

# Memoria: Segmentación del Disco y la Copa en Retinografías

Pablo Pajón Area

12 de enero de 2025

## 1. Esquema Global del Método

El objetivo del proyecto es localizar y segmentar tanto el **disco óptico** como la **copa** en imágenes de fondo de ojo (retinografías), para estimar la relación Copa-Disco (CDR), elemento de importancia en el diagnóstico del glaucoma. El proceso se ha dividido en los siguientes pasos:

**Paso 1: Lectura de la imagen y conversión a escala de grises.**

Se cargan las imágenes en formato BGR (usando OpenCV) y se convierten a escala de grises para facilitar el procesamiento.

**Paso 2: Localización del disco óptico.**

Se detecta el píxel de máxima intensidad en la imagen en escala de grises, considerándolo como candidato al centro del disco óptico. Sobre este punto se extrae una ROI (Región de Interés) cuadrada de tamaño determinado.

**Paso 3: Preprocesado de la ROI.**

Se aplican operaciones morfológicas (cierre y apertura) para atenuar la influencia de las venas y se mejora el contraste mediante ecualización del histograma y transformación gamma, a la hora de destacar la copa.

**Paso 4: Segmentación mediante contornos activos (Snakes).**

Se inicializa un contorno circular aproximado y, mediante la función `active_contour` de `skimage`, el contorno se deforma para ajustarse al borde detectado de la estructura (disco o copa).

**Paso 5: Postprocesado y obtención de la máscara.**

Se genera una máscara binaria rellenando el contorno final y se calcula el centroide y el radio (medido como la distancia máxima desde el centroide) para cada estructura.

**Paso 6: Cálculo del CDR y visualización de resultados.**

Se calcula la relación  $CDR = \frac{\text{radio\_copa}}{\text{radio\_disco}}$  y se visualizan ambos contornos sobre la imagen original para validar el proceso.

## 2. Soluciones a los Subproblemas

A continuación se describen las metodologías consideradas, las decisiones tomadas y la evaluación de cada etapa.

### 2.1. Localización del Disco Óptico

- **Método seleccionado:** Utilización del píxel de máxima intensidad en la imagen en escala de grises para localizar el centro del disco.

- **Motivación:** En la mayoría de las retinografías, el disco óptico es la región de mayor intensidad, lo que facilita su detección.
- **Alternativas consideradas:**
- **Evaluación:** El método es rápido y efectivo en imágenes con buena iluminación, aunque puede fallar si existen irregularidades en la iluminación.

## 2.2. Extracción de la ROI

- **Método seleccionado:** Recorte de una región cuadrada (de tamaño  $2 \times \text{radio}$ ) centrada en el disco.
- **Motivación:** Permite concentrar el procesamiento en la zona de interés, reduciendo el ruido y el tiempo computacional.
- **Problemas identificados:** Si el disco se encuentra muy cerca de un borde de la imagen, la ROI puede resultar incompleta. Aunque cuanto más cercano se encuentre es mejor a la hora de tener menos ruido para procesar la imagen.
- **Mejoras:** Implementar método para calcular un radio adaptado a cada imagen.

## 2.3. Preprocesado de la ROI

- **Método seleccionado:**
  - Aplicación de operaciones morfológicas (cierre y apertura) con kernels grandes para eliminar estructuras no deseadas (venas).
  - Ecualización del histograma y transformación gamma para mejorar el contraste.
  - Utilización del filtro Canny en combinación con suavizado Gaussiano para obtener un mapa de bordes difuminados para aumentar la generalización.
- **Alternativas consideradas:**
  1. Filtros de mediana o Gaussiano (previo a canny) para la eliminación del ruido.
- **Evaluación:** Las operaciones morfológicas permiten resaltar el contorno de las estructuras, facilitando su segmentación posterior.

## 2.4. Segmentación Mediante Contornos Activos (Snakes)

- **Método seleccionado:** Uso de la función `active_contour` de `skimage` partiendo de un contorno inicial aproximadamente circular.
- **Motivación:** Los contornos activos permiten ajustar de forma flexible una curva a los bordes reales, dado que el disco y la copa son de forma aproximadamente circular.
- **Parámetros clave:**
  - $\alpha$  (tensión): Controla la elasticidad del contorno.
  - $\beta$  (rigidez): Controla la suavidad y evita la deformación excesiva.
  - $\gamma$ : Tasa de paso en la iteración del algoritmo.
  - `w_line` y `w_edge`: Pesos asignados a la información de intensidad frente a la de borde.
- **Alternativas consideradas:**

1. Uso exclusivo de la Transformada de Hough para la detección de círculos.

- **Evaluación:** El uso del snake permite un ajuste fino en el contorno, siendo más flexible que la Transformada de Hough en imágenes con bordes no perfectamente circulares. No obstante, su funcionamiento depende en gran medida de la correcta selección de parámetros.

## 2.5. Obtención de la Máscara y Cálculo de Parámetros

- **Método seleccionado:** Rellenar el contorno detectado (usando `fillPoly`) para obtener una máscara binaria y calcular el centroide y el radio (como la distancia máxima desde el centroide).
- **Motivación:** Es una forma sencilla y robusta de obtener parámetros representativos de la estructura.

## 2.6. Cálculo del CDR y Visualización

- **Método seleccionado:** El cálculo se realiza dividiendo el radio de la copa entre el del disco, y se superponen los contornos sobre la imagen original para validar el proceso.
- **Problemas y mejoras:**
  - En imágenes de baja calidad o con bordes poco definidos, el ajuste del snake puede no ser óptimo.
  - Se podría considerar el uso de técnicas de segmentación basadas en aprendizaje profundo para mejorar la robustez del método.

## 3. Evaluación y Conclusiones

- **Evaluación cualitativa:** En la mayoría de los casos, el método logra segmentar de forma adecuada el disco y la copa, lo que permite obtener valores de CDR coherentes con lo esperado en condiciones normales (CDR entre 0.2-0.5 ojos sanos y 0.6 o más para un glaucoma claro).
- **Limitaciones:**
  - Sensibilidad ante variaciones en la iluminación: Si el píxel más brillante no coincide con el disco, la ROI se extrae de forma errónea.
  - Dependencia de los parámetros del snake, los cuales deben ajustarse meticulosamente para cada imagen o conjunto de imágenes.
- **Posibles mejoras:**
  1. Automatizar la selección de parámetros (kernels, umbrales,  $\alpha$ ,  $\beta$ , etc.)
  2. Incorporar métodos de aprendizaje profundo para la segmentación, aumentando la robustez frente a la variabilidad en las imágenes de retinografías.

En resumen, la solución implementada —basada en la detección del disco mediante el píxel de máxima intensidad, preprocesado morfológico y segmentación con contornos activos— constituye una aproximación efectiva y rápida. Sin embargo, su efectividad depende en gran medida de la calidad de la imagen y la correcta parametrización de cada etapa.