestro país la raza dominante es la mestiza, genéticamente esta raza está menos propensa a contraer cáncer de piel, pero eso no significa que sea inmune. La raza blanca por otra parte, no constituye un porcentaje alto. Según el último censo del año 2010, de los 14'483.499 ecuatorianos, el 71,99% se autoidentificó como mestizo, el 7,4% como montubio, el 7,2% como afroecuatoriano, el 7% como indígena, y el 6,1% como blanco [11]. Como se puede notar la raza blanca es una minoría en comparación con países como Australia, Nueva Zelanda o Estados Unidos, en los cuales existe un riesgo más alto de contraer esta enfermedad.

No se puede descartar que la incidencia aumente, ya que en la actualidad se ha registrado un incremento considerable en los índices de radiación UV en Quito, según la Dirección de Pronóstico y Alertas Hidrometeorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Estos índices son los más altos registrados y suponen un riesgo para la piel, si la exposición es prolongada [12].

El índice de radiación ultra violeta (IUV) se expresa en una escala lineal numérica, siendo 0 – 2 el valor más bajo, que representa una radiación solar mínima sin riesgos para la piel. Si el índice supera el 11 en la escala, la radiación solar es muy riesgosa si no se usan protecciones adecuadas, especialmente en el horario 10:00 am y 16:00 pm.

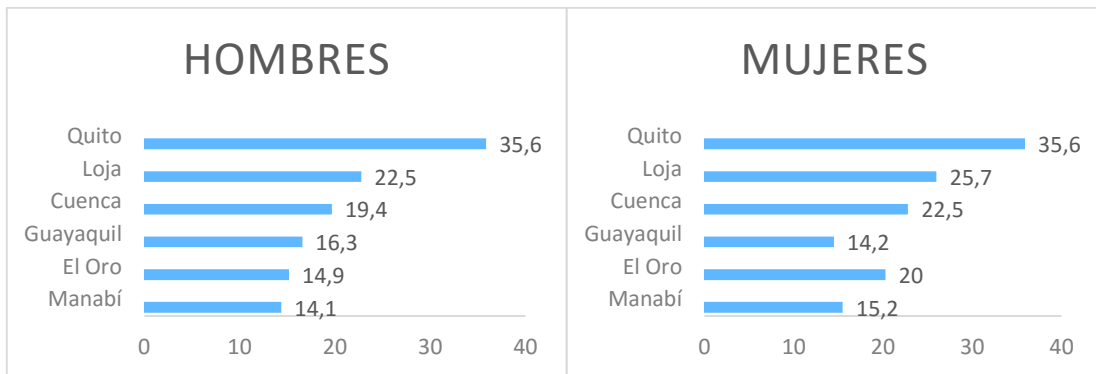
Ecuador al estar situado sobre la línea ecuatorial, capta una gran cantidad de radiación solar, como la muestra la Figura 1.7. captada por el satélite SCIAMACHY-KNMI, donde los índices de radiación comprenden el intervalo de los 12 <IUV< 16. También se muestra la escala de color respectiva a la zona ecuatorial, el color violeta representa 11 o más puntos.



**Figura 1.7** Índice de radiación UV mundial, septiembre 2017 [13].

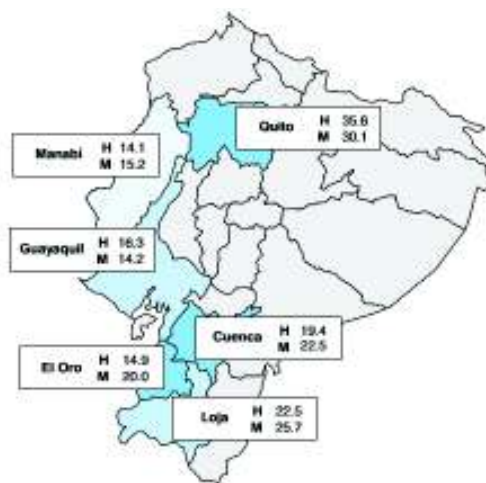
El registro de casos de melanoma en Ecuador demuestra que las mujeres están más propensas a adquirir la condición. En la Figura 1.8. se muestra un histograma con los casos de melanoma detectados en las principales ciudades del país. Como se puede observar, los índices más altos se localizan en Quito. Los datos proporcionados corresponden al periodo 2006 – 2010 de las principales provincias de Ecuador. El número de casos analizados en hombres fueron 2237 mientras que en mujeres se analizaron 2499, de lo que se concluye que en las ciudades de la región sierra existe una alta incidencia principalmente en Quito [14].

En general se puede concluir que, de los casos detectados, las mujeres corren más riesgo de contraer el padecimiento puesto que en comparación con los hombres se presentan más casos por año.



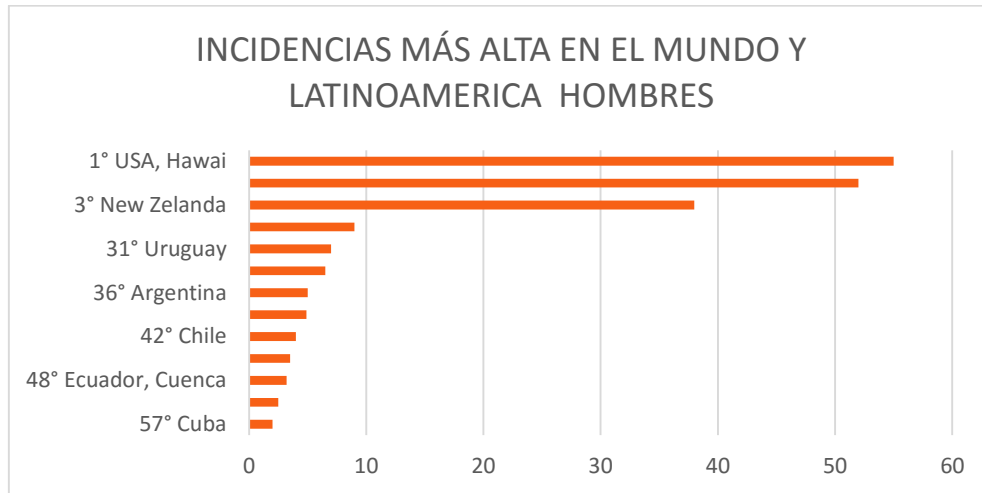
**Figura 1.8.** Histograma de Tasas de incidencia Estandarizada.

Las ciudades ubicadas en la región Sierra del país se ven más afectadas por la radiación solar, por ende, también registra un índice más alto de casos de melanoma, como se muestra en la Figura 1.9.



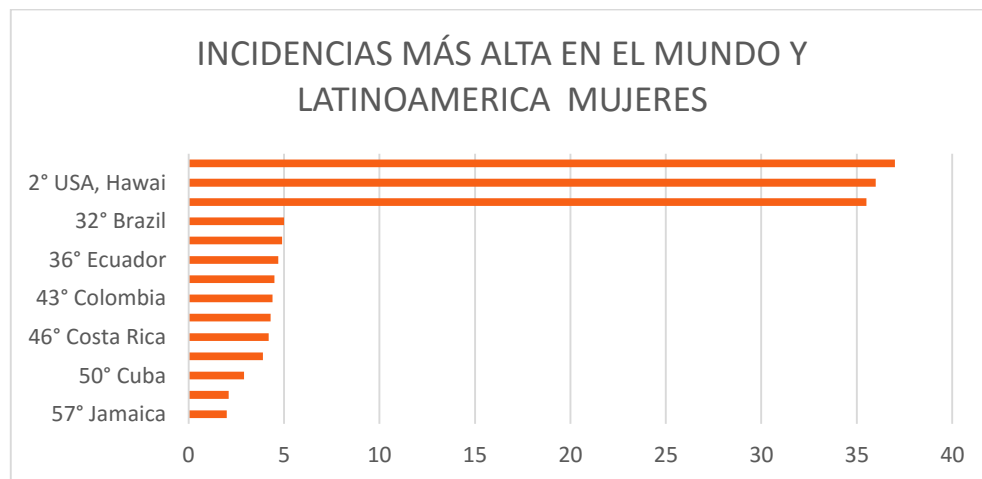
**Figura 1.9.** Ciudades que registran casos de Melanoma en Ecuador.

En la Figura 1.10. se muestra una estadística posicional de los países en los que existe una alta presencia de casos de lesiones cutáneas. De acuerdo a la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC), Ecuador se ubica entre los cinco países latinoamericanos con más alta incidencia de melanoma cutáneo, mientras que a nivel mundial se ubica en la posición número treinta y siete, para un análisis realizado en hombres [15].



**Figura 1.10.** Histograma de Tasas de incidencia a Nivel Mundial, Hombres.

Mientras que en un estudio realizado para el género femenino se reveló que Ecuador ocupa el tercer lugar a nivel latinoamericano, y el puesto número treinta y seis a nivel mundial, por lo que la incidencia de melanoma en mujeres supone un riesgo más alto. Debido en muchas ocasiones a las condiciones físicas que diferencian ambos géneros.



**Figura 1.11.** Histograma de Tasas de incidencia a Nivel Mundial, Mujeres

## Métodos de Detección de Melanoma

La Asociación Americana contra el Cáncer ha adoptado una serie de algoritmos de detección que actualmente permiten que un dermatólogo clasifique una lesión entre benigna y melanoma. Esos métodos se detallan a continuación:

**a) REGLA ABCD:** este algoritmo de detección es el más usado, permite determinar las variables que se presentan en toda lesión cutánea [16]. El método considera un sistema de asignación de puntajes por cada característica detectada. El total del puntaje alcanzado en el caso más crítico será de 8.4 puntos. Considera los siguientes aspectos para su puntuación:

**Asimetría:** la lesión es bisecada por dos ejes de 90°, si ambos ejes muestran contornos asimétricos con respecto a la forma, la puntuación de asimetría es 2. Si hay asimetría en un solo eje, la puntuación es 1 y si es simétrico la puntuación es 0.

**Borde:** la lesión se divide en octavas y se evalúa el patrón de pigmento. Un corte brusco y abrupto del patrón de pigmento en la periferia recibe una puntuación de 1. En contraste, un contorno gradual recibe una puntuación de 0.

**Color:** la puntuación de color es la suma de los diferentes colores encontrados en la lesión. Los colores posibles son: blanco, rojo, marrón oscuro, marrón claro, azul grisáceo y negro.

**Diámetro:** Se considera que la lesión es melanoma si excede los 6mm otorgándole un valor máximo de 2.5 puntos, mientras que si es menor la puntuación es de 0 puntos. Este parámetro es usado en un diagnóstico preliminar puesto que es fácil de identificar para profesionales y pacientes. En la tabla 1.1. se muestran las características de detección, así como los factores por los cuales son multiplicados para obtener una ponderación por cada aspecto.

Para obtener el puntaje final alcanzado por la lesión se suman las puntuaciones alcanzadas por cada característica. Se analiza el resultado utilizando los siguientes límites entre lesión benigna, sospechosa y melanoma como se detalla en la Ecuación 1.1.

$$P(t) = P(a) + P(b) + P(c) + P(d) \text{ Puntaje Total}$$

$$P(t) < 4.75 \text{ Lesión Benigna (Lunar)}$$

$$4.75 < P(t) < 5.45 \text{ Lesión Iregular (Requiere Seguimiento)}$$

$$P(t) > 5.45 \text{ Lesión Maligna (Melanoma)}$$

**Ecuación 1.1.** Puntaje de la lesión cutánea, Regla ABCD

**Tabla 1.1.** Puntuación de la lesión cutánea, Método ABCD.

VARIABLE	PUNTUACIÓN	FACTOR	PUNTUACIÓN MÁXIMA / MÍNIMA
<b>Asimetría</b>	0-2	1.3	0-2.6
<b>Borde</b>	0-8	0.1	0-0.8
<b>Color</b>	1-6	0.5	0.5-3
<b>Diámetro</b>	0-1	2.5	0-2.5

Existe una variación del método, la Regla ABCDE en la cual se considera la evolución de la lesión, es decir si existe algún cambio de forma o color. El último parámetro no está considerado como una puntuación ya que cuando se presenta la probabilidad de que la lesión sea maligna se incrementa notoriamente.

**b) MÉTODO DE MENZIES:** usado por personal médico con experiencia en observación de lesiones cutáneas, evalúa 11 criterios tanto positivos como negativos presentes en una lesión como se muestra en la Tabla 1.3.

Para que el melanoma sea diagnosticado, la lesión debe presentar al menos un criterio negativo. Si la lesión no presenta criterios negativos, debe presentar al menos un criterio positivo para que se diagnostique como benigna. Si la lesión presenta más de un criterio negativo, un especialista debe decidir si se requiere realizar una biopsia para confirmar la presencia de cáncer.

**c) REGLA DE LOS 7 PUNTOS:** este método pretende simplificar el diagnóstico a través de la detección de variables presentes en una lesión. En la tabla 1.3 se especifican los parámetros de detección, así como la puntuación que debe alcanza cada parámetro:

Una vez identificados los aspectos y la puntuación correspondiente, se realiza la suma para obtener el puntaje total que alcanza la lesión. Usando los límites establecidos por el método se cataloga la lesión como muestra la Ecuación 1.2.

$$P(t) = P(\text{mayor}) + P(\text{menor})\text{Puntaje Total}$$

$$P(t) > 3 \text{ Lesión Maligna (Melanoma)}$$

$$P(t) < 3 \text{ Lesión Benigna (Lunar)}$$

$$P(t) = 3 \text{ Lesión Sospechosa (Requiere seguimiento)}$$

**Ecuación 1.2.** Puntaje de la lesión cutánea, Regla de los 7 Puntos

**Tabla 1.2** Reconocimiento de parámetros en la lesión cutánea, Método Menzies.

<b>CRITERIOS POSITIVOS</b>	Patrones Simétricos
	Color uniforme
<b>CRITERIOS NEGATIVOS</b>	Pigmento Reticular
	Puntos de color azul/gris
	Colores Múltiples (5-6)
	Puntos negros en la periferia
	Zonas sin pigmento
	Distribución radial
	Pseudópodos
	Puntos Oscuros
	Velo blanco / azul

**Tabla 1.3** Puntuación en la lesión cutánea, Regla de los 7 Puntos.

VARIABLE	CARACTERÍSTICAS	PUNTUACIÓN
Mayor	Pigmento reticular atípico Patrón vascular atípico Velo blanco/azul	2 puntos
Menor	Líneas irregulares Pigmentos irregulares Puntos irregulares	1 puntos

**d)** MÉTODO CASH: es una variación del método ABCD, donde se asigna una nueva valoración a las variables presentes en la lesión como se muestra en la Tabla 1.4.

Si la suma de los puntajes alcanzados por todas las características supera los 8 puntos, la condición es considerada maligna, caso contrario se diagnostica como benigna. Si el puntaje se encuentra intermedio, es decir alcanza el valor de 8 puntos se considera como una lesión sospechosa y se debe realizar un seguimiento continuo para que la lesión sea diagnosticada adecuadamente. Los cortes se muestran en la Ecuación 1.3.

$$P(t) = P(c) + P(a) + P(s) + P(h) \text{ Puntaje Total}$$

$$P(t) < 7 \text{ Lesión Benigna (Lunar)}$$

$$P(t) > 8 \text{ lesión Maligna (Melanoma)}$$

$$P(t) = 8 \text{ Lesión Sospechosa (Requiere seguimiento)}$$

**Ecuación 1.3.** Puntaje de la lesión cutánea, Método CASH.

**Tabla 1.4** Puntuación en la lesión cutánea, Método Cash.

<b>COLOR:</b> café claro, café oscuro, negro, rojo, blanco, azul.		
INTENSIDAD	CANTIDAD DE COLORES	PUNTUACIÓN
MEDIA	1-2 colores	1 – 2 puntos.
ALTA	3-4 colores	3-4 puntos.
	5-6 colores	5-6 puntos.
<b>ARQUITECTURA:</b> trastorno		
INTENSIDAD	CARACTERÍSTICA	PUNTUACIÓN
MEDIA	Ninguno o trastorno leve	0 puntos.
ALTA	Trastorno moderado	1 punto.
	Trastorno marcado	2 puntos.
<b>SIMETRÍA:</b> contorno, color y estructura		
INTENSIDAD	CARACTERÍSTICA	PUNTUACIÓN
MEDIA	Simetría en 2 ejes	0 puntos.
ALTA	Simetría en un eje	1 punto.
	Asimetría	2 puntos.
<b>HOMOGENEIDAD:</b> red de pigmentación, manchas.		
INTENSIDAD	CARACTERÍSTICA	PUNTUACIÓN
MEDIA	O una estructura	1 punto.
ALTA	Dos tipos de estructura	2 punto.
	Tres o más estructuras	3-7 punto.

### **Comparación de la eficiencia en los Métodos de Detección**

Los métodos de detección antes mencionados son eficaces en el tratamiento si se aplican en las fases iniciales de la enfermedad, ya que es probable que el paciente se cure con una pequeña intervención quirúrgica. Por el contrario, si se detecta en las etapas finales, se debe realizar un análisis para determinar si otros órganos no fueron afectados.

Todos los métodos son aceptados como funcionales por la Sociedad Americana contra el Cáncer [17]. Sin embargo, en este capítulo se analizará la eficiencia de los algoritmos conforme la experiencia de detección de los doctores del área de dermatología del Hospital Oncológico Solón Espinoza Ayala (SOLCA).

En la actualidad SOLCA es una institución privada de servicio social sin fines de lucro que cuenta con una vasta experiencia en la prevención y diagnóstico precoz de todo tipo de cáncer. El área de dermatología trata diferentes tipos de enfermedades cutáneas, entre ellas melanomas. De los casos reportados la mayoría son tratados por el método ABCD; debido a la simplicidad y rapidez de evaluación del método.



Los procedimientos restantes no son tomados en cuenta por los especialistas del área, debido a la falta de dermatoscopios que inhabilitan una detección más específica de los parámetros propios de cada método. Por otro lado, la unidad de dermatología aún no ha implementado la adquisición de imágenes dermatoscópicas para realizar diagnósticos a través de dermatoscopia digital.

De la experiencia de los dermatólogos de SOLCA, se puede afirmar que la Regla ABCD posee una alta especificidad y sensibilidad [18]. Por otra parte, realizando un análisis a nivel mundial, es difícil acordar cuáles son las técnicas de detección más eficientes, puesto que cada unidad dermatológica maneja diferentes casos según su ubicación geográfica y los grupos étnicos que conforman la muestra poblacional.

El desempeño de los métodos de diagnóstico en función de un estudio abierto realizado a una muestra de 61 médicos y practicantes en Australia (país que presenta el mayor índice de casos de melanoma registrado a nivel mundial) y publicado por la revista *Intramed* hasta septiembre de 2015, reveló que los métodos antes mencionados poseen una alta especificidad y sensibilidad como se muestra en la Tabla 1.5.

La sensibilidad es el parámetro que indica la detección de los verdaderos enfermos, mientras que la especificidad es la probabilidad de detectar a un individuo sano como enfermo.

Por consiguiente, se concluye que el Método de Menzies es el más preciso para el diagnóstico del melanoma, junto con la Regla ABCD. Los demás métodos alcanzan una buena posición, pero como se explicó con anterioridad, depende en gran medida de la población que está siendo evaluada.

Al analizar los parámetros que ambos métodos extraen, se puede notar que usan la simetría como un factor positivo y negativo. En la Regla ABCD se usa el color para detectar variaciones a nivel axial mientras que en el Método de Menzies es usado para identificar velos blanquecinos o azules, los cuales son indicativos claros de un melanoma cutáneo.

Es decir, los algoritmos extraen las mismas variables, pero utilizan un significado y valor cuantitativo diferente, logrando con ello ser complementarias. El software implementará la Regla ABCD y el Método de Menzies como selección de la comparación hecha con anterioridad.

**Tabla 1.5** Rendimiento de los algoritmos dermatoscópicos [19].

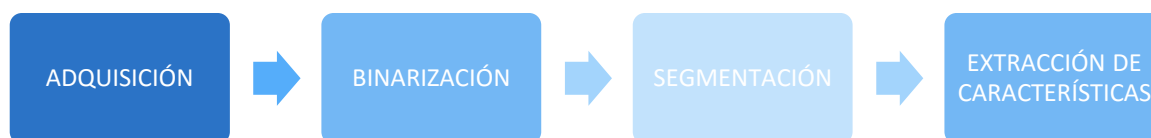
ALGORITMO DE DIAGNÓSTICO	DESEMPEÑO	
	SENSIBILIDAD %	ESPECIFICIDAD%
<b>Regla ABCD</b>	98.7	90.4
<b>Método de Menzies</b>	84.6	77.7
<b>Regla de los 7 Puntos</b>	81.4	73
<b>Modelo de Análisis</b>	68.4	85.4
<b>Evaluación macroscópica</b>	60.9	85.3

### Procesamiento digital de imágenes

Una imagen digital puede representarse como una función de dos variables  $f(x,y)$ , las cuales representan coordenadas en el espacio y cuyo valor en ese punto modela la intensidad de luz recibida. Una imagen está conformada por una cantidad finita de elementos denominados píxeles.

Para realizar el reconocimiento de parámetros en una imagen digital se debe procesar la imagen en las siguientes etapas:

- a) Adquisición: se trata del proceso por el cual la imagen es almacenada bajo un formato específico. Lo más usual es almacenar las fotografías en formatos “jpg” o “png”. Teniendo en cuenta que este formato ofrece una gran variedad de opciones de transparencias con color o escala de grises.
- b) Binarización: permite separar el fondo de la imagen de los objetos de interés.
- c) Segmentación: delimita las regiones de interés para su posterior reconocimiento.
- d) Extracción de características: permite conocer características como tamaño, perímetro, área etc.



**Figura 1.12.** Procesamiento de la Imagen.

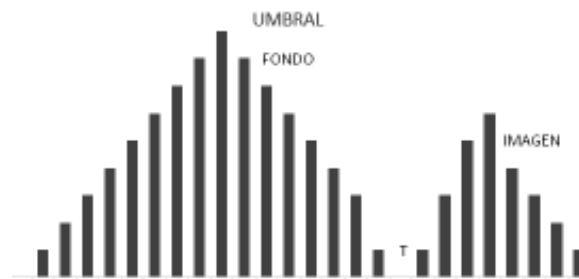
En la Figura 1.12 se representa el proceso mediante el cual pasa la imagen para extraer los parámetros de interés en cada método de detección [20].

### Binarización

Es el procedimiento mediante el cual la información contenida en una imagen es reducida a dos tipos de valores: 0-1.

Donde el cero está asociado al color negro y uno al color blanco. Este proceso es útil si lo que se desea es aplicar operaciones booleanas o lógicas, además sirve para crear máscaras sobre ciertas regiones.

Para esto se debe hallar un correcto valor umbral, es decir, un valor  $T$  que permite separar el fondo del objeto a analizar. La Figura 1.13. muestra un histograma donde se aprecia el valor umbral de una imagen. La umbralización puede ser global o local. Los métodos globales encuentran el umbral de toda la imagen suponiendo que cada imagen posee un histograma bimodal, donde el objeto de interés puede extraerse de la imagen a través de la comparación entre valores de la imagen con el valor umbral  $T$ . Mientras que la umbralización local, realiza una comparación a nivel de pixel, en el cual se encuentra el valor umbral.



**Figura 1.13.** Histograma bimodal con umbral  $T$ .

Cuando una imagen presenta un histograma bimodal el valor umbral se determina a través del histograma, dando como resultado una función compuesta como se muestra en la Ecuación 1.4.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } (x, y) > T \\ 0 & \text{si } (x, y) \leq T \end{cases}$$

**Ecuación 1.4.** Función Compuesta del Umbral [21].

En la Figura 1.14. se muestra un ejemplo de la binarización de una imagen, en la cual los colores más claros están representados por el valor 0 que corresponde al color negro y los colores más oscuros obtienen el valor de 1 con el color blanco.



**Figura 1.14.** Binarización.

## Segmentación

En esta etapa la imagen es dividida hasta un nivel en el cual se separan los objetos de interés para luego ser analizados. Los algoritmos de segmentación están orientados a dos patrones [22].

a) Discontinuidad: cuando en la imagen se detectan cambios bruscos en los niveles de gris. Por lo general se usa el Laplaciano de la función para detectar las discontinuidades. Con esta segmentación se puede lograr:

- Detección de puntos Aislados
- Detección de Líneas
- Detección de Bordos

Todo esto debido a que un pixel puede tener un valor diferente al de sus vecinos en la escala de grises. En la Figura 1.15. se muestra una matriz cuadrada de pixeles en la cual los elementos vecinos difieren del centro.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

**Figura 1.15.** Matriz de Pixeles.

De una manera más eficaz se puede usar detectores de bordes, los cuales usan una derivada local para detectar los cambios en la luminosidad de la imagen. El ruido presente en una imagen también puede generar bordes, es por esto que se debe tener en cuenta la usar los detectores de borde. Para obtener el gradiente en un punto se debe calcular la derivada de dos pixeles adyacentes como se muestra en la Ecuación 1.5.

$$G_x = \frac{f(x+\Delta x) - f(x-\Delta x)}{2\Delta x} \quad G_y = \frac{f(y+\Delta y) - f(y-\Delta y)}{2\Delta y}$$

**Ecuación 1.5.** Gradientes de los ejes.

Para obtener el gradiente en una imagen se forma una relación con el umbral óptimo. Solo los pixeles que exceden este umbral son considerados en el análisis. En la Ecuación 1.6. se muestra la comparación del gradiente con respecto al umbral.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } G |f(x, y)| > T \\ 0 & \text{si } G |f(x, y)| \leq T \end{cases}$$

**Ecuación 1.6.** Función Compuesta Binaria.

Algunos de los operadores basados en primera derivada son:

- Sobel: este operador toma una imagen (representada como una matriz doble) y un valor de umbral y devuelve una imagen con los bordes detectados (en función del valor del umbral). Suaviza la imagen ya elimina el ruido presente y con ello la posible creación de bordes inexactos. En la Figura 1.16. se muestra la manera en la que se evalúan los pixeles utilizados por el operador para extraer el contorno de la imagen en base al umbral.

-

$$G_x = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)$$

$$G_y = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$$

donde  $z$  representa los pixeles en evaluación en cualquier posición.

$$\begin{bmatrix} z_1 & z_2 & z_3 \\ z_4 & z_5 & z_6 \\ z_7 & z_8 & z_9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

**Figura 1.16.** Región Sobel, Máscara usada para  $G_x$ , Máscara usada para  $G_y$ .

- Roberts: es usado para detectar bordes diagonales, tiene una alta sensibilidad al ruido y por ello baja capacidad de detección. Diferencia dos puntos en cada máscara por eso es bastante simple. En la Figura 1.17 se muestra las máscaras que usa el operador para los pixeles ubicados en el eje  $x$  e  $y$ .

-

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

**Figura 1.17.** Máscara usada para  $G_x$ , Máscara usada para  $G_y$ . Roberts

- Prewitt: es similar a Sobel, solo que usa una máscara diferente. En la Figura 1.18. se muestra la máscara usada para los pixeles ubicados en el eje horizontal y vertical de una imagen.

$$- \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

**Figura 1.18.** Máscara usada para  $G_x$ , Máscara usada para  $G_y$ . Prewitt

- b) Similitud: la imagen es dividida en regiones según criterios de similitud.
- Crecimiento de Región: se ubica el centro de la imagen o el objeto de interés y desde ese punto se extiende hasta los bordes aplicando la regla de la similitud.
- Umbralización: es una separación que permite decidir que tonos de gris son parte de una determinada región.

## Extracción de características

En esta etapa se puede almacenar los bordes extraídos por los operadores antes mencionados. Donde la matriz resultante contiene los valores [0-1], siendo 1 el valor del pixel existente y 0 aquel que no tiene el borde. De igual manera en base a esta matriz se puede aplicar una función para determinar el centro de masa del objeto y su simetría. Estos parámetros son importantes si se desea cuantificar una determinada variable. Es importante recalcar que no todos los parámetros pueden ser relevantes, por esto, se debe tener claro cuáles podrían ser de utilidad. El objetivo específico de esta etapa para nuestro análisis será el de realizar una clasificación supervisada de las lesiones cutáneas entre: las que son benignas y los posibles melanomas.

## Gold Standard

En el área del diagnóstico médico es necesario que se realicen ciertas pruebas y cálculos antes de presentar como veraz un nuevo mecanismo de detección. Todo esto con el objetivo de determinar qué tan buena es la alternativa propuesta. Entre los cálculos de referencia se encuentra la Sensibilidad y la Especificidad [23].

- *Sensibilidad*: es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo enfermo, en otras palabras, la capacidad del test para detectar la enfermedad.

- *Especificidad*: es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo sano, en otras palabras, la capacidad para detectar a los individuos sanos.

$$\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FN} * 100\% \quad \text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FP} * 100\%$$

### Ecuación 1.7. Ecuación de Sensibilidad y Especificidad.

En la Ecuación 1.7. se muestra la probabilidad de un estudio clínico sobre un test de diagnóstico, usando las siguientes consideraciones:

- Verdadero Positivo (VP): resultado que salió positivo en un test y realmente lo es.
- Verdadero Negativo (VN): resultado que salió negativo en un test y realmente lo es.
- Falso Positivo (FP): resultado que salió positivo en un test y realmente no lo es.
- Falso Negativo (FN): resultado que salió negativo en un test, pero fue erróneo.

Por último, para que un clasificador sea confiable se debe determinar la precisión con que este actúa, como se muestra en la Ecuación 1.9.

$$\text{Precisión} = \frac{VP + VN}{VN + VP + FP + FN} * 100\%$$

### Ecuación 1.9. Ecuación de Precisión.

## **2. METODOLOGÍA**

La dermatoscopia se ve en la necesidad de utilizar una herramienta que automatice los principales métodos de diagnóstico de melanoma. Esta metodología establece los aspectos que se identifican en cada uno de los casos clínicos. Además, garantizaría un seguimiento continuo de las lesiones y su evolución.

El software que se implementará debe analizar las imágenes dermatoscópicas de forma individual y extraer de ellas, parámetros que serán cuantificados en base a los métodos de detección que presentan mayor índice de eficiencia (Regla ABCD y Menzies). El software trabajará inicialmente con imágenes previamente clasificadas, con las que se podrá realizar un análisis de la especificidad, sensibilidad y precisión de la solución propuesta. El lenguaje de programación en el que se implementará la solución es Matlab ya que cuenta con herramientas que permiten realizar los procesos de segmentación, extracción y comparación de características cutáneas, además de, proporcionar un entorno de programación adecuado para el análisis de los datos obtenidos. La versión en la que se trabajará será Matlab R2017a, el software presentará dos interfaces gráficas de usuario, correspondientes a los dos métodos de detección antes mencionados.

Debido a que la Regla ABCD cuantifica las lesiones, la interfaz mostrará el valor total alcanzado por la lesión, correspondiendo este a la suma de cada uno de los parámetros debidamente cuantificados, encontrados en la imagen. Mientras que en el Método de Menzies se espera que la interfaz sea interactiva, ya que el algoritmo médico no usa cuantificadores y es necesario que una persona perciba la característica detectada, la analice bajo su criterio para luego almacenarla en el resultado final.

### **2.1 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES**

Las imágenes dermatoscópicas corresponden a una base de datos gratuita, publicada por la Sociedad Americana contra el Cáncer. La cual está conformada por 130 imágenes clasificadas como melanoma y benignas, de casos clínicos reales, publicados hasta el 8 de julio de 2016.

Estos casos representan las condiciones cutáneas más comunes encontradas y detectadas por dermatólogos de esta sociedad. Además, se usarán 73 imágenes proporcionadas por el Centro de la Piel ubicado en Quito.

De esta base de datos se consideran 50 casos de benignidad y 23 de malignidad, clasificados previamente por el Dr. Santiago Palacios, dermatólogo del centro [24]. En Ecuador, las instituciones de salud públicas aún no tratan estas condiciones mediante imágenes digitales, por lo que, fue necesario usar esta base de datos. Estas imágenes serán utilizadas por el software para la extracción de los parámetros de interés en cada uno de los métodos de detección, así como para realizar un test de referencia que valide cuan confiable es la solución propuesta. En la Figura 2.1. se muestra dos imágenes dermatoscópicas contenidas en la base de datos de los casos clínicos en estudio.



**Figura 2.1** Imágenes Dermatoscópicas presentes en la base de datos. Melanoma (Izquierda) Lesión Benigna (Derecha).

## 2.2 MÓDULO ABCD

Para la automatización de este método de detección se ha creado una GUI, que facilitará la visualización del contorno de la lesión cutánea, permitiendo la extracción de características relevantes que contribuirán al diagnóstico. La detección utilizará tres perfiles de detección que varían de acuerdo a los requerimientos del usuario, es decir si desea una detección más estricta o si prefiere un diagnóstico no tan estricto.

- El perfil bajo tiene una detección básica, los parámetros fijados no son estrictos.
- El perfil medio fija parámetros de detección intermedios, sin ninguna tendencia hacia un diagnóstico positivo o negativo.
- El perfil alto considera una detección muy estricta, con tendencia a alertar al paciente sobre una consulta médica.

### Importación

Permite seleccionar las imágenes dermatoscópicas almacenadas en un directorio e importarlas a la interfaz para su visualización y posterior procesamiento. Las imágenes de prueba están contenidas en dos carpetas, cada una contiene 65 imágenes



dermatoscópicas de condiciones benignas y malignas, previamente clasificadas por especialistas. Estas imágenes servirán para realizar pruebas de precisión del sistema.

## **Segmentación**

Para segmentar la lesión y fijar la extracción de características a la parte de interés, cada una de las imágenes importadas con anterioridad deben someterse al siguiente proceso:

Primero se realiza un aumento en el contraste de la imagen para resaltar los colores. Luego se obtiene la imagen en escala de grises. Con esto se espera tener un contraste más alto con el fondo de la lesión, debido a que, en la mayoría de casos, la lesión presenta un color más intenso al pigmento natural de la piel. Después se convierte la imagen en una matriz lógica. Existen regiones que no siempre son uniformes, presentan glóbulos o despigmentación fuera del área de interés. Estas irregularidades no son consideradas dentro de este método de detección, debido a que la información relevante se encuentra en el interior de la lesión. Por esto, es necesario eliminar los objetos que presentan una cantidad baja de píxeles y se encuentran fuera del contorno de la imagen binaria. Para ello se utilizó la función `bwareaopen` en la imagen binaria, con la cual se eliminó los objetos conectados al borde que presentaban una baja cantidad de píxeles.

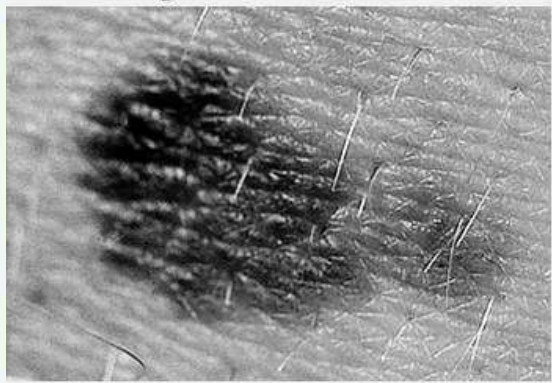
Posteriormente se halla el contorno de la imagen en base al operador *Sobel*, que permite encontrar el umbral óptimo de la imagen y con ello se traza un borde irregular en la imagen binaria. Luego se dilata la imagen para que los bordes sean más exactos, con un aumento de definición en los ejes principales de la lesión, considerando que estos se darán en  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  y  $270^\circ$ , debido a que las lesiones se consideran de origen circular. Al realizar la detección de los bordes, el operador Sobel, detecta aquellas irregularidades presentes en el interior de la lesión.

Como no son de relevancia para el contorno, se eliminan dejando una sola matriz contorno en filas y columnas Sobel suaviza la imagen de tal manera que se elimina un poco de ruido de la imagen si es que lo tiene, por lo consiguiente se puede desaparecer falsos bordes. Por último, se determina el centro de masa de la región detectada y se traza el perímetro de la región en la imagen original, para ofrecer al usuario una visualización más clara del contorno de la lesión [25]. En la Figura 2.2. se muestra el proceso por el cual se somete a la imagen para realizar la segmentación de la misma.

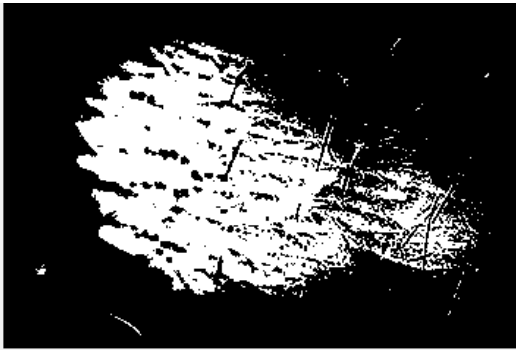
**a) Imagen Original**



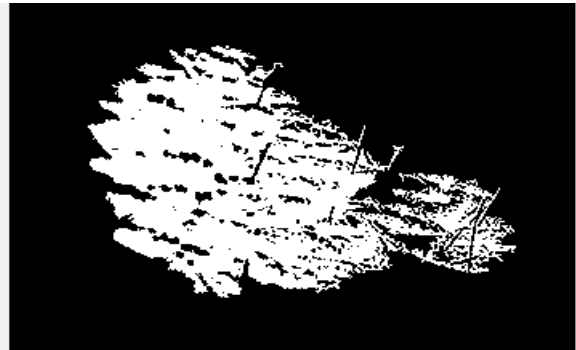
**b) Imagen en Escala de Grises**



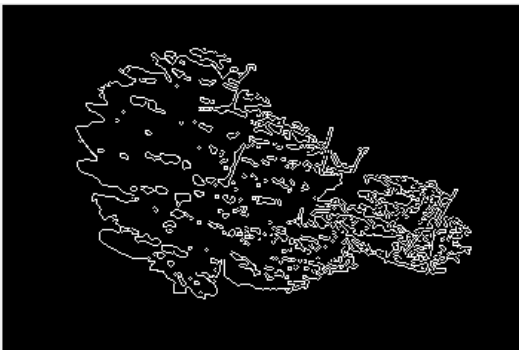
**c) Imagen Binarizada**



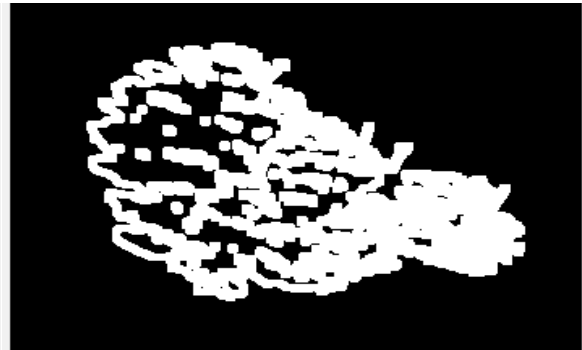
**d) Imagen sin Objetos**



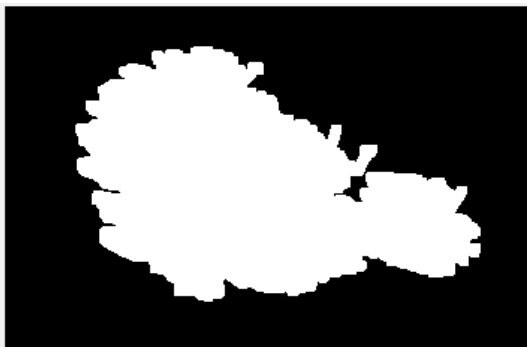
**e) Imagen usando Sobel**



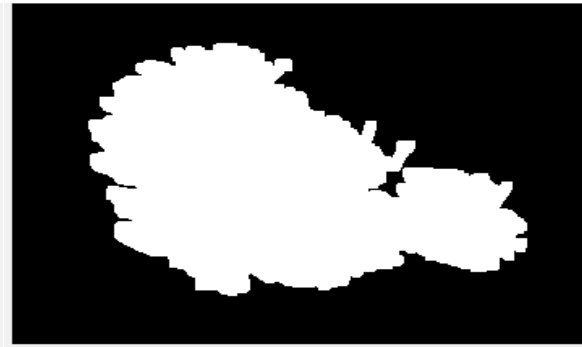
**f) Imagen Dilatada**



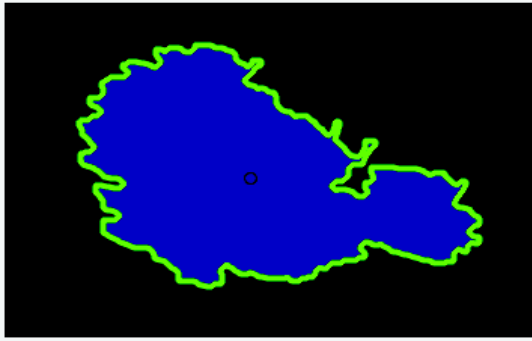
**g) Imagen sin Huecos**



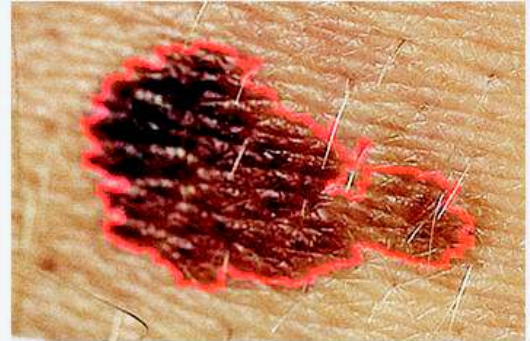
**h) Imagen sin Borde**



**i) Centro de masa de la Lesión**



**j) Imagen Final**



**Figura 2.2.** Proceso de Segmentación de las Imágenes Dermatoscópicas, Regla ABCD.

Como se puede observar en la Figura 2.2, se ha detectado el borde de la lesión. Este proceso en el país se realiza de forma manual en las unidades de dermatología, pero como se ha mencionado con anterioridad la segmentación manual tiene claras desventajas, debido a que se encuentra sujeta a la percepción del especialista.

Al automatizar este procedimiento, no solo se logra una detección más rápida, sino que también brinda al dermatólogo la oportunidad de almacenar la detección como una referencia futura para un caso clínico específico, en caso de que el paciente requiera un seguimiento continuo.

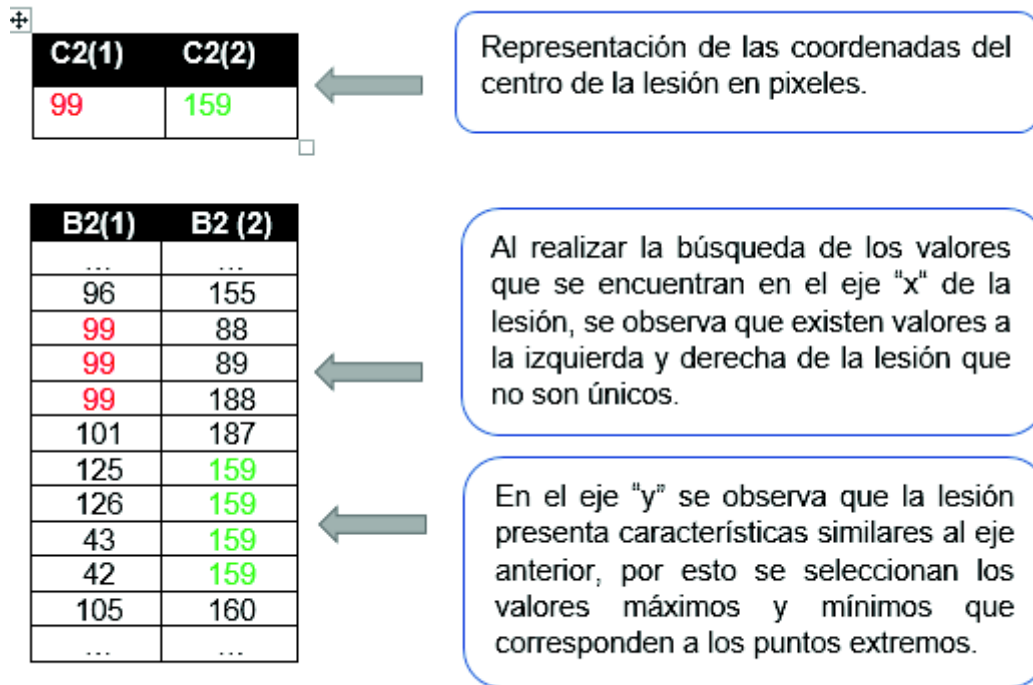
Para la detección de los parámetros señalados en la Regla ABCD se optó por realizar un estudio muestral y de esta manera fijar ciertos estándares propios de cada condición, mismos que serán utilizados en los diferentes perfiles de detección.

### **Simetría**

La lesión debe ser dividida por un eje horizontal y vertical de tal manera que se pueda detectar si existe o no simetría axial con respecto al centro de masa de la lesión. Para lograr esta detección se ha optado por realizar el siguiente proceso a nivel de los píxeles que conforman la imagen:

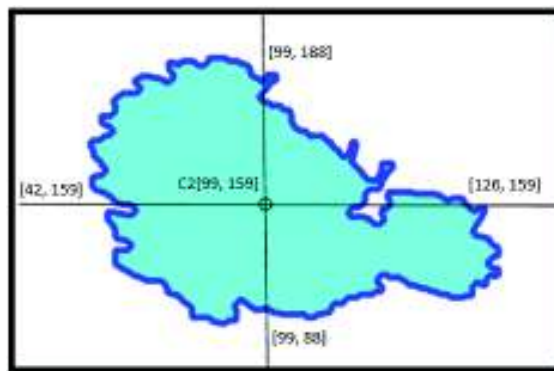
La matriz obtenida  $B2$ , contiene los píxeles que conforman el contorno de la lesión, en fila y columna. Con esta información y con el valor del centro de masa  $C2$ , se encuentran aquellos valores extremos de la lesión que coinciden con los ejes trazados sobre  $C2$ . Al realizar la búsqueda se encuentra más de un valor de coincidencia, debido a dos razones, la primera corresponde a la naturaleza misma de la lesión ya que presenta valores que coinciden tanto a la derecha como a la izquierda del centro de masa y la segunda, debido a que el contorno detectado no es ideal, es decir, existen contornos que pueden atravesar más de una vez un eje.

La solución propuesta exige que se tomen los valores que corresponden a los extremos, por eso se escoge de este rango de valores máximos y mínimos, como se describe en la Figura 2.3.



**Figura 2.3.** Búsqueda de puntos extremos de la lesión.

Dando como resultado el siguiente diagrama de posición de puntos extremos de la lesión, en el cual se puede detectar la simetría al calcular las distancias en píxeles del centro de masa a cada uno de los puntos extremos. La Figura 2.4. muestra la posición simbólica de los puntos máximos y mínimos obtenidos en la variación axial.



**Figura 2.4.** Ubicación simbólica de los valores extremos de la lesión.

El análisis de la simetría se realiza al comparar el valor de las distancias obtenidas en el mismo eje. Obteniéndose este valor en píxeles en el eje horizontal derecho e izquierdo, si la comparación de las distancias no excede la tolerancia fijada en el estudio se considera simétrico en un eje, si la comparación en el eje vertical resulta similar, la simetría será en dos ejes, caso contrario se considera asimétrico. Si el resultado se considera simétrico, la puntuación asignada es cero, mientras que, si la simetría existe solo en un eje, la asignación es de 1.3 puntos y si no existe simetría en ningún eje la puntuación será 2.6 puntos como máximo, tal y como se muestra en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Asignación de puntajes Simetría, Regla ABCD

CARACTERÍSTICA	FACTOR	PUNTAJE	TOTAL
<b>SIMETRÍA AMBOS EJES</b>	1.3	0	0
<b>SIMETRÍA UN EJE</b>	1.3	1	1.3
<b>ASIMÉTRICO</b>	1.3	2	2.6

Debido a que la exactitud de la simetría es bastante limitada, tanto en la detección manual como en la detección automática. Se ha optado por realizar un estudio previo con diez imágenes de condiciones benignas, las mismas que se muestran en la Figura 2.5.



**Figura 2.5.** Lesiones benignas en estudio de borde.

Mediante el Código 2.1. que se muestra a continuación se determina la variación en píxeles para el eje “x” e “y”. A partir de la ubicación del centro de masa de la lesión se determinan los extremos y con ello los valores axiales en píxeles. Primero se encuentran los valores extremos que coinciden con las coordenadas del centro de masa, ya que estos valores pueden o no ser únicos se escoge el valor máximo de aquellos ubicados sobre el centro de masa y valor mínimo si se ubican bajo el centro de masa. Luego se encuentra la distancia en píxeles medida desde el centro de masa hacia arriba y hacia abajo. Por último, se calcula la variación que existe entre ellas.

**Código 2.1.** Detección de la variación axial.

1	<code>[filay,columnay] = find(B2(:,1) == C2(2));</code>
2	<code>ubiy=[filay,columnay];</code>
3	<code>yarri=max(filay);</code>
4	<code>yabaj=min(columnay);</code>
5	<code>varri=yarri-C2(2);</code>
6	<code>varabaj=C2(2)-yabaj;</code>
7	<code>vary = abs(varri-varabaj);</code>

El espacio muestral analizado proporcionó las variaciones axiales en pixeles como se muestra en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** Variación axial de 10 lesiones benignas.

Nº	Variación x	Variación y	TAMAÑO
Imagen 1	21	20	437x337
Imagen 2	91	85	362x274
Imagen 3	19	21	131x140
Imagen 4	90	155	608x410
Imagen 5	25	29	254x254
Imagen 6	44	45	367x404
Imagen 7	9	22	256x258
Imagen 8	85	152	640x413
Imagen 9	3	6	148x141
Imagen 10	25	25	182x214
<b>PROMEDIO</b>	41	61	339x285
	<b>20 pixeles</b>		<b>0.02%</b>

De las imágenes sometidas a estudio se concluye que la variación promedio que una lesión presenta para ser considerada como benigna es de 20 pixeles, en un tamaño promedio de imagen de 339x285 pixeles, por lo que se concluye que la simetría perfecta puede variar en un 0.02% de los pixeles totales de la imagen. Por lo que se decide usar los siguientes porcentajes en relación al total en pixeles de cada imagen. El perfil bajo debe permitir que la variación en pixeles sea más amplia puesto que con esta opción se pretende otorgar una puntuación menos crítica mientras que con el perfil alto se procura todo lo contrario.

La tolerancia en pixeles considerando el tamaño total de la imagen para los respectivos perfiles de detección que se muestran en la Tabla 2.3. Donde los parámetros en el caso del perfil bajo corresponden a un estudio realizado con los casos de malignidad como se muestra en el Anexo III. Donde la desviación en ambos se da en el 0.01%.

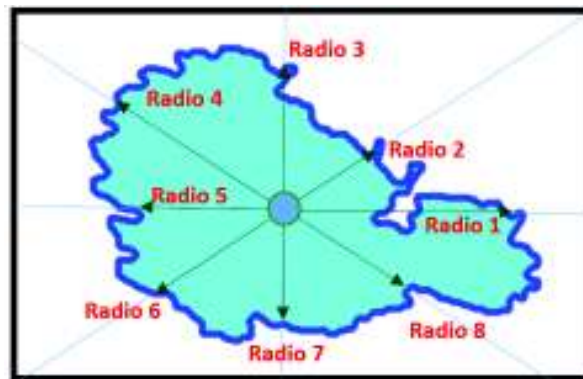
**Tabla 2.3.** Tolerancia en pixeles para los perfiles bajo, medio y alto.

PERFIL	TOLERANCIA
BAJO	0.03%
MEDIO	0.02%
ALTO	0.01%

### Borde

Los bordes de la lesión son analizados a través de octavas, es decir la lesión se divide en ocho partes iguales, de las cuales se analiza si existe una interrupción abrupta en el borde, es decir, existe un pico que sobresale de la región en estudio. Para esto se ha considerado el radio de cada uno de los ejes trazados en la lesión; al comparar estos valores se puede determinar si existe una variación excesiva con respecto al valor promedio de los mismos. En la Figura 2.6. se ejemplifica los radios de una lesión considerada como maligna. Los radios presentan cambios abruptos en todos los ejes.

Los diferentes radios serán determinados a través del Código 2.2 que se muestra a continuación; en el cual se toma como referencia el centro de masa de la lesión  $C2$  y los valores del borde de la lesión almacenados como ya se mencionó en la matriz  $B2$ . Para lo cual se varía un pixel tanto en el eje horizontal como vertical al mismo tiempo, incrementando esta variación hasta encontrar la coordenada existente en el borde; con este nuevo punto se procede a sacar una distancia pitagórica, medida en pixeles, que representa el radio medido a  $45^\circ$  en sentido anti horario. De igual forma se realiza en los ejes de  $135^\circ$ ,  $225^\circ$  y  $315^\circ$ .



**Figura 2.6.** Detección radial en octavas de la lesión.

Por la naturaleza de las lesiones, la comparación de estos radios no será exacta; por lo que se considerará un valor de tolerancia.

Este valor será determinado a través del estudio de 10 imágenes de lesiones benignas, en las cuales se determinaron los radios medidos en sentido anti horario, radio promedio,



total de pixeles de la lesión y porcentaje de variación. Los resultados del estudio se muestran en la Tabla 2.4.

**Código 2.2.** Detección de los radios en las octavas.

1	t25= C2 (1)+m; %incrementar un pixel en x
2	t26= C2 (2)+m; %incrementar un pixel en y
3	dp21= find(B2 (:,2)==t26 &B2 (:,1)==t25 );
4	dp21y= B2 ([dp21], [1]);
5	dp21x= B2 ([dp21], [2]);
6	eje2=[dp21x dp21y];
7	radio2=round(hypot(dp21x,dp21y));

**Tabla 2.4.** Estudio radial en octavas de 10 lesiones benignas.

N°		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Rp	Vmáx	Vmín	VT	%
Imagen 1	15630	60	103	97	109	81	81	77	103	89	20	29	49	0.3
Imagen 2	24928	39	299	137	100	130	172	52	100	129	170	90	260	1.0
<b>Imagen 3</b>	<b>10787</b>	<b>49</b>	<b>42</b>	<b>24</b>	<b>99</b>	<b>30</b>	<b>61</b>	<b>45</b>	<b>42</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>25</b>	<b>75</b>	<b>0.7</b>
Imagen 4	1491	28	27	22	27	16	25	28	25	25	3	9	12	0.8
Imagen 5	15348	49	78	95	202	74	113	66	78	94	108	45	153	1.0
Imagen 6	7199	81	70	32	70	37	70	77	79	65	16	33	49	0.7
Imagen 7	12464	76	267	62	77	57	124	64	206	117	150	60	210	1.7
Imagen 8	6117	84	20	13	89	16	66	84	66	55	89	13	102	1.7
Imagen 9	5900	37	49	54	113	40	55	48	112	64	49	27	76	1.2
Imagen 10	6621	59	74	32	39	34	88	57	48	54	34	22	56	0.8
PROMEDIO														0.9

Con el valor de radio promedio en cada imagen, se puede estimar la desviación en los casos extremos de cada lesión. Para ilustrar la variación radial se ha seleccionado la imagen 3 en estudio. A través del código implementado se determinaron los valores e pixeles de los radios en octavas y en la Figura 2.7 se presenta una gráfica en la cual se observa los valores que alcanzaron los radios. Así como el valor promedio que sirve de referente para determinar las variaciones máximas y mínimas de los casos más críticos. Estas variaciones en conjunto señalan la tolerancia que cumple el radio para que sea considerada como una lesión benigna. Adicional se ha calculado la misma relación para el caso de malignidad, dando como resultado un promedio de 1.7%, mismo valor que ratifica el cambio brusco presente en las lesiones con melanoma, como se especifica en el Anexo III, es por esto que se ha decidido usar una variación de 0.8% con respecto a los diferentes perfiles de detección.





**Figura 2.7.** Ejemplo radial en octavas de la lesión 3.

De lo que se concluye que el porcentaje de tolerancia en los casos en los que los bordes no presentan un cambio brusco (condición benigna) bordea el 0.9 % del total de píxeles contenidos en la lesión. En la Tabla 2.5 se especifica los valores de tolerancia para los respectivos perfiles de detección. Por cada extremo clasificado como excedente se asigna un valor de 0.1, caso contrario el puntaje es 0.

**Tabla 2.5.** Tolerancia en píxeles de la variación de los radios.

PERFIL	TOLERANCIA EN PIXELES
<b>BAJO</b>	1.7 %
<b>MEDIO</b>	0.9 %
<b>ALTO</b>	0.1 %

## Color

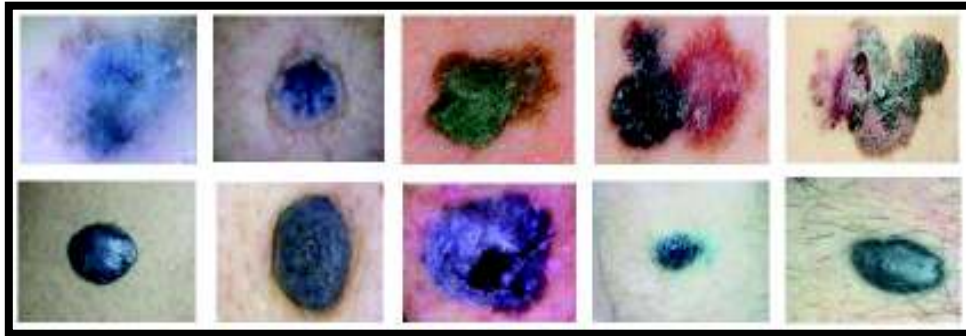
Para la identificación del color se consideran seis colores básicos presentes en cada lesión: blanco, rojo, marrón claro, marrón oscuro, azul y negro. Para cada color se asigna 0.5 pts si es detectado en la lesión.

Convertimos la imagen RGB a un formato de matiz, saturación y valor (HSV). Con el objetivo de utilizar el matiz para la detección de los diferentes colores. Obteniéndose una matriz de valores comprendidos entre 0-1.

Los valores seleccionados para la identificación de los colores han sido seleccionados dentro de un rango, cada uno corresponde a un valor aproximado según el rango de color del modelo HSV como se muestra en la Tabla 2.6.

La identificación del color en la lesión también es un parámetro variante, el diagnóstico depende de la percepción del especialista según sus años de experiencia. Para la

detección se ha seleccionado 10 imágenes de condiciones malignas (melanoma) por nevus azul, contenidas en la base de datos. Las imágenes en estudio se muestran en la Figura 2.8, las mismas fueron seleccionadas por el Dr. Santiago Palacios, dermatólogo de CEPI. Las imágenes clasificadas presentan un alto nivel de color azul este valor será el referente para determinar la cantidad adecuada de pixeles que debe contener la lesión antes de ser detectada como maligna, el color elegido es uno de los más críticos existentes en las lesiones.



**Figura 2.8.** Lesiones malignas (melanomas), estudio color.

**Tabla 2.6.** Asignación de rangos de color en HSV.

COLOR	VALOR
<b>Azul</b>	0.45 – 0.75
<b>Negro</b>	0.001 – 0.02
<b>Blanco</b>	0.9 – 1
<b>Rojo</b>	0.02 - 0.05
<b>Marrón Oscuro</b>	0.05 – 0.1
<b>Marrón Claro</b>	0.1 - 0.2

Con el Código 2.3. se transforma la imagen de formato RGB a HSV con el objetivo de obtener los valores numéricos de los colores presentes en la lesión. Se separa aquellos que están en el rango de estudio y se calcula el total de pixeles para estimar un porcentaje de presencia del color.

**Código 2.3.** Porcentaje de color azul presente en la lesión.

1	<code>imagenhsv=rgb2hsv(imagen);</code>
2	<code>h1=u3(:, :, 1);</code>
3	<code>az1=sum(sum(((h1&gt;0.45)&amp;(h1&lt;0.75)))); %pixel azul</code>
4	<code>az2=sum(sum(h1&gt;0));%pixeles totales</code>
5	<code>poraz=(az1/az2)*100;</code>

Al aplicar el código anterior a las 10 imágenes de muestra se obtuvo el número de píxeles detectados como azules, los píxeles totales presentes en el interior de la lesión y el porcentaje de color presente como se muestra en la Tabla 2.7.

Del estudio se concluye que, el porcentaje de color azul requerido para que una lesión sea considerada peligrosa bordea el 37.2 %, con estos resultados se decide usar el porcentaje más bajo de presencia para el perfil medio, el porcentaje promedio del estudio para el perfil medio y el porcentaje más alto de presencia de color para el perfil alto como se muestra en la Tabla 2.8.

Los porcentajes antes mencionados se aplicarán para cada uno de los posibles colores presentes en la lesión como una medida de detección en cada perfil.

Si el sistema encuentra que la lesión presenta menos del porcentaje fijado para cada perfil se considerará que la lesión posee el color, asignándole el valor señalado anteriormente, caso contrario la puntuación será de 0.

**Tabla 2.7.** Porcentaje de presencia de color azul.

<b>N°</b>	<b>N° píxeles azules</b>	<b>N° píxeles totales</b>	<b>%</b>
<b>Imagen 1</b>	27125	80953	33.5 %
<b>Imagen 2</b>	5814	9797	59.3 %
<b>Imagen 3</b>	6119	9778	62.6 %
<b>Imagen 4</b>	30317	108267	28.0 %
<b>Imagen 5</b>	33042	59439	55.6 %
<b>Imagen 6</b>	455	4509	10.1 %
<b>Imagen 7</b>	88686	210411	42.1 %
<b>Imagen 8</b>	28915	45091	64.1 %
<b>Imagen 9</b>	1049	13195	7.9 %
<b>Imagen 10</b>	1310	13781	9.5 %
<b>PROMEDIO</b>			<b>37.2 %</b>

**Tabla 2.8.** Porcentaje de presencia de color para los perfiles del sistema

<b>PERFIL</b>	<b>TOLERANCIA EN PÍXELES</b>
<b>BAJO</b>	7.9%
<b>MEDIO</b>	37.2 %
<b>ALTO</b>	64.1%

## **Diámetro**

Debido a que algunas de las lesiones estudiadas en este trabajo no contienen una referencia numérica, el diámetro no puede ser relacionado a un valor en milímetros, por lo cual a las lesiones benignas se les ha asignado un puntaje referencial de 1.5 puntos, teniendo en cuenta que el rango de esta característica es de [0 – 2.5] puntos. Con ello se pretende considerar el peor caso, es decir que el diámetro de la lesión exceda el límite de 6 mm, lo que se consideraría una lesión sospechosa de melanoma. Esta consideración será aplicada para el caso de análisis de condiciones benignas, en el caso de condiciones malignas se utilizará valores comprendidos entre [1.5 - 2.5] puntos de manera aleatoria para todas las condiciones. Para las imágenes que poseen la medida en milímetros, el puntaje será 0 si el tamaño es menor a 3mm. Si el diámetro está comprendido entre 3mm y 6 mm el puntaje será de 1.5 puntos y si supera los 6mm se asignará 2.5 puntos. Adicionalmente se añadirá una opción en el software para que el usuario ingrese el diámetro en el caso de poseer la información.

## **Descripción de la interfaz de usuario para la Regla ABCD**

La interfaz que estará al alcance del usuario se denomina Módulo ABCD, presenta la imagen seleccionada, segmentada y con la detección del borde, información adicional sobre los perfiles de detección, resultado tentativo, características consideradas como peligrosas, entre otras opciones que se detallan a continuación:

- **NUEVA IMAGEN:** con la que el usuario puede cargar las imágenes dermatoscópicas para su posterior visualización y procesamiento.
- **BAJO, MEDIO, ALTO:** que permiten variar los perfiles de detección según el requerimiento del usuario. Al seleccionar alguna de las opciones se muestra la imagen en formato binario, así como el resultado de la detección del borde. También se muestra el valor alcanzado por detección aplicando los parámetros antes descritos según la Regla ABCD y su posible clasificación. Adicionalmente el resultado también muestra que características han alcanzado los niveles máximos en la detección para que sean vigiladas en un próximo análisis y de esta manera descartar aquellas que no afecten mayormente al resultado. Los resultados mostrados en esta sección permiten evaluar cuál de las posibilidades es la más acorde según la necesidad del paciente.

- GUARDAR: con esta opción se puede guardar la imagen con el borde detectado en caso de que se requiera un seguimiento continuo y se desee realizar una comparación con la evolución posterior de la lesión.
- INFORMACIÓN: se despliega ayuda para la elección de los perfiles de detección.



**Figura 2.9.** Interfaz de usuario Regla ABCD, Melanoma.

Como ya se ha mencionado, la interfaz puede variar los perfiles de detección obteniéndose ponderaciones relativamente diferentes, esto es un gran beneficio, por si se desea realizar un seguimiento continuo de una lesión y en el peor de los casos se sospecha que sea maligno, en cuyo caso se analizaría la imagen en el perfil alto. En la Figura 2.9. se muestra un ejemplo del funcionamiento de la interfaz, en la cual se ha seleccionado una imagen con clasificación previa de maligna, como se observa la selección de uno de los perfiles habilita la detección.

## 2.3 MÉTODO DE MENZIES

En el método de Menzies se clasifica una serie de entre criterios positivos y negativos, como se detalló en el capítulo 1 de este proyecto. La interfaz para este método de diagnóstico será interactiva, debido a que el método de diagnóstico no puntúa un valor máximo o mínimo para cada una de las características analizadas, por lo cual, es necesario, que el usuario decida bajo su criterio, si la lesión cumple o no con la condición a ser analizada. Esta evaluación interactiva estará guiada por descripciones visuales de la característica en análisis para que el usuario tenga un referente en la selección. La elección será almacenada por el software para posteriormente definir la clasificación de la lesión en

base al método de diagnóstico. Adicionalmente cada interfaz mostrada en el método cuenta con opciones para retroceder o avanzar en el análisis de cada característica. Los criterios a ser analizados se detallan a continuación:

### **Criterio Negativos: Pigmento Reticular**

Cuando la lesión presenta diferentes “grietas”, en forma de caminos en la parte interna de la condición, estos son considerados como retículos. Esta condición está presente en la mayoría de lesiones, pero en los casos de melanoma se presenta en mayor cantidad. En el análisis de las imágenes resulta complicado definir la cantidad de retículos contenidos que confirman que la lesión es maligna puesto que el método de diagnóstico no lo especifica debido a que las condiciones son únicas y por ende la existencia de este patrón no garantiza que la lesión sea maligna en el cien por ciento. También depende en gran medida de la calidad de la imagen, enfoque, presencia de luz blanca e incluso reflexiones en la lesión. Para la identificación de los retículos presentes en la lesión se optó por segmentar la lesión como ya se explicó en el Módulo ABCD con el fin de aplicar el reconocimiento reticular en la parte interna. El Método de Menzies señala que este reconocimiento solo debe observarse en la parte de interés que contiene la mayor cantidad de información, es decir, omitiendo aquellos retículos que puedan existir en la parte externa ya que para ello se usará otra característica de análisis.

Una vez que la imagen es segmentada se usa el detector de bordes *canny* a través de la función *edge*, con el cual se detectan las formas continuas presentes en la lesión, con esto se logra visualizar las formas o retículos relevantes en la lesión. Por último, se realiza una multiplicación matricial con el fin de superponer estas detecciones en la imagen original en formato RGB. Como se muestra en la Figura 2.10.



**Figura 2.10.** Detección Pigmento Reticular.

La interfaz gráfica implementada para la detección de esta característica muestra la imagen a ser procesada, la imagen con sus correspondientes retículos y una imagen referencial

que categorizaría una lesión como maligna. Adicionalmente se presentan las siguientes opciones:

- CARGAR IMAGEN: permite importar la imagen para su posterior procesamiento, además carga la imagen referencial.
- PROCESAR IMAGEN: procesa la imagen y muestra los retículos de la lesión
- SELECCIONE UNA OPCIÓN: si la lesión presenta retículos similares a los presentados en imagen referencial se deberá escoger 'Sí' caso contrario la elección debe ser 'No'.



**Figura 2.11.** Patrón Reticular

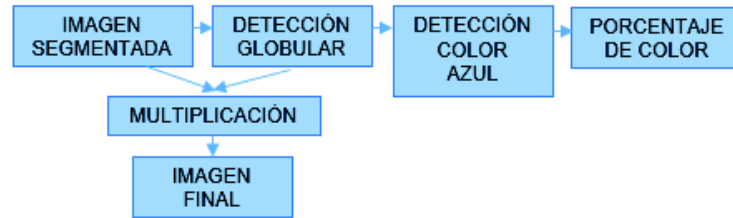
Con esta información visual, el usuario seleccionará si considera que la lesión cumple con la imagen referencial o no. El resultado de esta elección será considerado para el diagnóstico final.

En la Figura 2.11. se muestra un ejemplo de detección reticular, la lesión presenta demasiados retículos por lo que puede ser considerada como criterio presente.

### **Puntos color azul**

En la parte interna de la lesión se identifican los glóbulos presentes, estos muchas veces varían en color, tamaño y cantidad, pero si adquieren una tonalidad azul, son considerados como un criterio negativo. Para identificar estos glóbulos se ha optado por aplicar un filtro que los identifique, así como también determinar el porcentaje de azul presente en ellos. Para realizar la detección de este criterio médico se procesó la imagen ya segmentada en el criterio anterior y adicionalmente se aplicó el algoritmo de detección *canny*. Así se identifican los caminos que seguirían los glóbulos y en el caso de que estos caminos formen

una figura cerrada se detectará como punto. Por último, se calcula el porcentaje de azul presente en estas formas. Para la identificación de la cantidad de azul presente se ha optado por utilizar el Código 2.3. del Método ABCD. En la Figura 2.12. se especifica el proceso por el que atraviesa la imagen para la detección de este criterio.



**Figura 2.12** Detección puntos color azul.

La interfaz gráfica presenta un porcentaje referencial de color, se ha tomado la presencia de color para el perfil bajo. Este nivel es de 7.9 % según el estudio realizado en el Método ABCD. La elección del porcentaje se debe a que el caso mínimo de presencia de color se encuentra en el perfil bajo. Si el porcentaje detectado supera la referencia, existe la presencia del color, caso contrario se descarta. En la Figura 2.13. se muestra la interfaz con las siguientes opciones:

- PROCESAR IMAGEN: permite detectar los glóbulos presentes en la región segmentada. Muestra el porcentaje de color azul presente en la lesión.
- SELECCIONE UNA OPCIÓN: si la lesión supera el porcentaje referencial se deberá escoger 'Sí' caso contrario la elección debe ser 'No'.



**Figura 2.13** Puntos color azul



## Múltiples colores

Se identifican los seis colores que pueden estar presentes en una lesión, siendo estos: negro, blanco, rojo, marrón claro, marrón oscuro y azul. La detección de estos colores se realiza de manera similar a la detección de color en el Método ABCD. Si alguno de estos colores es predominante, es decir, supera el 7.9 %, se considera que está presente en la lesión. El valor seleccionado corresponde a la detección de color realizada para el color azul en el Método ABCD. El usuario podrá cuantificar el número de colores presentes en la lesión bajo su criterio, basándose en los valores alcanzados por cada color. La interfaz contiene las siguientes opciones.

- PROCESAR IMAGEN: permite calcular los porcentajes de los colores presentes en la lesión.
- ESCOJA UNA OPCIÓN: muestra la cantidad de colores que el usuario considera que superan el porcentaje referencial.

En la Figura 2.14. se muestra la detección de colores de la lesión en estudio, de los colores analizados cuatro están presentes en la lesión y tres superan el límite referencial por lo que la elección del número de colores detectados es tres. Si el número de colores presentes en la lesión son superiores a 3 el criterio está presente.

Color	Porcentaje
COLOR AZUL	0 %
COLOR ROJO	53 %
COLOR MARRÓN CLARO	0 %
COLOR MARRÓN OSCURO	34 %
COLOR NEGRO	3 %
COLOR BLANCO	9 %

**Figura 2.14.** Colores múltiples.

## Puntos negros en la periferia

El criterio es analizado cuando en la periferia se presentan glóbulos o puntos que sobresalen del borde, y cuyo color predominante es negro. Para localizar los puntos se

segmenta la imagen, pero la parte de interés es la externa y el interior es descartado. Los glóbulos se detectan de manera similar al criterio puntos azules. Se localizan los glóbulos y se calcula el porcentaje de color negro que alcanzan. En base a una nueva imagen referencial se procede a seleccionar la presencia o no de la característica según la detección visual y el porcentaje de negro alcanzado en la lesión. La interfaz contiene las opciones:

- PROCESAR IMAGEN: detecta los glóbulos en la periferia y calcula el porcentaje de color negro.
- SELECCIONE UNA OPCIÓN: si la lesión presenta suficientes glóbulos en la periferia y si el porcentaje de color supera el referencial, la selección debe ser 'Sí'. Por otra parte, si la lesión no presenta suficientes glóbulos o si el porcentaje de color es inferior al referencial, la selección debe ser 'No'.

En la Figura 2.15. se presenta la detección de los puntos periféricos y el porcentaje alcanzado por el color negro. En el caso en estudio la imagen muestra puntos en la periferia de la lesión, pero el porcentaje de negro revela que el color negro no indica riesgo ya que no supera el porcentaje referencial. Por lo tanto, el criterio no está presente en la lesión.



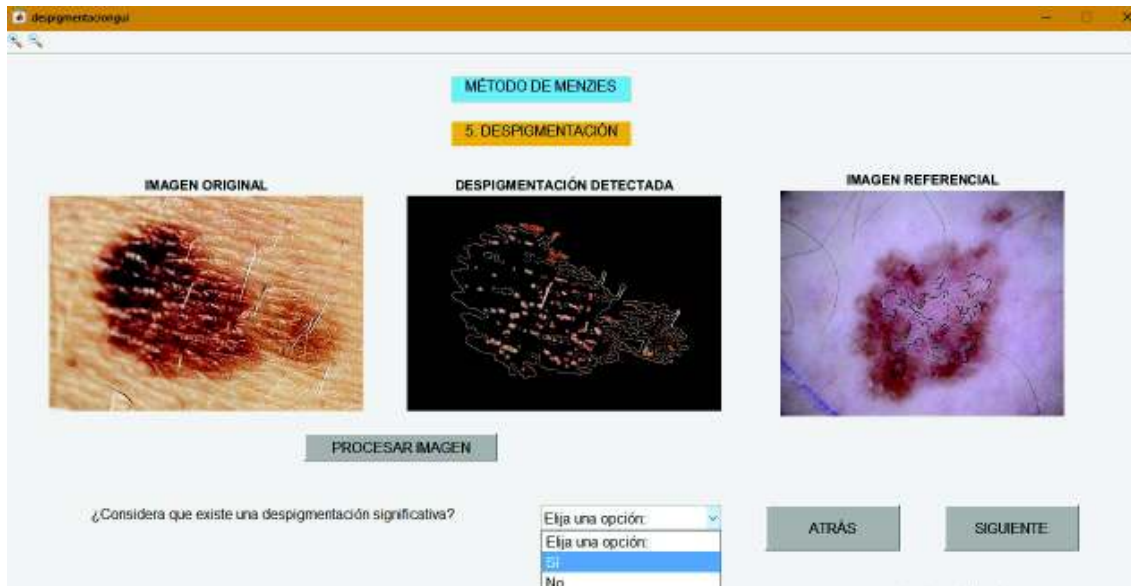
**Figura 2.15.** Puntos negros en la periferia.

### **Despigmentación**

Algunas lesiones pueden presentar secciones sin pigmentación en el interior de la lesión. Para la detección de las regiones se seleccionan las regiones o líneas que presentan un cambio brusco de color dentro de la lesión. Estas regiones son comparadas por el usuario

a través de una imagen referencial con la que se puede elegir si la lesión cumple con el criterio presentando alta despigmentación. Para el procesamiento de la imagen se ha propuesto aplicar el algoritmo *canny* sin cierre de contorno, debido a que los bordes detectados muchas veces corresponden a líneas de despigmentación. Luego de la detección se procede a multiplicar la imagen original con el fin de mostrar la despigmentación al usuario. En la interfaz se presentan las opciones:

- PROCESAR IMAGEN: presenta la despigmentación de la imagen procesada y una imagen de despigmentación referencial.
- SELECCIONE UNA OPCIÓN: si en la comparación visual el usuario considera que existe un alto grado de despigmentación en la imagen, la selección es 'Sí', caso contrario será 'No'. En la Figura 2.16 se muestra la despigmentación en la lesión analizada, se considera que la lesión presenta suficiente despigmentación, por ello la elección es 'Sí'.



**Figura 2.16.** Despигmentación.

### **Distribución Radial y Pseudópodos**

La lesión presenta unas protuberancias asimétricas en forma de dedos que sobresalen del contorno. En el primer caso estas protuberancias no tienen conexión con el núcleo de la lesión mientras que los pseudópodos están ligados entre sí de forma interna hasta que se extienden fuera del contorno. Este aspecto es difícil de diferenciar debido a que en muchas ocasiones pueden ser confundidos con cuerpos venosos. La detección de los mismos debe ser realizada por un profesional.

El software presentará la lesión a ser analizada y una imagen referente de la característica en detección. El usuario decidirá si el criterio está presente o no.

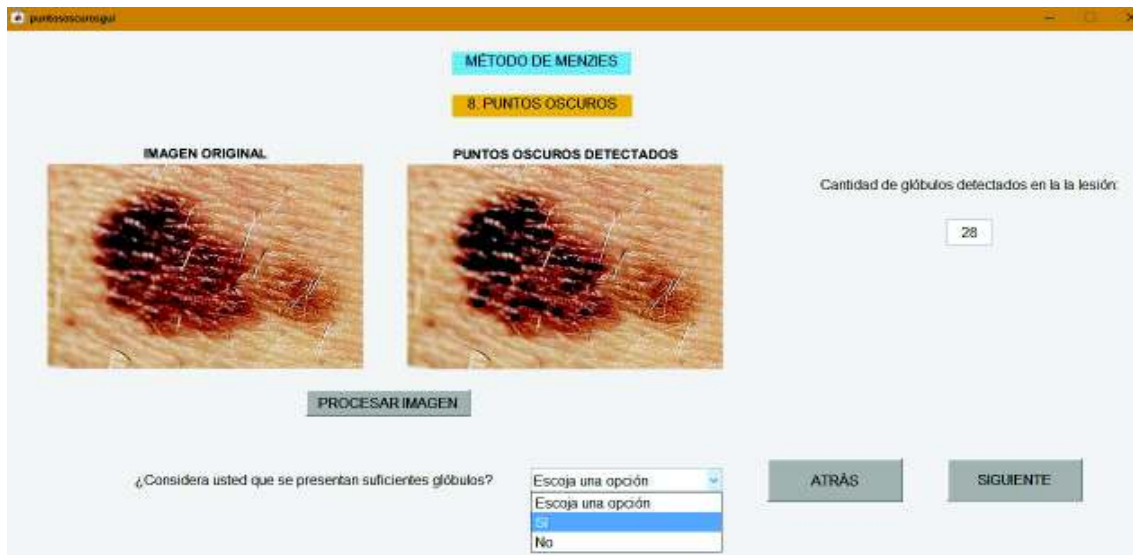


**Figura 2.17** Distribución Radial y Pseudópodos.

### **Puntos oscuros**

Si la lesión segmentada presenta glóbulos internos, es decir existen irregularidades circulares, éstas son un indicativo de malignidad. De manera similar que, en los puntos azules, se analizan los glóbulos presentes en la lesión, pero en este caso, se detecta la cantidad de glóbulos encontrados. Se realiza un conteo de las formas encontradas en la región para que el usuario realice la elección adecuada según la información visual y la cantidad encontrada. En la interfaz gráfica se muestran las opciones:

- PROCESAR IMAGEN: muestra los glóbulos encontrados en la lesión y también la cantidad hallada.
- SELECCIONE UNA OPCIÓN: si el conteo de glóbulos es grande y el usuario considera que existe gran presencia la elección es 'Sí', caso contrario si existen pocos glóbulos o visualmente pueden ser despreciados debido al tamaño de la lesión la elección es 'No'.



**Figura 2.18.** Puntos oscuros.

En la Figura 2.18 se muestra la detección visual de los glóbulos y la cantidad, como es una cantidad alta, la elección es que cumple el criterio en análisis. En la práctica los glóbulos son contados por los profesionales, se determina la existencia de la característica si el especialista considera que la cantidad hallada excede en medida al área de la lesión.

### **Velo Blanquecino/Azul**

La lesión cutánea puede contener un velo de color blanquecino azul que la cubre. El software calculará el porcentaje de esta tonalidad presente en la lesión. Si esta supera el 37.2% se acepta la presencia del criterio caso contrario el sistema considera que no existe la característica en la lesión.



**Figura 2.19.** Velo blanco/azul.



En la Figura 2.19 se muestra el porcentaje alcanzado por el velo blanco azul, como no alcanza un valor significativo, el sistema muestra que el criterio se encuentra ausente.

### **Criterios positivos: Patrón de Simetría**

Estos criterios son importantes ya que si existe presencia de alguno de ellos es un indicativo que evitaría la biopsia en el paciente.

Se detecta si la lesión muestra alguna simetría, en el eje vertical u horizontal, para ello se ha trazado el borde de la lesión y ubicado su centro de masa tentativo, el sistema arrojará una alternativa de detección para que el usuario lo tome como referente y escoja la opción que más se ajusta a la condición. La detección de esta característica es similar a la ya analizada en el Método ABCD por lo que se usaron los mismos algoritmos de detección. En la interfaz gráfica se muestran las opciones:

- PROCESAR IMAGEN: muestra el borde y centro de masa de la lesión. Detecta si existe asimetría o simetría en la condición y muestra la respuesta tentativa.
- SELECCIONE UNA OPCIÓN: si el usuario está de acuerdo o no con la detección del sistema elegirá 'Simétrico' o 'Asimétrico'.



**Figura 2.20** Patrón de Simetría.

En la figura 2.20 se muestra la detección del borde de la lesión y la respuesta tentativa del sistema, el usuario podrá decidir si concuerda con la detección o no, en el caso en análisis la detección visual muestra asimetría por lo que se decide la inexistencia del criterio.

## Color uniforme

El sistema contabiliza los colores detectados, con el fin de referenciar si la imagen presenta muchos colores o uno solo, con esta referencia se puede escoger la opción que mejor se ajuste. La detección de colores es semejante a la usada en el Método ABCD por lo que utilizó los mismos algoritmos de reconocimiento y con ello calculó la respuesta tentativa del sistema. El usuario decidirá si está o no de acuerdo con la detección del sistema en base a la información proporcionada y a su percepción del color. En la interfaz se muestran las opciones:

- PROCESAR IMAGEN: detecta los colores presentes en la lesión. Muestra una opción sugerente entre múltiples colores y color uniforme.
- RESULTADOS: avanza al posible diagnóstico de la lesión donde se contabilizan los criterios negativos y positivos presentes en la detección.
- SELECCIONE UNA OPCIÓN: en base a la detección de color tentativa realizada por el sistema se puede elegir entre 'Color uniforme' o 'Colores múltiples'.



**Figura 2.21** Color uniforme

En la Figura 2.21 se muestra la detección del sistema, en este caso se muestra una contradicción ya que el usuario decide que se presenta el criterio, contrario a la detección realizada por el sistema.

## Presentación de Resultados

El método médico estrictamente señala para que una lesión sea considerada como melanoma debe presentarse al menos un criterio negativo y para que sea benigna no deberían existir criterios negativos, pero sí un criterio positivo al menos. Esta consideración es bastante ambigua debido a que en muchos casos las lesiones presentan un criterio negativo como mínimo. El área de dermatología del Centro de la Piel ha realizado una variación en términos cuantitativos del método. Se considera que la lesión es maligna si presenta al menos tres criterios negativos. Esta variación provee datos un poco sólidos con respecto al diagnóstico de la patología. Cabe recalcar que solo la biopsia es capaz de detectar si el padecimiento es maligno con una certeza del 100%.

En la etapa final de la detección se presenta la cantidad de criterios negativos y positivos detectados. En base a la consideración del método se presenta la posible clasificación de la lesión. Si existen 3 o más de tres criterios negativos, el posible diagnóstico indicará que se sospecha de cáncer, mientras que, si existen menos de 3 criterios negativos presentes y al menos un criterio positivo, el diagnóstico tentativo será que se trata de una lesión benigna. En la Figura 2.22 se muestra la interfaz con el conteo de criterios negativos, positivos presentes y un diagnóstico tentativo del padecimiento.



**Figura 2.22** Resultados.

Como se muestra en la anterior figura el conteo de criterios negativos y positivos determinó que la lesión correspondería a una lesión maligna. Adicionalmente la interfaz muestra las opciones para realizar una nueva detección o salir del sistema.



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se muestran los resultados de las pruebas realizadas con las imágenes dermatoscópicas contenidas en la base de datos proporcionada por la Sociedad Americana contra el Cáncer y el Centro de la Piel (CEPI). La base contiene en conjunto 203 imágenes, de las cuales 115 están clasificadas como lesión benigna y 88 como melanoma. Se evaluaron las imágenes de la base de datos en la interfaz ABCD con el objetivo de determinar la efectividad del módulo desarrollado, obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 3.1.

#### 3.1 MÉTRICAS DE DESEMPEÑO MÓDULO ABCD

En este módulo se usaron tres perfiles de detección (bajo, medio y alto). Los perfiles antes mencionados fijan diferentes límites en cuanto a la detección. El perfil bajo es el menos agresivo de los tres pues los límites usados no son estrictos, siendo el perfil alto de detección todo lo contrario al anterior. El perfil medio por otra parte usa un rango promedio en los límites por lo que resulta bastante imparcial, como ya se detalló en la sección 2.1 del capítulo 2. De las pruebas realizadas con las diferentes imágenes se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 3.1.

Cabe mencionar que, en los cálculos de sensibilidad, especificidad y precisión se requiere que los resultados sean binarios, es decir enfermo o sano.

Con este precedente se consultó la opinión de un profesional con respecto a condición de lesión sospechosa, decidiéndose así que esta clasificación corresponde al caso más crítico, es decir melanoma. Por lo cual todos los casos clasificados como condición sospechosa serán asignados a la clasificación de melanoma.

Como ya se detalló en la sección 1.3 del capítulo 1, los resultados correspondientes a una medición de la calidad en la detección del software se le ha denominado test de referencia diagnóstica, los resultados de la evaluación para los diferentes perfiles de detección se detallan en la Tabla 3.2.

**Tasa de Falsos Negativos (TFN):** indica la probabilidad de clasificar un individuo enfermo como sano. Con la Ecuación 3.1. se calcula este parámetro.

. **Tabla 3.1.** Resultados de las pruebas realizadas con el Módulo ABCD.

<b>PERFIL BAJO</b>			
CASO CLÍNICO	BENIGNO	MELANOMA	SOSPECHOSO
BENIGNO	112	1	2
MELANOMA	22	42	24
<b>PERFIL MEDIO</b>			
CASO CLÍNICO	BENIGNO	MELANOMA	SOSPECHOSO
BENIGNO	102	4	9
MELANOMA	3	68	17
<b>PERFIL ALTO</b>			
CASO CLÍNICO	BENIGNO	MELANOMA	SOSPECHOSO
BENIGNO	47	21	47
MELANOMA	0	76	12

**Tabla 3.2.** Resultado Módulo ABCD, Gold Standard.

<b>PERFIL BAJO</b>		
	Benigno	Melanoma
Benigno	Verdadero Negativo (VN) 112	Falso Positivo (FP) 3
Melanoma	Falso Negativo (FN) 22	Verdadero Positivo (VP) 66
<b>PERFIL MEDIO</b>		
	Benigno	Melanoma
Benigno	Verdadero Negativo (VN) 102	Falso Positivo (FP) 13
Melanoma	Falso Negativo (FN) 3	Verdadero Positivo (VP) 85
<b>PERFIL ALTO</b>		
	Benigno	Melanoma
Benigno	Verdadero Negativo (VN) 47	Falso Positivo (FP) 68
Melanoma	Falso Negativo (FN) 0	Verdadero Positivo (VP) 88

$$TFN (general) = \frac{FN}{VP + FN} * 100\%$$

**Ecuación 3.1.** Tasa de Falsos Negativos.

$$TFN (perfil bajo) = \frac{22}{66 + 22} * 100\% = \frac{22}{88} * 100\% = 25 \%$$

$$TFN (perfil medio) = \frac{3}{85 + 3} * 100\% = \frac{2}{88} * 100\% = 3.40 \%$$

$$TFN (\text{perfil alto}) = \frac{0}{0 + 88} * 100\% = \frac{0}{88} * 100\% = 0 \%$$

Los cálculos en los tres perfiles de detección son porcentajes mínimos. El perfil de detección bajo es el que más falsos negativos presenta, esto debido a que las condiciones del perfil de detección son poco restrictivas, permitiendo que los casos de malignidad sean tomados como benignos.

**Tasa de Falsos Positivos (TFP):** es la probabilidad de que un individuo sano sea clasificado de manera errónea como enfermo. En la Ecuación 3.2 se muestra la fórmula que permite encontrar esta probabilidad.

$$TFP (\text{general}) = \frac{FP}{FP + VN} * 100\%$$

**Ecuación 3.2.** Tasa de Falsos Negativos.

$$TFP (\text{perfil bajo}) = \frac{3}{3 + 112} * 100\% = \frac{3}{115} * 100\% = 2.61\%$$

$$TFP (\text{perfil medio}) = \frac{13}{13 + 102} * 100\% = \frac{13}{115} * 100\% = 11.30\%$$

$$TFP (\text{perfil alto}) = \frac{68}{68 + 47} * 100\% = \frac{68}{115} * 100\% = 59.13\%$$

Los porcentajes en los perfiles de detección bajo y medio son bastante bajos. Pero el perfil alto tiene una gran cantidad de falsos positivos, debido a que las condiciones de este perfil son bastante estrictas, considerando los casos benignos como melanoma o lesión sospechosa.

**Sensibilidad:** Con los datos obtenidos en las pruebas se calcula la sensibilidad (probabilidad del test de diagnóstico de clasificar correctamente a un individuo enfermo) de cada uno de los perfiles. Con la Ecuación 3.3 se calcula la sensibilidad de cada perfil de detección

$$Sensibilidad(\text{general}) = \frac{VP}{VP + FN} * 100 \%$$

**Ecuación 3.3.** Sensibilidad del Test.

$$Sensibilidad(\text{perfil bajo}) = \frac{66}{66 + 22} * 100 \% = \frac{66}{88} * 100 \% = 75 \%$$

$$Sensibilidad (\text{perfil medio}) = \frac{85}{85 + 3} * 100 \% = \frac{85}{88} * 100 \% = 96.59 \%$$

$$\text{Sensibilidad(perfil alto)} = \frac{88}{88 + 0} * 100 \% = \frac{88}{88} * 100 \% = 100 \%$$

De los resultados calculados se concluiría que el perfil alto es el más adecuado, pero esto es falso debido a que el perfil de detección es bastante agresivo, tendiendo a clasificar un individuo sano como enfermo. Por esto es necesario analizar otras métricas como la especificidad y la precisión para una elección del perfil más imparcial.

**Especificidad:** Las pruebas realizadas también permiten calcular la especificidad del software, es decir la probabilidad de que un individuo sano sea considerado como enfermo por el método de diagnóstico. Con la Ecuación 3.4 se calcula la especificidad de cada perfil de detección:

$$\text{Especificidad}(general) = \frac{VN}{VN + FP} * 100 \%$$

**Ecuación 3.2.** Especificidad del Test.

$$\text{Especificidad(perfil bajo)} = \frac{112}{112 + 3} * 100 \% = \frac{112}{115} * 100\% = 97.39 \%$$

$$\text{Especificidad (perfil medio)} = \frac{102}{102 + 13} * 100 \% = \frac{102}{115} * 100 \% = 88.70 \%$$

$$\text{Especificidad(perfil alto)} = \frac{47}{47 + 68} * 100 \% = \frac{47}{115} * 100 \% = 69.11 \%$$

**Precisión:** Con los datos arrojados por el sistema se puede cuantificar que tan bien funciona el sistema detectando a los verdaderos enfermos (sensibilidad), qué probabilidad hay de que un individuo sano tenga un resultado negativo en el test (especificidad) y con ello determinar la precisión del nuevo sistema de diagnóstico. Con la Ecuación 3.5. se calcula precisión del sistema de detección:

$$\text{Precisión (general)} = \frac{VP + VN}{VN + VP + FP + FN} * 100\%$$

**Ecuación 3.5.** Precisión.

$$\text{Precisión(perfil bajo)} = \frac{66 + 112}{66 + 112 + 3 + 22} * 100\% = \frac{178}{203} * 100\% = 87.68 \%$$

$$\text{Precisión (perfil medio)} = \frac{85 + 102}{102 + 85 + 13 + 3} * 100\% = \frac{187}{203} * 100\% = 92.11\%$$

$$\text{Precisión (perfil alto)} = \frac{88 + 47}{47 + 88 + 68 + 0} * 100\% = \frac{135}{203} * 100\% = 66.50\%$$

Los cálculos de precisión muestran que el perfil medio de detección es el que mejor responde a los resultados esperados. De los cálculos antes realizados se obtiene la Tabla 3.3 en la cual se detallan los resultados obtenidos en cuanto a especificidad y sensibilidad.

**Tabla 3.3.** Resultados de los diferentes Perfiles de Detección.

<b>MÉTODO DE DIAGNÓSTICO</b>	<b>SENSIBILIDAD</b>			<b>ESPECIFICIDAD</b>		
	<b>BAJO</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ALTO</b>	<b>BAJO</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ALTO</b>
Regla ABCD	75%	96.59%	100%	97.39%	88.70%	69.11%

Para que un nuevo sistema de diagnóstico sea aceptado por la comunidad médica se espera que la especificidad y la sensibilidad alcancen valores altos de probabilidad, pero este caso raramente se cumple. La sensibilidad se prefiere en casos en los que se requiere detectar la mayor cantidad de enfermos en una población a costa de aumentar los falsos positivos. Por lo general se elige cuando la condición tiene cura o existe un tratamiento que minimice las pérdidas humanas si es diagnosticado a tiempo. Los falsos positivos detectados no deben suponer un trastorno económico o psicológico al paciente. Por otro lado, la especificidad es primordial si el padecimiento es en extremo incurable o no existe un tratamiento, por lo que se espera eliminar los falsos positivos presentes en el diagnóstico. En el caso en que por error se detectara un falso positivo, este causaría un impacto psicológico en el paciente. Del test se resalta que el perfil medio de detección es el más adecuada para el diagnóstico y detección de las características presentes en una lesión cutánea superficial. Los índices alcanzados en el estudio son comparables con los que define el Gold Standard. En el cual se alcanzan valores de 98.7% en la sensibilidad y 90.4% en la especificidad, como se mencionó en la sección 1.3 del capítulo 1.

Los cálculos realizados señalan que el sistema de diagnóstico preliminar se acerca de manera significativa a los valores del Gold Standard en el Método ABCD

## **3.2 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON GOLD STANDARD**

A fin de interpretar cada uno de los valores hallados se considera que los porcentajes obtenidos en el perfil medio fueron los más adecuados en el diagnóstico de los casos clínicos, tanto benignos como malignos, por lo que estos valores serán el referente de comparación con el Gold Standard. Los valores alcanzados en las demás opciones son de

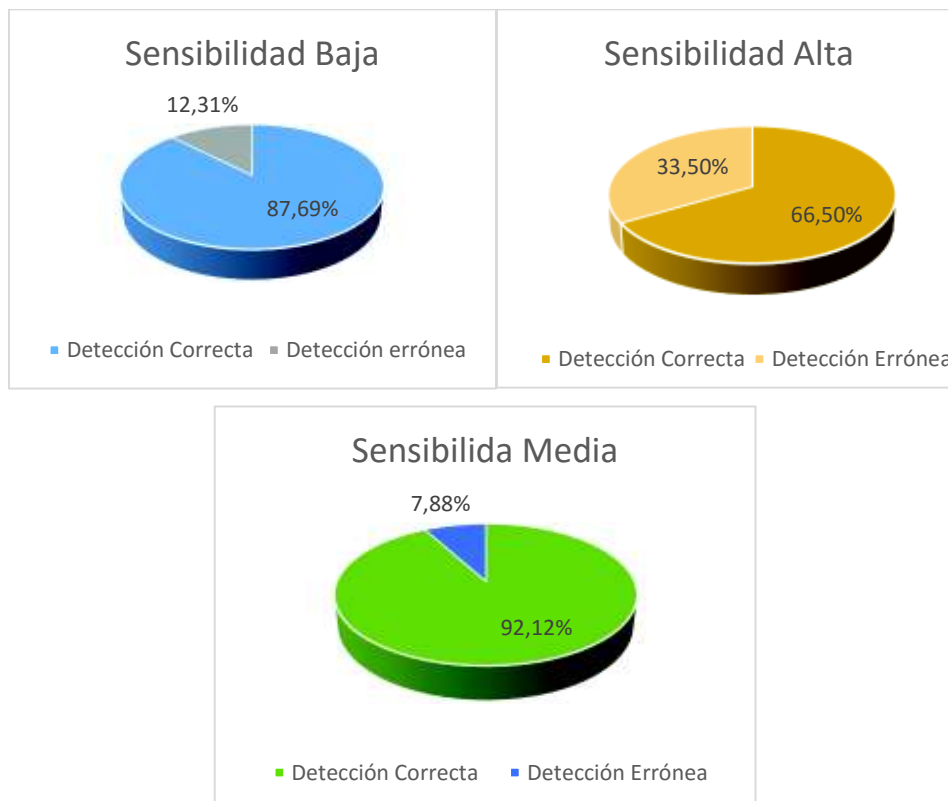
utilidad con respecto a las necesidades de cada individuo, es decir tienden un poco a apuntar la condición más crítica o viceversa. En la Tabla 3.4. se realiza una comparación entre los valores del Gold Standard y los alcanzados por el sistema:

**Tabla 3.4.** Comparación resultados Módulo ABCD y Gold Estándar.

ALGORITMO DE DIAGNÓSTICO	DESEMPEÑO	
	SENSIBILIDAD	ESPECIFICIDAD
GOLD STANDARD	98.7 %	90.4 %
MODULO ABCD	96.59 %	88.70 %

Como se puede observar los valores de sensibilidad y especificidad del Módulo ABCD son comparables con los estándares médicos usados para el análisis de esta patología. Se puede concluir que el sistema presenta buenos resultados, pero el perfil de detección medio es el más recomendado para realizar una detección imparcial.

El análisis de la eficiencia del módulo en términos más simples se puede realizar a través de los casos detectados de manera errónea de manera correcta. Del total de casos analizados en la base de datos (203), se tienen los siguientes valores de detección correcta en cada uno de los perfiles de detección, así como los casos detectados de forma errónea como se muestra en la Figura 3.1.

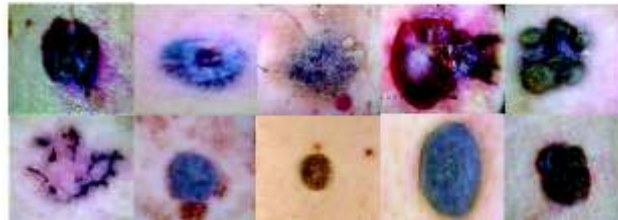


**Figura 3.1.** Porcentaje de Detección Correcta y Errónea.

### 3.3 RESULTADOS MÓDULO MENZIES

Debido a que el Método de Menzies es usado por profesionales en el área de salud, el sistema de detección debió ser puesto a prueba con un especialista de la piel. Se seleccionaron 20 imágenes aleatoriamente de la base de datos. De las cuales 10 corresponden a la carpeta de benignidad y 10 a la de cáncer. Las mismas se muestran en la Figura 3.2.

#### a) Lesiones malignas



#### b) Lesiones Benignas



**Figura 3.2.** Imágenes seleccionadas, Módulo Menzies.

El conjunto de imágenes se sometió a prueba con el Módulo Menzies en presencia del dermatólogo Dr. Santiago Palacios, colaborador del Centro de la Piel (CEPI). Cada criterio fue analizado de manera individual. El sistema presentó el resultado tentativo para cada característica y con la supervisión de un profesional se determinó si el análisis coincidía o no con el propuesto por el sistema. Se calificó la eficiencia de la detección en base al resultado final, es decir si la detección del software coincidía o no con la clasificación previa. Obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 3.5.

Se clasificó con un visto a los criterios detectados por el software y que coincidían con la opinión del profesional, caso contrario se colocó una marca (x). En el resultado final se clasificó como correcto si la ponderación del módulo coincidía con la opinión del profesional al catalogarlo como melanoma o lesión benigna.

**Tabla 3.5.** Resultados obtenidos en el Módulo Menzies.

BENIGNO	C1	C2	C3	C4	C5	C8	C9	C10	C11	RESULTADO
Imagen 1					X			X		CORRECTO
Imagen 2				X			X	X	X	CORRECTO
Imagen 3									X	CORRECTO
Imagen 4	X		X					X	X	CORRECTO
Imagen 5			X			X			X	CORRECTO
Imagen 6				X			X			CORRECTO
Imagen 7				X			X		X	CORRECTO
Imagen 8			X			X				CORRECTO
Imagen 9						X	X			ERRÓNEO
Imagen 10			X						X	CORRECTO
MELANOMA	C1	C2	C3	C4	C5	C8	C9	C10	C11	RESULTADO
Imagen 1			X							CORRECTO
Imagen 2			X			X	X		X	CORRECTO
Imagen 3		X		X		X		X		CORRECTO
Imagen 4			X			X				CORRECTO
Imagen 5	X	X				X	X		X	ERRÓNEO
Imagen 6	X	X	X				X	X	X	ERRÓNEO
Imagen 7				X		X		X	X	CORRECTO
Imagen 8							X			ERRÓNEO
Imagen 9							X		X	CORRECTO
Imagen 10										CORRECTO

Donde los criterios de detección han sido simbolizados como se muestra a continuación, teniendo en cuenta que los nueve primeros criterios son negativos y los dos últimos positivos.

C1: Pigmento Reticular

C2: Puntos Azules

C3: Colores Múltiples

C4: Puntos Negros en la Periferia

C5: Despigmentación

C6 y C7: Distribución Radial y pseudópodos

C8: Puntos Oscuros

C9: Velo Blanquecino

C10: Patrón de Simetría

C11: Color Uniforme



Algunos de los criterios analizados por el software no fueron correctos, sin embargo, el diagnóstico final coincidía con la clasificación previa. Esto debido a que el método de diagnóstico puntúa bastantes criterios y la ausencia o presencia de uno no afecta de manera significativa al diagnóstico final. De las 20 imágenes analizadas, fueron 4 las que mostraron resultados distintos a los previstos. Constituyendo porcentajes de certeza y error con respecto a esta muestra correspondientes a la Figura 3.3. El porcentaje de error del 20% es lato en comparación con los valores alcanzados en el primer método, esto debido a que los criterios en análisis no son cuantitativos. El método clasifica características como presentes o ausentes según el criterio en análisis, el método está sujeto a una percepción visual, mas no cuantitativa, he ahí la diferencia radical con los valores alcanzados en la Regla ABCD.



**Figura 3.3.** Imágenes seleccionadas, Módulo Menzies.

El módulo no fue probado con el resto de imágenes debido a que se requiere de la presencia de un especialista y el tiempo de análisis es bastante significativo. Con la muestra aleatoria sometida se infiere que se tendría una respuesta bastante satisfactoria.

## 4. CONCLUSIONES

La dermatoscopia digital es una técnica que en Ecuador aún no se explota al máximo. Debido en gran parte a la falta de cooperación interdisciplinaria que se da a nivel profesional. Muchos de los criterios analizados en una detección diagnóstica se dan a través de la visualización. De ahí surge la idea de concentrar esfuerzos en el procesamiento digital de imágenes, de manera que sean éstas la clave de un diagnóstico preciso evitando así las técnicas invasivas innecesarias.

Cuando se automatiza un nuevo sistema de diagnóstico médico es imprescindible que los parámetros y límites implementados consideren la opinión de un profesional. Debido a que las técnicas muchas veces son variaciones adaptadas a los casos clínicos presentes. El uso del software en el área de dermatología estará orientado a respaldar la opinión de un especialista. De esta manera se ofrecerá al paciente una prueba física de la benignidad del diagnóstico.

Este proyecto de titulación está basado en las técnicas de detección diagnóstica preliminar usadas en centros especializados en lesiones cutáneas. Los resultados obtenidos fueron expuestos ante dermatólogos y personal médico de los centros CEPI y SOLCA Quito. Obteniéndose una aprobación de las técnicas usadas en él.

Debido a que los métodos son de carácter cuantitativo y cualitativo es necesario fijar un rango de tolerancia en el análisis de cada característica. Los estudios previos realizados para determinar las condiciones bajo las cuales una lesión es considerada benigna, fueron de gran utilidad al momento de fijar dichos rangos. Con esto se ha podido realizar una aproximación de la tolerancia en pixeles de las variables para el módulo ABCD y el Método de Menzies.

Una parte crucial en la extracción de características relevantes de la lesión es la segmentación. Esta etapa depende en gran medida de la pigmentación de la lesión, si existiera poca pigmentación el sistema ponderaría una respuesta errónea ya que la base del sistema es la detección del borde de la lesión, la cual sería imposible si no existe una diferencia importante entre la lesión y la piel que lo rodea.

Las imágenes contenidas en la base de datos de este proyecto de titulación no cumplen un estándar, es decir, al ser una recopilación de varias fuentes médicas certificadas, no contienen una referencia métrica visual o en pixeles, cabe recalcar que esto afecta la asignación del puntaje para la característica diámetro en el módulo ABCD, aún con esta

clara desventaja los resultados obtenidos fueron en gran medida los esperados (coinciden con la clasificación médica previa). En la actualidad muchas de las imágenes dermatoscópicas incluyen una referencia en milímetros, con lo cual este inconveniente puede ser fácilmente corregido.

Una parte importante en la detección es la extracción de los bordes de la lesión, los mismos que pueden verse afectados por la presencia de vellos en algunas de las imágenes. Esto podría afectar la ponderación ya que al realizar la binarización de la imagen pueden interferir en la detección del borde y con ello variar la simetría. Por esta razón las imágenes dermatoscópicas en análisis deben en lo posible ser tomadas sin la presencia de vellos para evitar errores con respecto a la detección del borde.

Al momento de evaluar el método de diagnóstico implementado se realizó un análisis de la sensibilidad, especificidad y precisión del módulo ABCD. Al ser comparados estos datos con el Gold Standard, es decir la prueba aceptada para el diagnóstico de forma universal, se concluye que el módulo ABCD brinda buenos resultados, de manera especial con el perfil medio de detección.

Los resultados presentados por el Módulo Menzies obedecen a una detección visual primaria, es decir, los criterios detectados corresponden a una detección no invasiva. En el método de Menzies también se puede detectar estos aspectos a través del tacto, permitiendo que la detección sea más precisa.

## **RECOMENDACIONES**

La adquisición de imágenes dermatoscópicas debería ser estándar, es decir, se debe colocar el dermatoscopio o cámara de tal manera que el eje mayor de la lesión sea paralelo al del equipo. Cuando la fotografía no es tomada de manera adecuada, no se observará si existe un cambio significativo en la lesión. Este proceso debe ser realizado de manera rigurosa puesto que la información digital obtenida permitirá crear un caso clínico de seguimiento y de esta manera agregar más valor al método de diagnóstico.

Las superficies cutáneas a ser analizadas deben estar limpias de cualquier sustancia que puede afectar la adquisición de la imagen. Cuando en la imagen se presentan cuerpos como vellos o líquidos, el sistema podría presentar un diagnóstico tentativo erróneo de la patología.

Las imágenes procesadas deben contener únicamente la lesión de interés, por lo que se aconseja que, si la lesión presenta más de un cuerpo pigmentado, se adquieran imágenes por separado.

El sistema podría ser mejorado con un estudio más amplio de casos positivos y negativos de tal manera que los porcentajes de presencia de color, tolerancia de variación en píxeles para la simetría y los bordes sean más exactos.

Se puede orientar la clasificación melanocítica de las imágenes dermatoscópicas de acuerdo a diferentes áreas corporales, ya que la aparición de una lesión pigmentada es más riesgosa dependiendo del lugar en el cual se genere. Con esto el sistema podría presentar un resultado tentativo más focalizado.

El análisis de la simetría de la lesión puede verse mejorado a través de la consideración superficial de la lesión, es decir, no solo usar el radio axial como referente, sino también realizar una comparación del área de la lesión al ser dividida en mitades o cuartos.

La detección del color de la lesión podría ser más exacta si se usaran ambos formatos, RGB y HSV para realizar una comparación entre el porcentaje de color detectado en ambos formatos y de esta manera seleccionar el más adecuado.

El sistema puede usarse como un respaldo al diagnóstico dermatológico ya que de ninguna manera podría reemplazar una opinión profesional, debido a las limitaciones propias del procesamiento de la imagen, así como de los métodos de diagnósticos aquí implementados.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. Bastidas Delgado and J. Guaman Reimundo, "Características Socio-Epidemiológicas del Melanoma en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca durante el periodo 2000 - 2008.", Doctorado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2013.
- [2] I. Hidrología, "Altos niveles de radiación solar ocasionaron incremento en los índices Ultravioleta y niveles de Ozono.", Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2018. [En línea]. Disponible: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/altos-niveles-de-radiacion-solar-ocasionaron-incremento-en-los-indices-ultravioleta-y-niveles-de-ozono/>.
- [3] "La radiación de rayos ultravioleta en Quito supera el estándar", El Comercio, 2018. [En línea]. Disponible: <http://www.elcomercio.com/actualidad/radiacion-rayos-ultravioleta-quito-estandar.html>.
- [4] "Tasas de supervivencia para el cáncer de piel de tipo melanoma por etapas.", Detección Temprana, Diagnóstico y clasificación por etapa., 2008. [En línea]. Disponible: <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel-tipo-melanoma/deteccion-diagnostico-clasificacion-por-etapas/tasas-de-supervivencia-para-el-cancer-de-piel-de-tipo-melanoma-por-etapas.html>.
- [5] C. Duarte and H. López, "Melanoma acral lentiginoso, revisión bibliográfica.", no. 155-166, pp. 1-3, 2007.
- [6] "Melanoma tipos, clasificación cutánea", Melanoma.com.es, 2004. [En línea]. Disponible: <http://melanoma.com.es/tipos>.
- [7] P. Zaballos, C. Carrera and S. Puig, "Criterios dermatológicos para el diagnóstico de Melanoma.", Doctorado, Ibero Latino Americana, 2011.
- [8] "Keep an eye on your skin with this app - Miiskin", Miiskin, 2013. [En línea]. Disponible: <http://miiskin.com/>.
- [9] "Visual Recognition Demo", Visual-recognition-demo.ng.bluemix.net, 2010. [En línea]. Disponible: <https://visual-recognition-demo.ng.bluemix.net/>.
- [10] P. Cueva and J. Yopez, "Sociedad de Lucha Contra el Cáncer SOLCA núcleo de Quito", Doctorado, SOLCA, 2014.

- [11] "Censo revela que los ecuatorianos aceptan sus orígenes étnicos", El Telégrafo, 2011. [En línea]. Disponible: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/4/censo-revela-que-los-ecuatorianos-aceptan-sus-origenes-etnicos>.
- [12] "Exposición a rayos UV (sol) causan enfermedades graves", Metro Ecuador, 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.metroecuador.com.ec/ec/noticias/2017/09/22/exposicion-rayos-uv-sol-causan-enfermedades-graves.html>.
- [13] "TEMIS -- Clear-sky UV index forecast and archives", Temis.nl, 2017. [En línea]. Disponible: <http://www.temis.nl/uvradiation/UVindex.html>.
- [14] "SOLCA Sociedad de Lucha Contra el Cáncer del Ecuador, Matriz Guayaquil", Solca.med.ec, 2004. [En línea]. Disponible: <http://www.solca.med.ec/>.
- [15] "IARC - International Agency for Research on Cancer", iarc.fr, 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.iarc.fr/>.
- [16] "Dermoscopy tutorial Compendium", Dermoscopy.org, 2010. [En línea]. Disponible: <http://www.dermoscopy.org/consensus/2b.asp>.
- [17] "Cáncer de piel tipo melanoma, clasificación", Cancer.org, 2007. [En línea]. Disponible: <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel-tipo-melanoma.html>.
- [18] "Universidad Nacional de Colombia", Repositorio UN, 2018. [En línea]. Disponible: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5735/1/7101024.2012.pdf>.
- [19] Diagnóstico de lesiones melanocíticas, 1st ed. 2005, pp. 2-4.
- [20] "MEDICAL IMAGE SEGMENTATION USING VARIOUS TECHNIQUES: A SURVEY", International Journal of Recent Trends in Engineering and Research, vol. 3, no. 2, pp. 120-130, 2017.
- [21] Segmentación de Imágenes. 2013, pp. 10-25.
- [22] S. DL, H. RB and G. GH, "Test Diagnóstico y Gold Standard", Aldanalysis.blogspot.com, 2013. [En línea]. Disponible: <http://aldanalysis.blogspot.com/2013/10/test-diagnostico-y-gold-standard.html>.
- [23] D. Sackett, R. Haynes and G. Guyatt, "Test Diagnóstico y Gold Standard", Aldanalysis.blogspot.com, 2013. [En línea]. Disponible: <http://aldanalysis.blogspot.com/2013/10/test-diagnostico-y-gold-standard.html>.
- [24] Sociedad Americana Contra el Cáncer, Cáncer. 2010.

## **6. ANEXOS**

ANEXO I. Diagrama de Flujo del Módulo ABCD

ANEXO II. Diagrama de Flujo del Módulo MENZIES

ANEXO III. Variación axial de 10 lesiones malignas.

ANEXO IV. Resultado de las evaluaciones Módulo ABCD (lesiones benignas)

ANEXO V. Resultado de las evaluaciones Módulo ABCD (lesiones malignas)

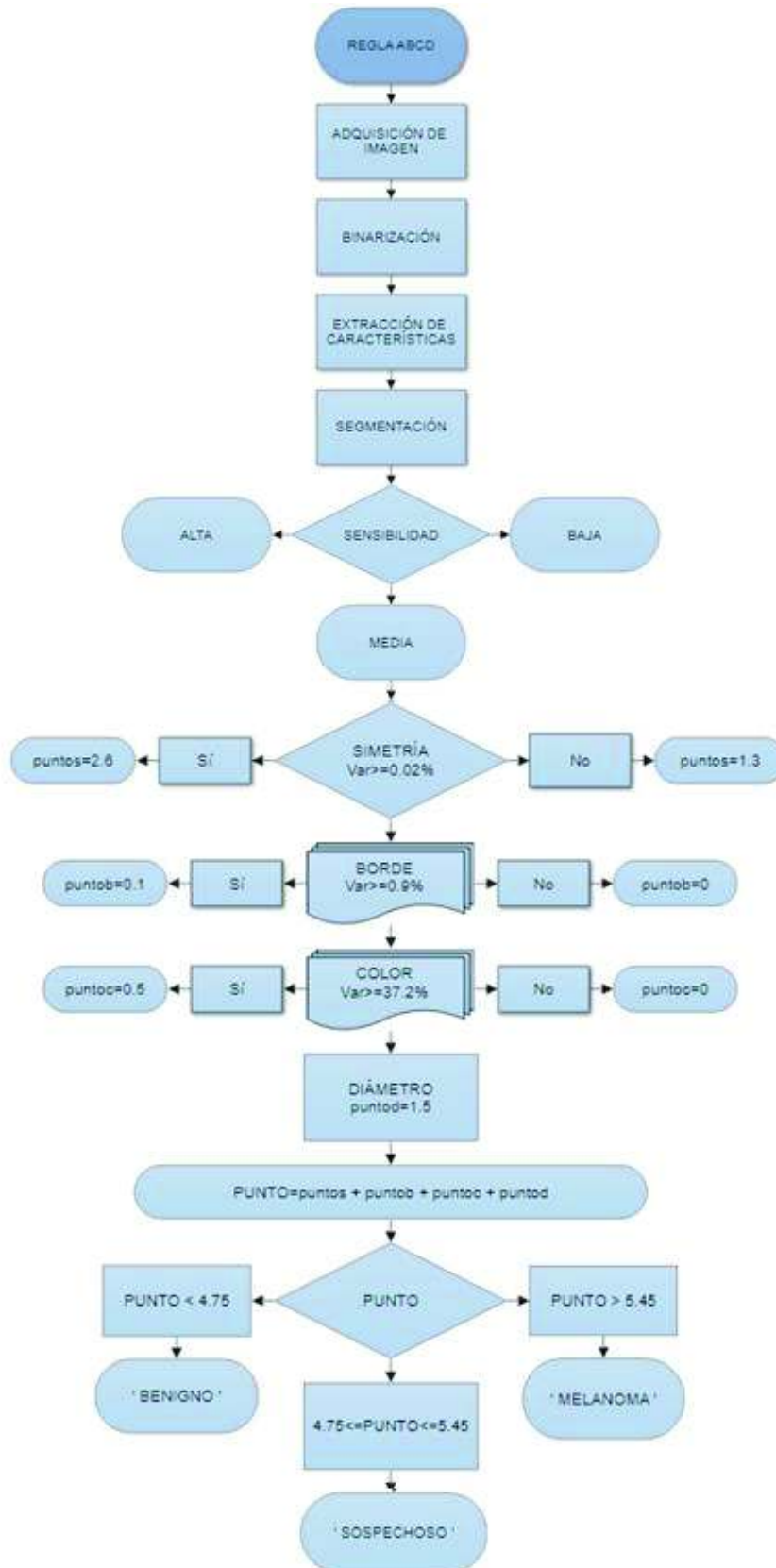
ANEXO VI. Código Módulo ABCD

ANEXO VII. Código Módulo MENZIES.

ANEXO VIII. Certificado SOLCA

# ANEXO I

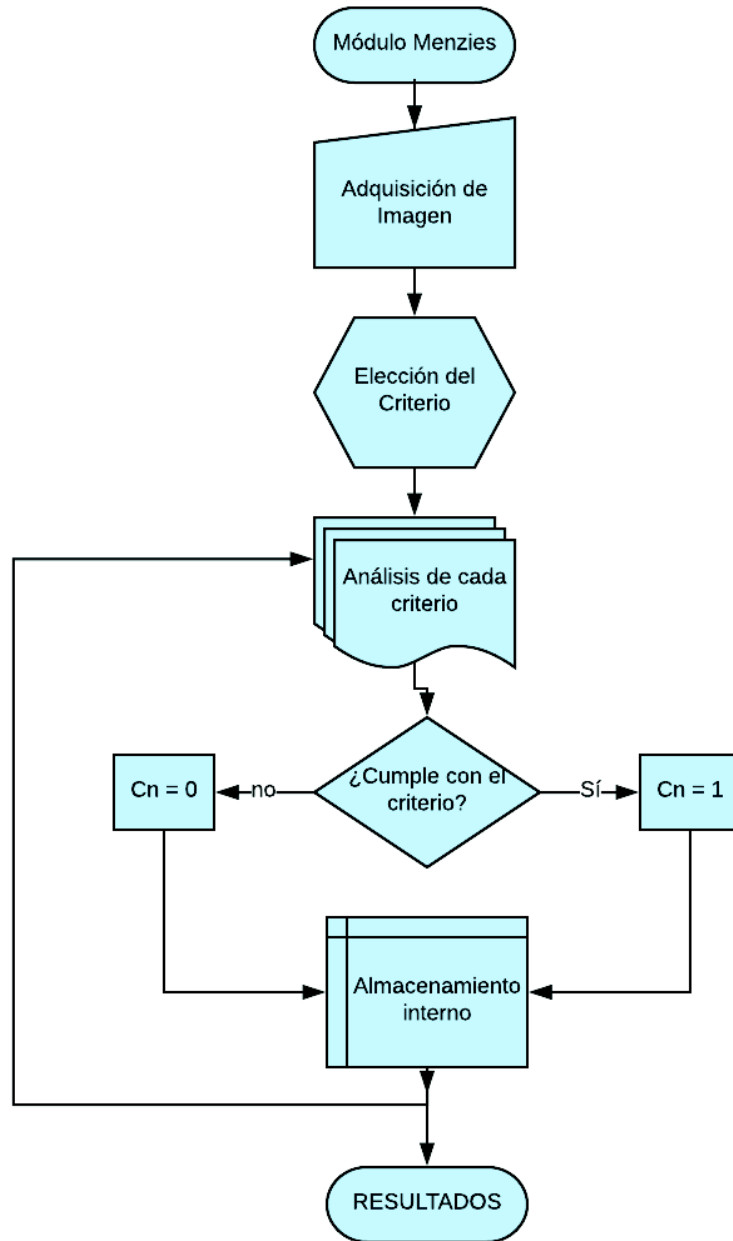
Diagrama de flujo del Módulo ABCD





## ANEXO II

Diagrama de flujo del Módulo Menzies



## ANEXO III

Variación axial de 10 lesiones malignas.

N°	Variación x	Variación y	TAMAÑO
<b>Imagen 1</b>	42	49	251x428
<b>Imagen 2</b>	16	8	584x354
<b>Imagen 3</b>	157	32	478x167
<b>Imagen 4</b>	210	27	279x557
<b>Imagen 5</b>	4	62	126x321
<b>Imagen 6</b>	75	63	367x404
<b>Imagen 7</b>	9	22	129x447
<b>Imagen 8</b>	179	13	687x458
<b>Imagen 9</b>	94	83	207x321
<b>Imagen 10</b>	103	61	587x327
<b>PROMEDIO</b>	89	43	370x378
	<b>46 pixeles</b>		<b>0.03%</b>

Como contraparte, se ha calculado la variación axial en el caso de malignidad, dando como resultado aproximadamente el doble de lo acordado en los casos de benignidad. Esto con el fin de escoger los mejores parámetros para fijar la tolerancia, como se concluye de este estudio, la tolerancia mayor al 0.03% del total de pixeles de la imagen segmentada en la variación axial supone un caso de asimetría según el estudio.

De igual manera se considera el cambio brusco con respecto a las lesiones malignas como se muestra en la siguiente tabla, donde el valor promedio alcanzado es de 1.7% reflejando una variación de radios entre caso benigno y melanoma de 0.8%, valor con el que se trabajará para los diferentes perfiles como se detalla en el Capítulo 2.

Estudio radial en octavas de 10 lesiones malignas.

N°		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Rp	Vmáx	Vmín	VT	%
Imagen 1	3780	45	67	101	78	174	69	57	82	84	90	39	129	3.4
Imagen 2	10747	22	69	37	82	20	12	14	100	45	55	33	88	0.8
Imagen 3	4578	12	89	64	172	160	47	64	20	79	81	67	148	3.2
Imagen 4	6781	98	101	78	62	120	31	78	32	75	45	44	89	1.3
Imagen 5	12378	35	64	25	35	43	101	25	16	43	58	27	85	0.7
Imagen 6	4772	97	92	51	76	98	82	26	92	77	20	51	71	1.5
Imagen 7	6789	87	62	102	114	93	126	110	64	95	31	33	64	0.9
Imagen 8	4879	99	71	171	103	98	113	127	187	121	66	50	116	2.4
Imagen 9	8798	54	98	174	156	83	93	107	117	110	54	56	120	1.4
Imagen 10	5879	96	101	157	189	67	154	189	116	133	56	66	122	2.1
<b>PROMEDIO</b>														1.7

## ANEXO IV

Resultado de las evaluaciones Módulo ABCD

Lesiones Benignas Sociedad Americana de Lucha contra el Cáncer

PERFIL BAJO		PERFIL MEDIO		PERFIL ALTO		IMAGEN
2,5	BENIGNO	4	BENIGNO	5,1	SOSPECHOSO	Imagen 1
2,6	BENIGNO	4,2	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 2
3,5	BENIGNO	4,1	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 3
2,6	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	5,2	SOSPECHOSO	Imagen 4
3,5	BENIGNO	3,8	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	Imagen 5
3,7	BENIGNO	3,9	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 6
3,5	BENIGNO	4,1	BENIGNO	4,3	BENIGNO	Imagen 7
3,6	BENIGNO	4,6	BENIGNO	7,4	MELANOMA	Imagen 8
2,7	BENIGNO	5,1	SOSPECHOSO	5,2	SOSPECHOSO	Imagen 9
4	BENIGNO	4,1	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 10
3,5	BENIGNO	4,3	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 11
3,5	BENIGNO	4,7	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 12
2,6	BENIGNO	4,3	BENIGNO	7,9	MELANOMA	Imagen 13
4	BENIGNO	4	BENIGNO	7	MELANOMA	Imagen 14
3	BENIGNO	4,2	BENIGNO	5,1	SOSPECHOSO	Imagen 15
4,1	BENIGNO	4,7	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	Imagen 16
3,5	BENIGNO	4,3	BENIGNO	7,4	MELANOMA	Imagen 17
3,7	BENIGNO	4,6	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	Imagen 18
3,2	BENIGNO	4,2	BENIGNO	5,1	SOSPECHOSO	Imagen 19
2,5	BENIGNO	4,2	BENIGNO	7,7	MELANOMA	Imagen 20
3,8	BENIGNO	4,3	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 21
3	BENIGNO	4,3	BENIGNO	4,8	MELANOMA	Imagen 22
3,7	BENIGNO	3,9	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 23
3,5	BENIGNO	4,1	BENIGNO	4,3	BENIGNO	Imagen 24
3,5	BENIGNO	4,4	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 25
2,8	BENIGNO	5,1	SOSPECHOSO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 26
2,7	BENIGNO	4,3	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 27
2,6	BENIGNO	4,2	BENIGNO	7,9	MELANOMA	Imagen 28
3,3	BENIGNO	4,6	BENIGNO	7,9	MELANOMA	Imagen 29
3,1	BENIGNO	4,3	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 30
3,8	BENIGNO	4,7	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 31
4,4	BENIGNO	4,7	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	Imagen 32
3,4	BENIGNO	4,5	BENIGNO	5,8	SOSPECHOSO	Imagen 33
3,6	BENIGNO	4,3	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 34
3	BENIGNO	4	BENIGNO	5,1	SOSPECHOSO	Imagen 35
3	BENIGNO	4,2	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 36
3,8	BENIGNO	4,6	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 37
2,2	BENIGNO	5	SOSPECHOSO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 38

3	BENIGNO	4,1	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 39
3,1	BENIGNO	4,3	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 40
4,3	BENIGNO	4,6	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 41
3,6	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 42
3	BENIGNO	4	BENIGNO	5,2	SOSPECHOSO	Imagen 43
3,4	BENIGNO	4,7	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	Imagen 44
3,3	BENIGNO	4,3	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	Imagen 45
3,8	BENIGNO	4,6	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 46
3,8	BENIGNO	4,3	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 47
3,3	BENIGNO	4,6	BENIGNO	5,1	SOSPECHOSO	Imagen 48
4	BENIGNO	4,6	BENIGNO	7,4	MELANOMA	Imagen 49
3,5	BENIGNO	4,1	BENIGNO	4,5	BENIGNO	Imagen 50
4,2	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	4,8	SOSPECHOSO	Imagen 51
3,3	BENIGNO	4	BENIGNO	7,9	MELANOMA	Imagen 52
3,8	BENIGNO	4,3	BENIGNO	7,9	MELANOMA	Imagen 53
3,8	BENIGNO	4,5	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	Imagen 54
3,5	BENIGNO	4	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 55
3,7	BENIGNO	4,3	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	Imagen 56
4,1	BENIGNO	4,7	BENIGNO	7,4	MELANOMA	Imagen 57
3	BENIGNO	4,1	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 58
2,5	BENIGNO	4	BENIGNO	5	SOSPECHOSO	Imagen 59
2,5	BENIGNO	4,3	BENIGNO	7,8	MELANOMA	Imagen 60
3,8	BENIGNO	4,6	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 61
3,8	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 62
3,8	BENIGNO	4,6	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 63
4,1	BENIGNO	4,1	BENIGNO	4,2	BENIGNO	Imagen 64
3,5	BENIGNO	4,3	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 65

Lesiones Benignas Centro de la Piel (CEPI)

PERFIL BAJO		PERFIL MEDIO		PERFIL ALTO		IMAGEN
3,5	BENIGNO	4,1	BENIGNO	4,3	SOSPECHOSO	Imagen 1
5	SOSPECHOSO	5	SOSPECHOSO	5,6	SOSPECHOSO	Imagen 2
2,1	BENIGNO	3,1	BENIGNO	3,1	BENIGNO	Imagen 3
2,6	BENIGNO	2,8	BENIGNO	3,1	BENIGNO	Imagen 4
4,1	BENIGNO	5,6	MELANOMA	5,6	MELANOMA	Imagen 5
5,6	MELANOMA	6,6	MELANOMA	7,1	MELANOMA	Imagen 6
4	BENIGNO	4	BENIGNO	4,3	BENIGNO	Imagen 7
2,1	BENIGNO	3,1	BENIGNO	3,6	BENIGNO	Imagen 8
2	BENIGNO	3,2	BENIGNO	3,3	SOSPECHOSO	Imagen 9
3,5	BENIGNO	4,1	BENIGNO	5,1	SOSPECHOSO	Imagen 10
4	BENIGNO	4	BENIGNO	4	BENIGNO	Imagen 11
3,5	BENIGNO	7,1	MELANOMA	7,4	MELANOMA	Imagen 12
4	BENIGNO	4,7	BENIGNO	4,9	SOSPECHOSO	Imagen 13

4	BENIGNO	4	BENIGNO	4	BENIGNO	Imagen 14
4	BENIGNO	4	BENIGNO	6,6	MELANOMA	Imagen 15
4	BENIGNO	4	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 16
3	BENIGNO	4	BENIGNO	4,5	BENIGNO	Imagen 17
2,5	BENIGNO	4	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 18
2,5	BENIGNO	4	BENIGNO	4,9	SOSPECHOSO	Imagen 19
3,3	BENIGNO	3,8	BENIGNO	5,1	SOSPECHOSO	Imagen 20
2,5	BENIGNO	4	BENIGNO	5	SOSPECHOSO	Imagen 21
2,5	BENIGNO	4	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	Imagen 22
4	BENIGNO	4,3	BENIGNO	4,5	BENIGNO	Imagen 23
3	BENIGNO	4,5	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 24
3,3	BENIGNO	4,4	BENIGNO	5,1	SOSPECHOSO	Imagen 25
3	BENIGNO	4	BENIGNO	4,7	BENIGNO	Imagen 26
2,5	BENIGNO	4	BENIGNO	4,5	SOSPECHOSO	Imagen 27
3	BENIGNO	4	BENIGNO	4,5	BENIGNO	Imagen 28
3,5	BENIGNO	4,5	BENIGNO	4,6	BENIGNO	Imagen 29
3,5	BENIGNO	4	BENIGNO	4,3	BENIGNO	Imagen 30
4	BENIGNO	4	BENIGNO	4	BENIGNO	Imagen 31
2,5	BENIGNO	4	BENIGNO	4,5	BENIGNO	Imagen 32
3,5	BENIGNO	3,5	BENIGNO	4,5	BENIGNO	Imagen 33
3,1	BENIGNO	4,1	BENIGNO	4,9	SOSPECHOSO	Imagen 34
3	BENIGNO	4,3	BENIGNO	4,4	BENIGNO	Imagen 35
3,5	BENIGNO	4	BENIGNO	4	BENIGNO	Imagen 36
4	BENIGNO	4	BENIGNO	4	BENIGNO	Imagen 37
2,5	BENIGNO	4	BENIGNO	7,1	MELANOMA	Imagen 38
3,5	BENIGNO	4	BENIGNO	4,5	BENIGNO	Imagen 39
3,5	BENIGNO	4	BENIGNO	4,5	BENIGNO	Imagen 40
3	BENIGNO	4,1	BENIGNO	4,9	BENIGNO	Imagen 41
3,5	BENIGNO	5	SOSPECHOSO	5,6	MELANOMA	Imagen 42
5,1	SOSPECHOSO	7,1	MELANOMA	7,3	MELANOMA	Imagen 43
4	BENIGNO	4	BENIGNO	4,3	BENIGNO	Imagen 44
4	BENIGNO	4	BENIGNO	4,3	BENIGNO	Imagen 45
3,5	BENIGNO	4,5	BENIGNO	4,7	BENIGNO	Imagen 46
2,5	BENIGNO	4,5	BENIGNO	7,2	MELANOMA	Imagen 47
3,5	BENIGNO	4	BENIGNO	4	BENIGNO	Imagen 48
3,5	BENIGNO	4	BENIGNO	4,5	BENIGNO	Imagen 49
3,2	BENIGNO	4,2	BENIGNO	4,7	BENIGNO	Imagen 50

## ANEXO V

Resultado de las evaluaciones Módulo ABCD

Lesiones Malignas Sociedad Americana de Lucha contra el Cáncer

	PERFIL BAJO		PERFIL MEDIO		PERFIL ALTO	IMAGEN
7,2	MELANOMA	7,8	MELANOMA	7,8	MELANOMA	Imagen 1
7,1	MELANOMA	7,6	MELANOMA	7,6	MELANOMA	Imagen 2
5,9	MELANOMA	8	MELANOMA	8,4	MELANOMA	Imagen 3
6,6	MELANOMA	6,8	MELANOMA	7,8	MELANOMA	Imagen 4
7	MELANOMA	7,7	MELANOMA	7,8	MELANOMA	Imagen 5
4,9	SOSPECHOSO	7,8	MELANOMA	8,8	MELANOMA	Imagen 6
6,1	MELANOMA	7,1	MELANOMA	7,8	MELANOMA	Imagen 7
6,6	MELANOMA	7,9	MELANOMA	8,7	MELANOMA	Imagen 8
6,1	MELANOMA	7,5	MELANOMA	8	MELANOMA	Imagen 9
5,9	MELANOMA	7,4	MELANOMA	8	MELANOMA	Imagen 10
6,6	MELANOMA	7,4	MELANOMA	8	MELANOMA	Imagen 11
4,6	BENIGNO	5	SOSPECHOSO	8,8	MELANOMA	Imagen 12
4,5	BENIGNO	4,6	BENIGNO	4,8	SOSPECHOSO	Imagen 13
6,5	MELANOMA	7,4	MELANOMA	7,4	MELANOMA	Imagen 14
7,2	MELANOMA	7,7	MELANOMA	8,7	MELANOMA	Imagen 15
7,8	MELANOMA	7,8	MELANOMA	8,3	MELANOMA	Imagen 16
6	MELANOMA	6,5	MELANOMA	6,5	MELANOMA	Imagen 17
4,8	SOSPECHOSO	4,8	SOSPECHOSO	5,2	SOSPECHOSO	Imagen 18
4,5	BENIGNO	5	SOSPECHOSO	6,2	MELANOMA	Imagen 19
6,2	MELANOMA	7,3	MELANOMA	7,9	MELANOMA	Imagen 20
6,6	MELANOMA	7,3	MELANOMA	7,7	MELANOMA	Imagen 21
2,8	BENIGNO	5,6	SOSPECHOSO	5,9	MELANOMA	Imagen 22
7	MELANOMA	8,4	MELANOMA	8,4	MELANOMA	Imagen 23
5,3	SOSPECHOSO	5,5	SOSPECHOSO	5,6	MELANOMA	Imagen 24
5,1	SOSPECHOSO	5,3	SOSPECHOSO	5,6	MELANOMA	Imagen 25
6,1	MELANOMA	6,2	MELANOMA	7,6	MELANOMA	Imagen 26
5	SOSPECHOSO	7,6	MELANOMA	7,6	MELANOMA	Imagen 27
4,8	SOSPECHOSO	5,6	MELANOMA	6,1	MELANOMA	Imagen 28
4,7	BENIGNO	8,4	MELANOMA	8,9	MELANOMA	Imagen 29
7,1	MELANOMA	7,9	MELANOMA	8	MELANOMA	Imagen 30
7	MELANOMA	7,7	MELANOMA	8,2	MELANOMA	Imagen 31
7	MELANOMA	7,7	MELANOMA	7,7	MELANOMA	Imagen 32
6,3	MELANOMA	8	MELANOMA	8,5	MELANOMA	Imagen 33
4,8	SOSPECHOSO	5,1	SOSPECHOSO	5,1	SOSPECHOSO	Imagen 34
6,5	MELANOMA	7	MELANOMA	7,6	MELANOMA	Imagen 35
6,2	MELANOMA	6,7	MELANOMA	7,1	MELANOMA	Imagen 36
4,3	BENIGNO	5,9	MELANOMA	6,3	MELANOMA	Imagen 37
4,8	SOSPECHOSO	4,8	SOSPECHOSO	4,8	SOSPECHOSO	Imagen 38
5,9	MELANOMA	7,9	MELANOMA	8,2	MELANOMA	Imagen 39
4,6	BENIGNO	5,6	MELANOMA	8,8	MELANOMA	Imagen 40
5,9	MELANOMA	8	MELANOMA	8,2	MELANOMA	Imagen 41
5,1	SOSPECHOSO	6,6	MELANOMA	7,1	MELANOMA	Imagen 42
2,8	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 43

4,9	SOSPECHOSO	5,6	MELANOMA	5,7	MELANOMA	Imagen 44
6,4	MELANOMA	7,4	MELANOMA	7,9	MELANOMA	Imagen 45
4,7	BENIGNO	5,3	SOSPECHOSO	5,3	SOSPECHOSO	Imagen 46
6,5	MELANOMA	7,6	MELANOMA	7,6	MELANOMA	Imagen 47
5,2	SOSPECHOSO	5,6	MELANOMA	5,6	MELANOMA	Imagen 48
7	MELANOMA	7,7	MELANOMA	8,2	MELANOMA	Imagen 49
4,8	SOSPECHOSO	4,8	SOSPECHOSO	5,1	SOSPECHOSO	Imagen 50
6,5	MELANOMA	7,4	MELANOMA	7,4	MELANOMA	Imagen 51
6,5	MELANOMA	7,6	MELANOMA	8,4	MELANOMA	Imagen 52
5,3	SOSPECHOSO	5,4	SOSPECHOSO	5,5	MELANOMA	Imagen 53
7	MELANOMA	7,3	MELANOMA	7,3	MELANOMA	Imagen 54
3,1	BENIGNO	6,2	MELANOMA	7,4	MELANOMA	Imagen 55
4,8	SOSPECHOSO	5,1	MELANOMA	5,2	SOSPECHOSO	Imagen 56
5	SOSPECHOSO	5	SOSPECHOSO	5	SOSPECHOSO	Imagen 57
4,5	BENIGNO	5	SOSPECHOSO	8,2	MELANOMA	Imagen 58
5,5	SOSPECHOSO	7,1	MELANOMA	8	MELANOMA	Imagen 59
3,5	BENIGNO	5,8	MELANOMA	8,9	MELANOMA	Imagen 60
5,2	SOSPECHOSO	7,8	MELANOMA	7,8	MELANOMA	Imagen 61
5,9	MELANOMA	8,5	MELANOMA	8,5	MELANOMA	Imagen 62
4,8	SOSPECHOSO	5,6	MELANOMA	6,1	MELANOMA	Imagen 63
6	MELANOMA	7	MELANOMA	7,8	MELANOMA	Imagen 64
5,6	MELANOMA	8	MELANOMA	8,1	MELANOMA	Imagen 65

Lesiones Malignas Centro de la Piel (CEPI)

PERFIL BAJO		PERFIL MEDIO		PERFIL ALTO		IMAGEN
6,1	SOSPECHOSO	7,6	MELANOMA	8,2	MELANOMA	Imagen 1
3,5	BENIGNO	5,5	MELANOMA	8,3	MELANOMA	Imagen 2
3,5	BENIGNO	5,5	MELANOMA	5,7	MELANOMA	Imagen 3
5	SOSPECHOSO	5	SOSPECHOSO	5	SOSPECHOSO	Imagen 4
7,1	MELANOMA	7,6	MELANOMA	8,2	MELANOMA	Imagen 5
5,1	SOSPECHOSO	7,1	MELANOMA	7,2	MELANOMA	Imagen 6
6,6	MELANOMA	6,6	MELANOMA	7,1	MELANOMA	Imagen 7
5,1	SOSPECHOSO	7,1	MELANOMA	7,3	MELANOMA	Imagen 8
3,5	BENIGNO	5,5	MELANOMA	5,5	MELANOMA	Imagen 9
5,1	SOSPECHOSO	7,1	MELANOMA	7,1	MELANOMA	Imagen 10
6,1	MELANOMA	8,1	MELANOMA	8,1	MELANOMA	Imagen 11
3	BENIGNO	4	BENIGNO	7,1	MELANOMA	Imagen 12
6,6	MELANOMA	6,6	MELANOMA	6,6	MELANOMA	Imagen 13
3,5	BENIGNO	6,1	MELANOMA	7,4	MELANOMA	Imagen 14
4,5	BENIGNO	5	SOSPECHOSO	5,5	MELANOMA	Imagen 15
4,5	BENIGNO	5,5	MELANOMA	8,4	MELANOMA	Imagen 16
5	SOSPECHOSO	5	SOSPECHOSO	5	SOSPECHOSO	Imagen 17
3,5	BENIGNO	6,6	MELANOMA	7,4	MELANOMA	Imagen 18
4,5	BENIGNO	4,5	BENIGNO	5	SOSPECHOSO	Imagen 19
7,6	MELANOMA	7,6	MELANOMA	7,6	MELANOMA	Imagen 20
6,1	MELANOMA	6,6	MELANOMA	7,1	MELANOMA	Imagen 21
6,6	MELANOMA	6,6	MELANOMA	6,6	MELANOMA	Imagen 22

3,5	BENIGNO	6,6	MELANOMA	7,1	MELANOMA	Imagen 23
-----	---------	-----	----------	-----	----------	-----------



## ANEXO VI

### Código Módulo ABCD

```
[FileName,PathName] = uigetfile('*.png');
global imagen
imagen = (imread([PathName '\' FileName]));
axes(handles.imagenoriginal);
imshow (imagen),title('IMAGEN ORIGINAL');
set(imagenoriginal,'toolbar','figure');
set(imagenoriginal,'menubar','figure');
if isempty(x)
    diametroreferencial=1.5
elseif y<=3;
    diametroreferencial=0;
elseif (y>3)&(y<6);
    diametroreferencial=1.5
elseif y>=6
    diametroreferencial=2.5
end
%pasar a escala de grises%
RGB2 = imadjust(imagen,[0.3 0.7],[1]);
imagen_g=rgb2gray(imagen);
% convertir imagen a binaria (negro y blanco)
imagen_b= ~im2bw(imagen_g);
tam=size(imagen_b);
tama=tam(1)*tam(2);
if tama<=2000
%elimina objetos con menos de 20 pixeles
imagen_e= bwareaopen(imagen_b,20);
else
imagen_e= bwareaopen(imagen_b,70);
end
numtot=find(imagen_b==1);
numtotal=size(numtot);
tam=size(imagen_b);
if tam(1)>=tam(2);
    a=tam(1);
else a =tam(2);
end
[~, threshold] = edge(imagen_e, 'sobel');
%factor de ajuste del umbral
fudgeFactor = .5;
% Primero, usamos edge y el operador Sobel para calcular el valor umbral.
imagen_s = edge(imagen_e,'sobel', threshold * fudgeFactor);
%Permite añadir puntos a un objeto en los pixeles que tocan el borde en
%una imagen binaria, aumentando la definición de la imagen
se90 = strel('line', 3, 90);
se0 = strel('line', 3, 0);
se180 = strel('line', 3, 180);
se270 = strel('line', 3, 270);
%dilata la imagen
imagen_d = imdilate(imagen_s, [se270 se180 se90 se0]);
%rellena los vacíos de la matriz binaria
imagen_h = imfill(imagen_d, 'holes');
%suprime las estructuras que son más livianas que sus alrededores
imagen_b= imclearborder(imagen_h, 8);
sd = strel('diamond',1);
%difumina la imagen
imagen_f = imerode(imagen_b,sd);
```

```

imagen_final = imerode(imagen_f,sd);
axes(handles.imagen_binaria);
imshow (imagen_final),title('IMAGEN BINARIA');
%traza un borde en los huecos de las imágenes
[B, ~] = bwboundaries(imagen_final,'holes');
%permite encontrar el centro de la figura, area y perimetro
stats = regionprops(imagen_final,'Area','Centroid','Perimeter');
%perimetro = stats.Perimeter;
[centro]= stats.Centroid;
%redondear los pixeles
C2=round(centro);
%convierto la celda a matriz
B2=cell2mat(B);
%muestra el perimetro de una imagen binaria, 1 contorno, 0 el resto
imagen_p = bwperim(imagen_final);
imagen_p=imdilate(imagen_p,[se270 se180 se90 se0]);
salida = imagen;
salida(imagen_p) = 255;
axes(handles.imagendetectada);
imshow (salida),title('IMAGEN DETECTADA');
%bordes de la lesión en pixeles
B2=cell2mat(B);
%Ubicación de los pixeles que coinciden con el eje
[filay,columnay] = find(B2(:,1) == C2(2));
%coordenadas en en y iguales pero diferentes en x
ubiy=[filay,columnay];
%tamaño de valores encontrtrados en filas
tamy=length(ubiy);
%recuperación de los valores en x de los extremos der e izq en x
for i=1:tamy
    s = ubiy(i,1);
    z(i)= B2([s],[2]);
end
xder = max(z);
xizq = min(z);
%UBICACIÓN DE PIXEL EN X
[filax,columnax] = find(B2(:,2) == C2(1));
%coordenadas en en x iguales pero diferentes en y
ubix=[filax,columnax];
%tamaño de valores encontrtrados en filas
tamx=length (ubix);
%%recuperación de los valores en y de los extremos arriba y abajo
for j=1:tamx
    t= ubix(j,1);
    w(j)= B2([t],[1]);
end
yarri=max(w);
yabaj=min(w);
%calculo de la variación en pixeles de los lados der e izq
vder=xder-C2(1);
vizq=C2(1)-xizq;
varx = abs(vder-vizq);
%calculo de la variación en pixeles de los lados arriba y abajo
varri=yarri-C2(2);
varabaj=C2(2)-yabaj;
vary = abs(varri-varabaj);
media=0.0002*tama;
mediax=round(0.12*tam(1));
mediay=round(0.21*tam(2));
if abs(varx - vary) <= media

```

```

    puntos=0;
elseif (varx==mediax) |(vary ==mediax)
    puntos=1.3;
elseif (varx==mediay) |(vary ==mediay)
    puntos=1.3;
else puntos=2.6;
end
%COLOR DE LA LESIÓN
f1 = uint8 (imagen_final);
%realizo la multiplicación elemento a elemento
u2=f1.*imagen;
u3=rgb2hsv(u2);
%seleccionamos el matiz
h1=u3(:,:,1);
% Obtenemos la cantidad de pixeles azules de la lesión 0.6
az1=sum(sum((h1>0.45)&(h1<0.75))));%azul (0.5 y 0.75) +- un margen
az2=sum(sum(h1>0));%pixeles dentro del contorno
poraz=(az1/az2)*100;
poraz=round(poraz);
if poraz<=37.2
    puntoaz=1*0.5;
else puntoaz=0
end
b11=sum(sum((h1>0.001)&(h1<0.02))));
b12=sum(sum(h1>0));%numero de pixeles  totales dentro del contorno
porbl=(b11/b12)*100;
porbl=round(porbl);
if porbl<=37.2
    puntobl=1*0.5;
else puntobl=0
end
n11=sum(sum((h1>0.9)&(h1<1))));
n12=sum(sum(h1>0));%numero de pixeles  totales dentro del contorno
porne=(n11/n12)*100;
porne=round(porne);
if porne<=37.2
    puntone=1*0.5;
else puntone=0
end
r11=sum(sum((h1>=0.02)&(h1<0.05))));%rojo (0 y 0.05) +- un margen
r12=sum(sum(h1>0));%numero de pixeles  totales dentro del contorno
porro=(r11/r12)*100;
porro=round(porro);
if porro<=37.2
    puntoro=1*0.5;
else puntoro=0
end
m11=sum(sum((h1>=0.05)&(h1<0.1))));
m12=sum(sum(h1>0));%numero de pixeles  totales dentro del contorno
pormo=(m11/m12)*100;
pormo=round(pormo);
if pormo<=37.2
    puntomo=1*0.5;
else puntomo=0
end
m11=sum(sum((h1>=0.1)&(h1<0.2))));
m12=sum(sum(h1>0));%numero de pixeles  totales dentro del contorno
pormc=(m11/m12)*100;
pormc=round(pormc);
if pormc<=37.2

```

```

    puntomc=1*0.5;
else puntomc=0
end
puntocolor=puntoaz+puntoro+puntone+puntobl+puntomc+puntomo
% Calculo del diámetro
global yarri
global C2
global B2
global yabaj
global xder
global xizq
diametroy=yarri-yabaj;
diametrox=xder-xizq;
if diametroy >= diametrox;
    diametro= round(diametroy);
elseif diametroy <= diametrox
    diametro=round(diametrox)
else diametro=round(diametrox)
end
%diámetros en los ejes
radio=(diametroy+diametrox)/4;
%BORDE DE LA LESIÓN
perimetro= stats.Perimeter;
C2=round(centro);
%%%%%%%%%%%%eje 3 y eje 7%%%%%%%%%%%%
[filay,columnay] = find(B2(:,1) == C2(2));
%coordenadas en en y iguales pero diferentes en x
ubiy=[filay,columnay];
%tamaño de valores encontrados en filas
tamy=length(ubiy);
%recuperación de los valores en x de los extremos der e izq en x
for i=1:tamy
    s = ubiy(i,1);
    z(i)= B2([s],[2]);
end
yarri = max(z);
yabaj = min(z);
varri=yarri-C2(2);
varabaj=C2(2)-yabaj;
vary = abs(varri-varabaj);
% % % %%%%%%%%%%%%%eje 1 y eje 5%%%%%%%%%%%%
[filax,columnax] = find(B2(:,2) == C2(1));
%coordenadas en en x iguales pero diferentes en y
ubix=[filax,columnax];
%tamaño de valores encontrados en filas
tamx=length (ubix);
%%recuperación de los valores en y de los extremos arriba y
for j=1:tamx;
    t= ubix(j,1);
    w(j)= B2([t],[1]);
end
xder=max(w);
xizq=min(w);
vder=xder-C2(1);
vizq=C2(1)-xizq;
varx = abs(vder-vizq);
for m=1:a;
    t25= C2(1)+m;
    t26= C2(2)+m;
    dp21= find(B2(:,2)==t26 &B2(:,1)==t25 );

```

```

    dp21y= B2 ([dp21], [1]);
    dp21x= B2 ([dp21], [2]);
    eje2=[dp21x dp21y];
    q1=isempty(dp21);
if q1== 1;%%% esta vacía
    else
        break
    end
end
if q1== 1;%%% esta vacía
    radio2 = round(perimetro/6.28);
else
radio2=round(hypot(dp21x,dp21y));
end
for k = 1:a;
    t255= C2(1)-k;
    t266= C2(2)+k;
    dp211= find(B2(:,2)==t266 &B2(:,1)==t255 );
    dp211y= B2 ([dp211], [1]);
    dp211x= B2 ([dp211], [2]);
    eje4=[dp211x dp211y];
    q11=isempty(dp211);
if q11== 1;%%% esta vacía
    else
        break
    end
end
if q11== 1;%%% esta vacía
    radio4 = round(perimetro/6.28);
else
radio4=round(hypot(dp211x,dp211y));
end
for k1 = 1:a;
    t55= C2(1)-k1;
    t66= C2(2)-k1;
    dp11= find(B2(:,2)==t66 &B2(:,1)==t55 );
    dp11y= B2 ([dp11], [1]);
    dp11x= B2 ([dp11], [2]);
    eje6=[dp11x dp11y];
    q6=isempty(dp11);
if q6== 1;%%% esta vacía

else
    break
end
end
if q6== 1;%%% esta vacía
    radio6 = round(perimetro/6.28);
else
radio6=round(hypot(dp11x,dp11y));
end
for k11 = 1:a;
    t555= C2(1)+k11;
    t666= C2(2)-k11;
    dp22= find(B2(:,2)==t666 &B2(:,1)==t555 );
    dp2y= B2 ([dp22], [1]);
    dp2x= B2 ([dp22], [2]);
    eje6=[dp2x dp2y];
    q2=isempty(dp22);
if q2== 1;%%% esta vacía

```

```

else
break
end
end
end
if q2== 1;%% esta vacía
    radio8 = round(perimetro/6.28);
else
radio8=round(hypot(dp2x,dp2y));
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%tolerancia de radio teórica
tolerancia=round(0.009*numtotal(1));
if vder<=tolerancia;
    punto1=0;
else
    punto1=0.1;
end
if radio2<=tolerancia;
    punto2=0;
else
    punto2=0.1;
end
if varri<=tolerancia;
    punto3=0;
else
    punto3=0.1;
end
if radio4<=tolerancia;
    punto4=0;
else
    punto4=0.1;
end
if vizq<=tolerancia;
    punto5=0;
else
    punto5=0.1;
end
if radio6<=tolerancia;
    punto6=0;
else
    punto6=0.1;
end
if varabaj<=tolerancia;
    punto7=0;
else
    punto7=0.1;
end
if radio8<=tolerancia;
    punto8=0;
else
    punto8=0.1;
end
puntob=punto1+punto2+punto3+punto4+punto5+punto6+punto7+punto8;
puntob=punto1+punto2+punto3+punto4+punto5+punto6+punto7+punto8;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%PUNTAJE
ABCD=puntos+puntob+puntocolor+diametroreferencial;
if ABCD<4.75
    total='BENIGNO';
elseif (ABCD>=4.75&&ABCD<=5.45)
    total='LESIÓN SOSPECHOSA:REQUIERE SEGUIMIENTO';

```

```

elseif ABCD>5.45
    total='MELANOMA';
end
texto=set(handles.edit4,'String',num2str(ABCD));
text=set(handles.edit5,'String',char(total));
%%%%RECOMENDACION%%%%
if puntos==2.6;
    recomens='A: Simetría Sospechosa - ';
else recomens='A:Simetría Normal - '
end
%puntob [0-0.8]
if puntob>=0.6;
    recomenb='B: Borde Sospechoso - ';
else recomenb='B: Borde Normal - '
end
%puntob [0-3]
if puntocolor>=2;
    recomenc='C:Color Sospechoso';
else recomenc='C: Color Normal'
end
recomenf=[recomens recomenb recomenc]
text=set(handles.recomendacion,'String',char(recomenf));
clear diametroreferencial
clear y

```

## ANEXO VII

### Código Módulo Menzies

#### Adquisición Imagen

```
[FileName,PathName] = uigetfile('*.jpg');
global imagen
imagen = (imread([PathName '\' FileName]));
axes(handles.axes1);
imshow (imagen),title('IMAGEN ORIGINAL');
axes(handles.axes);
ppu=imread('reticular.png');
imshow (ppu),title('IMAGEN REFERENCIAL');
```

#### Criterio 1: Pigmento Reticular

```
global imagen
imagen_g=rgb2gray(imagen);
G = fspecial('gaussian',20,5);
imagen_ii = imfilter(imagen_g,G,255);
imagen_b= ~im2bw(imagen_g);
imagen_e= bwareaopen(imagen_b,70);
[~, threshold] = edge(imagen_e, 'sobel');
fudgeFactor = .5;
imagen_s = edge(imagen_e,'sobel', threshold * fudgeFactor);
se90 = strel('line', 3, 90);
se0 = strel('line', 3, 0);
se180 = strel('line', 3, 180);
se270 = strel('line', 3, 270);
%dilata la imagen
imagen_d = imdilate(imagen_s, [se270 se180 se90 se0]);
imagen_h = imfill(imagen_d, 'holes');
imagen_b= imclearborder(imagen_h, 8);
sd = strel('diamond',1);
%difumina la imagen
imagen_f = imerode(imagen_b,sd);
imagen_final = imerode(imagen_f,sd);
f1 = uint8 (imagen_final);
%realizo la multiplicación elemento a elemento
u2=f1.*imagen;
imagen_c =edge(imagen_ii,'canny');
imagen_c=imdilate(imagen_c,[se270 se180 se90 se0]);
%cambio unos por ceros
imagen_cc=~imagen_c;
f1 = uint8 (imagen_cc);
imagen_nueva=u2.*f1;
%para dilatar la imagen
se = ones(1);
imagen_final= imdilate(imagen_nueva,se);
%%figure, imshow(imagen_final), title('filtro canny');
axes(handles.axes2);
imshow (imagen_final),title('RETÍCULOS DETECTADOS')
```

#### Criterio 2: Puntos Azules

```
imag = uint8 (imagen_fi);
```



```

imagf=imag.*imagen;
%figure, imshow(imagf), title('global');
axes(handles.axes2);
imshow (imagf),title('PUNTOS AZULES DETECTADOS');
u7=rgb2hsv(imagf);
%seleccionamos el matiz
h7=u7(:,:,1);
% Obtenemos la cantidad de pixeles azules de la lesión 0.6
azl1=sum(sum(((h7>0.45)&(h7<0.75))));%azul (0.5 y 0.75) +- un margen
az22=sum(sum(h7>0));%pixeles dentro del contorno
porazu=(azl1/az22)*100;
porazu=round(porazu);
texto=set(handles.edit1,'String',num2str(porazu));
if porazu>=7.9;
    message='EXISTEN PUNTOS AZULES EN LA LESIÓN';
elseif porazu<7.9;
    message='NO EXISTEN PUNTOS AZULES EN LA LESIÓN';
end
text2=set(handles.edit3,'String',char(message));

```

### Criterio 3: Puntos Azules

```

if poraz>=7.9
    f=1
else f=0
end
if porbl>=7.9
    e=1
else e=0
end
if porne>=7.9
    r=1
else r=0
end
if porro>=7.9
    n=1
else n=0
end
if pormo>=7.9
    a=1
else a=0
end
if pormc>=7.9
    d=1
else d=0
end
cuentacolor=f+e+r+n+a+d;
texto=set(handles.edit15,'String',num2str(cuentacolor));
if cuentacolor>3
    jk='MÚLTIPLES COLORES PRESENTES'
else
    jk='COLOR NORMAL'
end
text2=set(handles.edit16,'String',char(jk));

```

#### Criterio 4: Puntos Negros en la Periferia

```
u3=rgb2hsv(imj);
%seleccionamos el matiz
h1=u3(:,:,1);
%COLOR NEGRO
% % Obtenemos la cantidad de pixeles negros de la lesión 0
ne1=sum(sum((h1>0.001)&(h1<0.02))));
ne2=sum(sum(h1>0));%numero de pixeles  totales dentro del contorno
porne=(ne1/ne2)*100;
porne = round(porne,2);
texto=set(handles.edit1,'String',num2str(porne));
axes(handles.axes3);
if porne>=7.9;
    message='EXISTE PRESENCIA DE PUNTOS NEGROS EN LA PERIFERIA';
else
    message='NO EXISTE PRESENCIA DE PUNTOS NEGROS EN LA PERIFERIA';
end
pp=imread('puntosperiferia.png');
imshow (pp),title('IMAGEN REFERENCIAL');
text=set(handles.edit5,'String',char(message));
```

#### Criterio 5: Despigmentación

```
imagen_s = edge(imagen_e,'Canny', threshold * fudgeFactor);
imagen_h = imfill(imagen_s, 'holes');
%figure,imshow(imagen_h), title('Imagen usando canny');
imh=uint8(imagen_h);
u2=imh.*imagen;
%figure,imshow(u2), title('ImagenFinal');
axes(handles.axes2);
imshow (u2),title('DESPIGMENTACIÓN DETECTADA');
axes(handles.axes3);
pp=imread('despigmentacion.png');
imshow (pp),title('IMAGEN REFERENCIAL');

%pixeles despigmentados
ro2=sum(sum(imh>0));%numero de pixeles  totales dentro del contorno
%
ro3=sum(sum(imagen_finall==1));
por=(ro2/ro3)*100;
por=round(por,2);
texto=set(handles.edit2,'String',num2str(por));
if por>=30
    message='DESPIGMENTACIÓN CONSIDERABLE';
else
    message='DESPIGMENTACIÓN DESPRECIABLE';
end

text=set(handles.edit4,'String',char(message));
```

#### Criterio 8: Puntos Oscuros

```
imagenf=nue.*imagen;
%figure, imshow(imagenf), title('global');
axes(handles.axes22);
imshow (imagenf),title('PUNTOS OSCUROS DETECTADOS');
```

```

numobj= bwconncomp(imagen_fi);
number = numobj.NumObjects
texto=set(handles.edit1,'String',num2str(number));
if number>=12
    message='EXCESIVOS'
else
    message='NORMALES'
end
text=set(handles.edit2,'String',char(message));

```

### Criterio 9: Velo Blanquecino

```

u3=rgb2hsv(u2);
%seleccionamos el matiz
h1=u3(:, :, 1);
s1=u3(:, :, 2);
v1=u3(:, :, 3);
% Obtenemos la cantidad de pixeles azules de la lesión 0.6
azh1=sum(sum(((h1>0.065)&(h1<0.483))));%azul (0.5 y 0.75) +- un margen
azh2=sum(sum(h1>0));%pixeles dentro del contorno
porhaz=(azh1/azh2)*100
% Obtenemos la cantidad de pixeles azules de la lesión 0.6
azs1=sum(sum(((s1>0.08)&(s1<0.494))));%azul (0.5 y 0.75) +- un margen
azs2=sum(sum(s1>0));%pixeles dentro del contorno
porsaz=(azs1/azs2)*100
% Obtenemos la cantidad de pixeles azules de la lesión 0.6
azv1=sum(sum(((v1>0.231)&(v1<0.404))));%azul (0.5 y 0.75) +- un margen
azv2=sum(sum(v1>0));%pixeles dentro del contorno
porvaz=(azv1/azv2)*100
promedio= (porhaz+porsaz+porvaz)/3;
promedio=round(promedio,2);
text=set(handles.edit2,'String',num2str(promedio));
if promedio >=37.2;
    message='PRESENTE';
else message='AUSENTE';
end
text2=set(handles.edit4,'String',char(message));

```

### Criterio 10: Patrón de Simetría

```

%%%%%PERFIL MEDIO%%%%%
%SIMETRÍA PERFECTA, SIMETRÍA EN UN SOLO EJE, SIN SIMETRÍA
tam=size(imagen_b);
tama=tam(1)*tam(2);
media=0.0002*tama;
mediax=round(0.12*tam(1));
mediay=round(0.21*tam(2));
if abs(varx - vary) <= media
    puntos='SIMETRÍA';
elseif (varx==mediax)|(vary ==mediax)
    puntos='SIMETRÍA EN UN EJE';
elseif (varx==mediay)|(vary ==mediay)
    puntos='SIMETRÍA EN UN EJE';
else puntos='ASIMETRÍA';
end
text=set(handles.edit1,'String',char(puntos));

```

## Criterio 11: Color Uniforme

```
imagenf=nue.*imagen;

%figure, imshow(imagenf), title('global');
numobj= bwconncomp(imagen_fi);
number = numobj.NumObjects
f1 = uint8 (imagen_final);
%realizo la multiplicación elemento a elemento
u2=f1.*imagen;
%figure, imshow(u2), title('multiplicacion');
u3=rgb2hsv(u2);
%seleccionamos el matiz
h1=u3(:, :, 1);
az1=sum(sum((h1>0.45)&(h1<0.75))));%azul (0.5 y 0.75) +- un margen
az2=sum(sum(h1>0));%pixeles dentro del contorno
poraz=(az1/az2)*100;
poraz=round(poraz)
%COLOR BLANCO
% % Obtenemos la cantidad de pixeles negros de la lesión 0
b11=sum(sum((h1>0.001)&(h1<0.02))));
b12=sum(sum(h1>0));%numero de pixeles  totales dentro del contorno
porbl=(b11/b12)*100;
porbl=round(porbl)
%COLOR NEGRO
% % Obtenemos la cantidad de pixeles BLANCO de la lesión 1
ne1=sum(sum((h1>0.9)&(h1<1))));
ne2=sum(sum(h1>0));%numero de pixeles  totales dentro del contorno
porne=(ne1/ne2)*100;
porne=round(porne)
%COLOR ROJO
% % Obtenemos la cantidad de pixeles rojos de la lesión
ro1=sum(sum((h1>=0.02)&(h1<0.05))));%rojo (0 y 0.05) +- un margen
ro2=sum(sum(h1>0));%numero de pixeles  totales dentro del contorno
porro=(ro1/ro2)*100;
porro=round(porro)
%COLOR MARRÓN OSCURO
% % Obtenemos la cantidad de pixeles MARRON OSCURO de la lesión
mo1=sum(sum((h1>=0.05)&(h1<0.1))));
mo2=sum(sum(h1>0));%numero de pixeles  totales dentro del contorno
pormo=(mo1/mo2)*100;
pormo=round(pormo);
%COLOR MARRÓN CLARO
% % Obtenemos la cantidad de pixeles MARRON OSCURO de la lesión
mc1=sum(sum((h1>=0.1)&(h1<0.2))));
mc2=sum(sum(h1>0));%numero de pixeles  totales dentro del contorno
pormc=(mc1/mc2)*100;
pormc=round(pormc);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%COLORES MULTIPLES%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if poraz>0
    f=1;
else f=0;
end
if porbl>0
    e=1;
else e=0;
end
```

```
if porne>0
    r=1;
else r=0;
end
if porro>0
    n=1;
else n=0;
end
if pormo>0
    a=1;
else a=0;
end
if pormc>0
    d=1;
else d=0;
end
cuentacolor=f+e+r+n+a+d;
if cuentacolor>3
    jk='MÚLTIPLES COLORES'
else
    jk='COLOR UNIFORME'
end
texto=set(handles.edit1,'String',num2str(jk));
```

## **ANEXO VIII**

Certificado SOLCA

## ORDEN DE EMPASTADO