

DESARROLLO DE UN ALGORITMO BASADO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL  
PARA LA EDICIÓN DIGITAL DE IMÁGENES MEDIANTE UN “FILTRO  
FOTOGRAFICO INTELIGENTE” QUE SE ADAPTA ESTÉTICAMENTE A  
CUALQUIER IMAGEN CON APARIENCIA DISTINTA.

JUAN SEBASTIAN SAAVEDRA ALVAREZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS  
BUCARAMANGA  
2021

DESARROLLO DE UN ALGORITMO BASADO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL  
PARA LA EDICIÓN DIGITAL DE IMÁGENES MEDIANTE UN “FILTRO  
FOTOGRAFICO INTELIGENTE” QUE SE ADAPTA ESTÉTICAMENTE A  
CUALQUIER IMAGEN CON APARIENCIA DISTINTA.

JUAN SEBASTIAN SAAVEDRA ÁLVAREZ

DIRECTOR  
FEISAR ENRIQUE MORENO CORZO

CODIRECTOR  
LEONARDO HERNÁN TALERO SARMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS  
BUCARAMANGA  
2021



Dedicado a mis padres Amanda y Jaime  
y a mi hermana Laura que siempre  
me han apoyado, a mis docentes  
y amigos, sin ellos nada de esto  
hubiera sido posible.

## CONTENIDO

1. Introducción .....	12
2. Resumen .....	13
3. Planteamiento del problema y justificación .....	14
3.1. Planteamiento del problema.....	14
3.2. Justificación.....	16
3.2.1. Pregunta de investigación .....	17
3.2.2. Hipótesis.....	18
4. Objetivos y productos .....	19
4.1. Objetivo general .....	19
4.2. Objetivos específicos .....	19
4.3. Productos .....	19
5. Antecedentes y estado del arte .....	21
5.1. Antecedentes .....	21
5.2. Estado del arte .....	22
6. Marco teórico .....	26
6.1. Teoría del color .....	26
6.2. Parámetros de la edición digital de imágenes.....	28
6.2.1. La exposición.....	28
6.2.2. El contraste.....	29
6.2.3. Altas luces .....	30
6.2.4. Sombras .....	30
6.2.5. Blancos.....	31
6.2.6. Negros.....	32
6.3. Inteligencia artificial.....	33
6.3.1. Deep Learning .....	34
6.4. HSL .....	36
7. Marco metodológico .....	37
7.1. Metodología de investigación.....	38
7.2. Requerimientos .....	39
7.3. Casos de uso .....	40
7.3.1. Cargar imagen base .....	41

7.3.2.	Cargar imágenes a tratar .....	43
7.3.3.	Retornar resultados de las imágenes tratadas .....	45
7.3.4.	Almacenar resultados en el sistema .....	46
7.3.5.	Aplicar algoritmo para la edición de imágenes .....	48
7.4.	Diagrama de clases.....	49
7.5.	Diseño de interfaces.....	49
7.5.1.	Pantalla de carga de imagen base .....	50
7.5.2.	Pantalla de carga de imágenes a tratar .....	51
7.5.3.	Pantalla de espera.....	52
7.5.4.	Pantalla de visualización de resultados .....	52
7.6.	Definición del modelo de filtro fotográfico a aplicar .....	53
7.7.	Modelo de solución tentativa.....	57
7.8.	Experiencia de desarrollo .....	59
8.	Análisis de resultados .....	79
9.	Conclusiones y recomendaciones .....	89
9.1.	Conclusiones.....	89
9.2.	Recomendaciones.....	91
10.	Bibliografía.....	93
Anexo 1	.....	95
Guía de ejecución del programa	.....	95
Anexo 2	.....	96
Anexo 3	.....	146

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas .....	15
Figura 2. Serie de fotos sin unidad estética .....	16
Figura 3. Serie de fotos con unidad estética .....	17
Figura 4. Circulo cromático con variaciones de tono.....	26
Figura 5. Circulo cromático con variaciones de tono.....	27
Figura 6. Comparación de colores principales de dos imágenes con unidad estética .....	27
Figura 7. Comparación de foto subexpuesta con ella misma después de edición de exposición .....	28
Figura 8. Comparación de contraste .....	29
Figura 9. Comparación de altas luces .....	30
Figura 10. Comparación de sombras .....	31
Figura 11. Comparación de blancos.....	32
Figura 12. Comparación de negros .....	32
Figura 13. Esquema de red neuronal .....	34
Figura 14. Ejemplo de efectividad en clasificación de una CNN .....	35
Figura 15. Espacio de color HSL.....	36
Figura 16. Flujo de proceso en prototipado .....	38
Figura 17. Diagrama de casos de uso.....	40
Figura 18. Diagrama de flujo básico y alternativos – Cargar imagen base .....	42
Figura 19. Diagrama de secuencias – Cargar imagen base .....	43
Figura 20. Diagrama de flujo básico y alternativos – Cargar imágenes a tratar .....	44
Figura 21. Diagrama de secuencias – Cargar imágenes a tratar .....	45

Figura 22. Diagrama de flujo básico y alternativos – Retornar resultados de las imágenes tratadas.....	46
Figura 23. Diagrama de flujo básico y alternativos – Almacenar resultados en el sistema.....	47
Figura 24. Diagrama de secuencias – Retorno de resultados.....	47
Figura 25. Diagrama de secuencias – Aplicar algoritmo para la edición de imágenes .....	48
Figura 26. Diagrama de flujo básico y alternativos – Aplicar algoritmo para la edición de imágenes.....	49
Figura 27. Diagrama de clases.....	50
Figura 28. Diseño – Pantalla de carga de imagen base.....	51
Figura 29. Diseño – Pantalla de carga de imágenes a tratar .....	51
Figura 30. Diseño – Pantalla de espera .....	52
Figura 31. Diseño – Pantalla de visualización de resultados .....	53
Figura 32. Imagen original.....	54
Figura 33. Imagen editada con sus respectivos parámetros .....	54
Figura 34. Comparación de colores principales de la imagen original con la editada.....	55
Figura 35. Gama de colores con variaciones de saturación y luminosidad.....	56
Figura 36. Imagen base para analizar.....	61
Figura 37. Comparación de imagen obtenida con el modelo planteado.....	67
Figura 38. Comparación de imágenes obtenidas con Adobe Photoshop.....	68
Figura 39. Imagen con mayor rango de variación llevada al 100% .....	68
Figura 40. Comparación imagen de Adobe Photoshop con imagen al -100% de iluminaciones y variación de exposición.....	69

Figura 41. Sombras al máximo con algoritmo y Adobe Photoshop .....	70
Figura 42. Adobe Photoshop vs Algoritmo corregido en sombras al máximo .....	70
Figura 43. Sombras al mínimo en Adobe Photoshop vs algoritmo .....	71
Figura 44. Imagen base para análisis de blancos .....	71
Figura 45. Comparación de parámetro blancos al -100 en Adobe Photoshop y en el algoritmo.....	73
Figura 46. Comparación de parámetro blancos al 100 en Adobe Photoshop y en el algoritmo.....	74
Figura 47. Comparación de parámetro blancos al 100 en Adobe Photoshop y en el algoritmo corregido.....	74
Figura 48. Comparación de imágenes con parámetro “negros” en -100, Adobe Photoshop vs Algoritmo .....	75
Figura 49. Comparación de imágenes con parámetro “negros” en -100, Adobe Photoshop vs Algoritmo corregido.....	76
Figura 50. Comparación de imágenes con parámetro “negros” en 100, Adobe Photoshop vs Algoritmo.....	76
Figura 51. Comparación de parámetro “sombras” en el valor -100 de Adobe Photoshop y el algoritmo incluyendo edición adicional del parámetro “negros” .....	77
Figura 52. Comparación de parámetro “sombras” en el valor -100 de Adobe Photoshop y el algoritmo incluyendo edición adicional del parámetro “negros” y saturación .....	78
Figura 53. Resultados con modelo planteado en la etapa de planeación .....	79
Figura 54. Resultados obtenidos en la segunda iteración con modelo ajustado .....	80
Figura 55. Abstracción de imagen base .....	81
Figura 56. Abstracción de imagen resultante en la segunda iteración .....	82

Figura 57. Imagen base en una abstracción 10x10.....	82
Figura 58. Resultados obtenidos en la tercera y última iteración .....	83
Figura 59. Proceso de ejecución en bucle .....	85
Figura 60. Ejemplo de falta de buenos resultados .....	85
Figura 61. Resultados finales a evaluar .....	86
Figura 62. Ejemplo de imagen presentada en formulario .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Productos y actividades por objetivo .....	19
Tabla 2. Requerimientos del sistema .....	39
Tabla 3. Casos de uso .....	40
Tabla 4. Resultados obtenidos en evaluación por público objetivo .....	87

## 1. Introducción

Un problema muy común en la edición digital de imágenes es que cuando se usa lo que se conoce como un “filtro fotográfico” este no encaja perfectamente en todas las imágenes ya que pueden tener condiciones de iluminación distintas, zonas de contraste, tonos medios, saturación, entre otras cosas que hace que pierda uniformidad. Este proyecto plantea la pregunta de investigación: “¿Con ayuda de la inteligencia artificial se puede desarrollar un algoritmo que permita ajustar esos valores en diferentes fotografías para que el filtro se adapte correctamente?”. Para realizar este proyecto de investigación se plantea un filtro base, con el cual se prueba ajustar a diferentes imágenes mediante un algoritmo basado en inteligencia artificial y así saber, cuáles son los parámetros de edición que hacen que encaje o no. El objetivo es que las imágenes de prueba queden estéticamente similares entre sí, es decir, su apariencia mantenga una unidad en cuanto a gama de colores, iluminación y contraste, una tarea para nada sencilla y que se aborda desde una perspectiva comercial para el uso de pequeñas empresas y emprendimientos que requieren mantener una imagen de marca bien definida. A lo largo del desarrollo de este documento se presentan muchos aspectos relevantes de la edición digital de imágenes y una gran cantidad de pruebas realizadas; proyecto que nace de la idea del autor y el cual se trabaja desde cero, meramente con recursos y conocimientos del mismo.

## 2. Resumen

Este documento se encuentra estructurado de manera que inicialmente es una etapa de definición de problemática a abordar y su respectiva justificación con el fin de dejar claro, a quiénes afecta dicha problemática, cómo los afecta y qué se está haciendo en este momento para solucionar esto, en este caso, el proyecto es de investigación, en el cual se evalúa la posibilidad de llegar a un resultado mediante una pregunta de investigación y se presenta un posible resultado mediante una hipótesis.

Acto seguido, se plantean objetivos del proyecto, en ellos se definen lo que se va a hacer, cómo se va a hacer y para qué se va a hacer, para posteriormente definir una serie de actividades que permiten llegar a cumplir cada uno de los objetivos planteados. Se estudian diferentes soluciones que otras personas han presentado para esta misma problemática, como fue su inicio y cómo ha evolucionado, esto en la sección de antecedentes y estado del arte.

Es importante tener claras cada una de las temáticas que va a abordar el desarrollo de todo el proyecto, para esto, en la sección de marco teórico se presenta un acercamiento a dichas temáticas, las cuales son, teoría del color, edición digital de imágenes, inteligencia artificial y manejo de colores en formato HSL.

En el marco metodológico se presenta toda la fase de planeación y diseño para el desarrollo, aspectos como metodología de investigación, casos de uso, requerimientos, diagramas de clases, un aspecto muy específico del proyecto que es la definición del filtro a utilizar, entre otras cosas. La experiencia de desarrollo narra paso a paso como fue el proceso de trabajar en el proyecto y cada una de las problemáticas a la cual se vio enfrentado el mismo, así como la solución obtenida por parte del equipo de trabajo.

El análisis de resultados presenta lo que se obtuvo en cada modificación del proyecto hasta la fase que se considera final del mismo en el marco de este desarrollo, para posteriormente concluir y presentar algunas recomendaciones para seguir desarrollando y llevarlo a un entorno real y comercial.

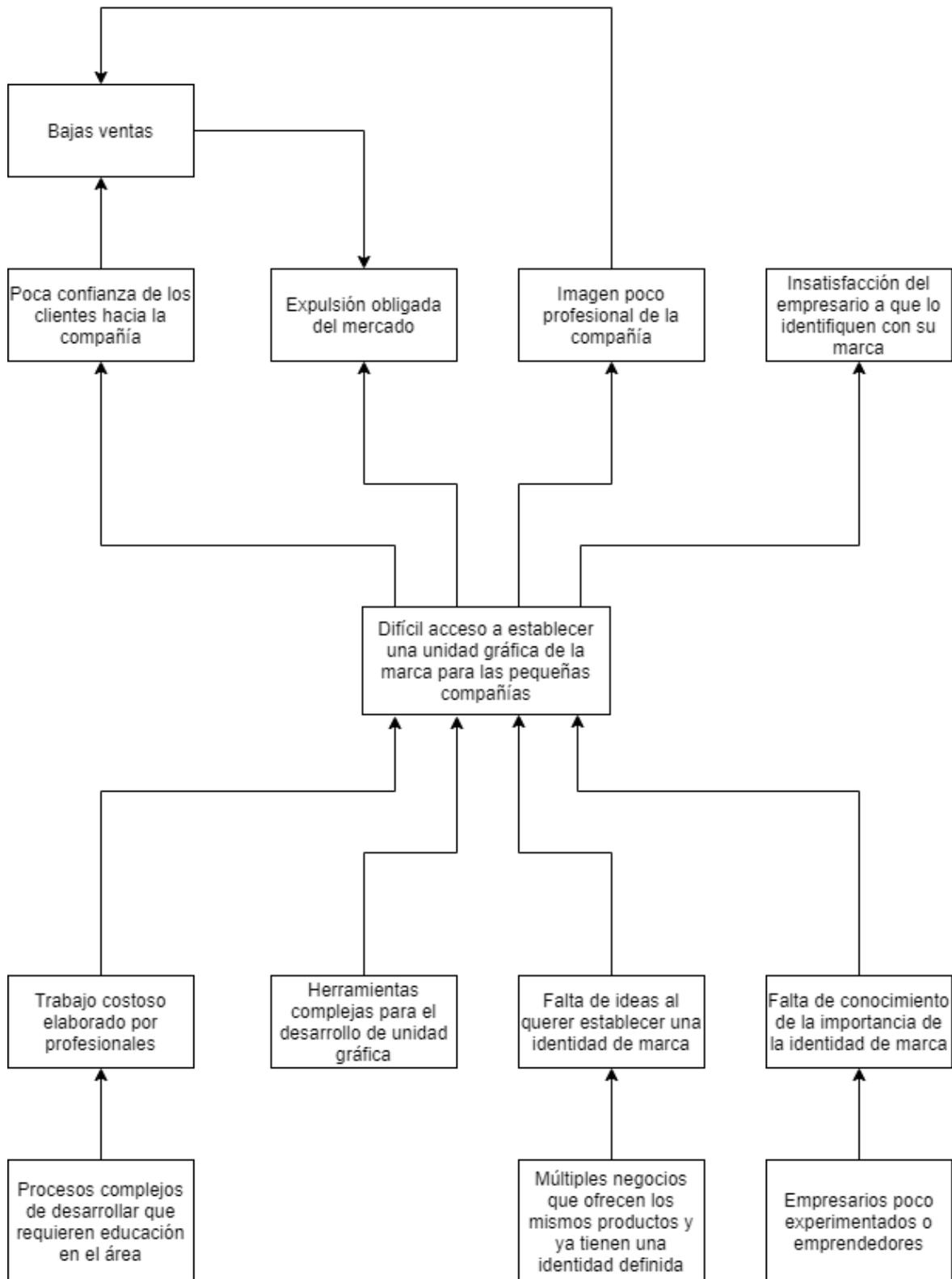
### **3. Planteamiento del problema y justificación**

#### **3.1. Planteamiento del problema**

El comercio electrónico ha tomado gran fuerza en los últimos años gracias a los avances tecnológicos, los pronósticos para esta nueva modalidad de comercio son muy favorables, se estima que su crecimiento será constante hasta el año 2023 (Ponce Perez, 2019). Los medios digitales cada vez están más a nuestro alcance, si eres un pequeño empresario con un startup, solo basta con crear un sitio web, capturar un par de fotos de tus productos y ya tienes un entorno de venta para tus clientes. Sin embargo, así como es sencillo entrar al mercado, es muy sencillo salir; el comercio electrónico tiene la característica de que todo es visual, debes ofrecer un producto mediante una fotografía y una descripción, el cliente no podrá interactuar con el producto antes de la compra, por tal razón, es importante la unidad gráfica de las compañías para generar confianza y así prosperar en estos medios electrónicos. Dicha identidad de marca que nos plantea una apariencia única de nuestra empresa, es de los aspectos más complicados y costosos, la estética unificada de las fotografías gracias a su edición digital, es el aspecto en el que se quiere enfatizar en este planteamiento de problema.

La edición digital de imágenes desde su creación hasta la actualidad ha sido un proceso manual, en este, se ajustan los diferentes parámetros de composición de las imágenes hasta conseguir que las fotografías queden acordes en apariencia a nuestro gusto o necesidad. Esta técnica, al ser manual, debe ser desarrollada por un profesional en el área. Por este motivo, las compañías que quieren realizar una producción fotográfica, deben recurrir a profesionales con los que se les garantice unidad estética. Esta complejidad en el proceso y el costo que abarca, no permite que las pequeñas empresas puedan costearlo.

Figura 1. Árbol de problemas



Fuente: Autor

### 3.2. Justificación

A medida que la inteligencia artificial se hace más fuerte, esta empieza a hacer parte de la solución de muchas problemáticas, con ayuda de la misma, el siguiente proyecto de investigación plantea la posibilidad de automatizar el proceso de edición digital de imágenes mediante un concepto de filtro fotográfico que nos gustaría llamar “filtro fotográfico inteligente”, con la implementación de este, se adaptan los ajustes preestablecidos que tiene un filtro fotográfico dependiendo de las condiciones de la imagen a tratar, realizando mejoras en los parámetros para que la apariencia de las fotografías resultantes sea muy similar entre sí, esto con la finalidad de dar una unidad gráfica en los usuarios que necesiten de este servicio, por ejemplo, pequeñas empresas que no tengan aún una identidad de marca definida, ni cuenten con los recursos económicos suficientes para adquirir un servicio profesional.

Por ejemplo, en la Figura 2 se puede apreciar una serie de fotografías que muestran el mismo producto, sin embargo, estas tienen unas condiciones de iluminación, saturación, contraste, sombras, entre otros parámetros, que no coinciden estéticamente entre ellas, unas de ellas están más claras, otras más oscuras, más saturadas, etc. Por lo tanto, no se genera una armonía en nuestro conjunto de imágenes fotográficas, esto para un catálogo comercial sería fatal.

Figura 2. Serie de fotos sin unidad estética



Fuente: Campaña publicitaria realizada por el autor para Hojaldrados pastelería

Una unidad gráfica implica tener similitud en la apariencia de las fotografías como bien se ha dicho antes, en la Figura 3, se observa esa unidad estética utilizando como referencia las mismas imágenes de la Figura 2 y en el mismo orden, apreciar esta serie de fotografías en conjunto genera una armonía gráfica que a su vez le genera al cliente una mayor satisfacción y confianza a la hora de realizar una compra, incluso, si se muestran por separado, la marca podrá lograr un buen nivel de reconocimiento solo por su apariencia fotográfica.

Figura 3. Serie de fotos con unidad estética



Fuente: Campaña publicitaria realizada por el autor para Hojaldrados pastelería

### 3.2.1. Pregunta de investigación

“¿Con ayuda de la inteligencia artificial se puede desarrollar un algoritmo que permita ajustar los parámetros de edición en diferentes fotografías para que el filtro se adapte correctamente?”

### **3.2.2. Hipótesis**

Realizar el análisis de dos fotografías partiendo de la tonalidad de sus colores principales permite establecer un grado de similitud en cuanto a apariencia, por ende, si dos tonos de blanco son muy similares entre sí, por ejemplo, se puede decir que estéticamente en las dos imágenes se van a ver similares, esto indica que, si se aplican una serie de parámetros a una imagen para cambiar sus colores, se pueden llevar a que se asemejen a la imagen inicial. Desde una perspectiva profesional de edición digital de imágenes, se puede deducir, que si se logra con este proyecto que los colores estén bien definidos y se establece un grado máximo de similitud entre ellos, el resultado será uniforme en apariencia tomando en cuenta la tonalidad de sus colores principales.

## 4. Objetivos y productos

### 4.1. Objetivo general

Desarrollar un algoritmo basado en inteligencia artificial en el lenguaje Python para la edición digital de imágenes mediante un “filtro fotográfico inteligente” que se adapta estéticamente a cualquier imagen con apariencia distinta.

### 4.2. Objetivos específicos

- Elaborar un modelo de filtro fotográfico que determine los valores estándar de los parámetros que intervienen en la edición digital de imágenes
- Diseñar la arquitectura y los componentes software del algoritmo para la edición digital de imágenes planteado
- Desarrollar el algoritmo para atenuar las diferencias de apariencia con la modificación de los parámetros de las imágenes tratadas y así establecer similitudes con la apariencia del filtro base
- Determinar la efectividad del algoritmo aplicando una evaluación desde la perspectiva estética y/o de apariencia dada por público objetivo.

### 4.3. Productos

Tabla 1. Productos y actividades por objetivo

Objetivos específicos	Actividades	Productos	Ubicación
Elaborar un modelo de filtro fotográfico que determine los valores estándar de los parámetros que intervienen en la edición digital de imágenes	Identificar parámetros relevantes en la edición digital de imágenes	Documento de definición del modelo de filtro fotográfico a aplicar.	Sección 7.6
	Delimitar los parámetros identificados para un filtro fotográfico preestablecido		
	Definir imagen base para elaborar comparaciones durante el desarrollo		

Diseñar la arquitectura y los componentes software del algoritmo para la edición digital de imágenes planteado	Definir los requerimientos software del algoritmo para la edición digital de imágenes mediante un “filtro fotográfico inteligente”	Documento de definición de requerimientos, análisis y diseño.	Sección 7.2 a 7.5
	Definir y detallar los casos de uso con base en los requerimientos previamente planteados		
	Diseñar los componentes software del algoritmo para la edición digital de imágenes		
Desarrollar el algoritmo para atenuar las diferencias de apariencia con la modificación de los parámetros de las imágenes tratadas y así establecer similitudes con la apariencia del filtro base	Implementar el módulo de carga de imágenes	Aplicación software que implementa el algoritmo para la edición digital de imágenes mediante un filtro fotográfico inteligente	Anexo 1
	Implementar el algoritmo de aplicación del filtro fotográfico inteligente		
	Implementar el módulo de visualización de resultados		
Determinar la efectividad del algoritmo aplicando una evaluación desde la perspectiva estética y/o de apariencia dada por público objetivo.	Seleccionar el banco de imágenes de prueba y aplicar el algoritmo desarrollado	Documento de presentación y análisis de resultados.	Sección 8
	Diseñar el documento de recolección de la prueba a aplicar al público objetivo		
	Aplicar prueba a los usuarios seleccionados		
	Realizar el análisis de los resultados obtenidos		

Fuente: Autor

## **5. Antecedentes y estado del arte**

### **5.1. Antecedentes**

La edición fotográfica como la fotografía misma ha tenido dos épocas en las que se debe hacer especial énfasis, la era análoga y la era digital; en sus inicios, las fotografías estaban bastante limitadas a las capacidades que tuviera su autor, es decir, este determinaba cuánto tiempo debía tener expuesta su película fotosensible para conseguir una correcta condición lumínica en su fotografía, la cual podía corregir un poco con ayuda de los diferentes químicos que ayudaban al revelado de este papel fotosensible; este proceso manual y de ensayo y error, fue el primer acercamiento a la edición de imágenes, donde se controlaba un poco el aspecto que se quería que tuviera cada fotografía; en principio, cuando las películas fotosensibles eran limitadas a blancos y negros no se podía determinar muchos aspectos de la fotografía análogamente, posteriormente con la llegada de películas a color, se fueron incorporando nuevas técnicas para aumentar aspectos como la saturación de los colores y un poco las sombras de nuestra fotografía, sin embargo, era una tarea complicada ya que el cuarto oscuro, en donde se revelan las fotos no permite tener una percepción clara del color (Dwight J. Petrushik & Joseph A. Manico, 1982).

Con la llegada de la fotografía digital se abrió un amplio mundo de posibilidades; la fotografía digital es una serie de información capturada en píxeles, cada uno de ellos, tiene un color, que al unirlos todos nos genera una imagen, al tener esa información almacenada digitalmente, es muy sencillo cambiarla, así surgió la edición digital de imágenes. Por ejemplo, si se quiere la imagen más clara, el color de cada uno de esos píxeles debe ser más claro, si se quiere que los verdes sean blanco y negro, entonces los píxeles que estén dentro del rango del verde, tomarán un color dentro de la escala de grises, así de sencillo llegó la edición de imágenes al mundo de la fotografía; que bien, se dice fácil, pero tuvo un largo proceso de invención y desarrollo para llegar a lo que se tiene hoy en día (Dzenko, 2009).

No cabe duda de que la fotografía ha evolucionado mucho desde su invención, pero su uso también ha tenido mucha relevancia en los últimos años, la misma fue incorporada para reforzar las campañas publicitarias y a su vez para generar una identidad de cada empresa, la parte gráfica se convirtió en el aspecto más importante para las compañías, en los inicios de lo que se conoce como publicidad, solo se usaban textos y colores que fueran reconocibles para las personas, de esta manera se esperaba que los clientes tuvieran recordación de la marca y de lo que representaban, sin embargo, la gama no era tan amplia como para tener una identidad clara, lo que generaba confusión en las personas; la fotografía determinó ese factor clave que puede diferenciar a dos compañías por más que tengan los mismos colores

y la misma tipografía, poco a poco, se incorporó cada vez más en el aspecto identidad de las empresas y en la actualidad se considera de los aspectos más importantes (Marsh, 2005).

## 5.2. Estado del arte

La búsqueda de los documentos que sirvieron de estado del arte y de guía para el desarrollo del proyecto fueron encontrados en dos bases de datos muy importantes, Scopus e IEEE Explore, en estas, se buscó por palabras clave “Image editing”, de las cuales, se obtuvieron 6,340 resultados en Scopus, y 2,531 resultados en IEEE Explore, estos resultados fueron filtrados para años 2018 a 2020 para tener seguridad de que es información reciente con tecnologías actualizadas. Dichos resultados adicionalmente se les realizó un filtrado con la palabra “filtering”, para optimizar la búsqueda de artículos similares a este proyecto. Adicional a eso, se quiso incluir un documento que diera soporte a la teoría de la importancia para las compañías el manejo de la unificación estética, por tal razón, en IEEE Explore se buscó “Digital brands”, donde se obtuvieron 421 resultados, los cuales se filtraron para el año actual y el anterior, que es la época en la que se considera que esta técnica ha tomado más fuerza. A continuación, los artículos más relevantes, teniendo en cuenta su título, su resumen y su año de publicación para realizar la selección.

- **A deep convolutional neural network based approach to extract and apply photographic transformations. (Sen & Chakraborty, 2020)**

**Resumen:** Las técnicas de edición de imágenes como los ajustes de color y tono para mejorar la calidad visual percibida se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde el posprocesamiento de imágenes de calidad profesional hasta el intercambio en plataformas de redes sociales. Los filtros fotográficos o efectos aplicados le dan una apariencia más atractiva, sin embargo, a menudo se desea aplicar los mismos efectos en diferentes destinos, lo cual no es una tarea trivial y requiere conocimientos y experiencias técnicas avanzadas. En este documento, con la ayuda de una CNN (Red neuronal convolucional), se pretende transferir filtros fotográficos manteniendo su apariencia a imágenes distintas.

**Aporte al proyecto:** Este documento plantea una problemática similar a la que se está abordando, teniendo en cuenta que el desarrollo es basado en una CNN, se puede tomar como punto de referencia o posible solución, esperando una mejora significativa en los resultados obtenidos para unificación estética de imagen de marca.

- **Artistic Instance-Aware Image Filtering by Convolutional Neural Networks, (Tehrani et al., 2019)**

**Resumen:** En los últimos años, el uso de efectos artísticos para editar y embellecer imágenes ha animado a los investigadores a buscar nuevos enfoques para esta tarea. Los métodos existentes, aplican efectos a toda la imagen. Este proyecto plantea que, mediante redes neuronales para la detección de objetos y segmentación semántica, se obtenga una máscara de clase para filtrar por separado el fondo y el primer plano de una imagen, de esta forma, ofrecer una forma más amplia de edición en la cual se pueda interactuar independientemente con estas dos partes importantes de la imagen.

**Aporte al proyecto:** La segmentación para la separación del fondo y el primer plano es un aspecto crucial en esta investigación, ya que, si se quiere que la apariencia de todas nuestras imágenes procesadas sea similar, entre más posibilidades se tenga para interactuar de forma independiente con los parámetros de cada imagen, más posibilidades habrá de conseguir esa similitud estética.

- **Digitalize Your Brand: Case Study on How Brands Utilize Social Media Platforms to Achieve Branding and Marketing Goals. (Angeline et al., 2019)**

**Resumen:** Los cambios introducidos por las redes sociales tienen un impacto en las marcas como en los usuarios. En la era digital actual, las redes sociales no son solo un medio de comunicación, sino también un medio de autoexpresión, utilizado por individuos y organizaciones. Esta investigación se centró en la pregunta de cómo las plataformas de redes sociales fueron utilizadas por marcas para lograr objetivos y marketing.

**Aporte al proyecto:** Este proyecto de investigación plantea la importancia de la presencia de las marcas en ámbitos digitales y la unificación estética necesaria para que genere impacto, el aporte que genera este documento al proyecto, es que refuerza el planteamiento del problema y da perspectivas más amplias de lo que se conoce como identidad de marca.

- **Image style transfer learning for style-strength control. (Choi & Kim, 2019)**

**Resumen:** La transferencia de estilo de imagen es un proceso de generación de una imagen de salida, basado en una o varias imágenes de entrada. En este proceso, se ha empleado recientemente la técnica de interpolación lineal simple en el espacio de

características codificadas para generar imágenes con estilos planteados a manera de filtro. Sin embargo, esta técnica es efectiva para generar estilo completo, no funciona para reducir su intensidad. En esta carta los autores abordan dicha problemática, introduciendo un filtro estético de manera parcial en imágenes y que se note su procedencia base.

**Aporte al proyecto:** La definición de similitudes y la extracción de información de una imagen origen para determinar los valores a comparar es una tarea difícil, este documento aporta dicha gestión desde una perspectiva similar, extrae información, genera un filtro fotográfico y permite graduarlo a gusto, una perspectiva más de la solución de la problemática, la diferencia es que este trabaja con filtros artísticos más elaborados y no con edición digital de colores.

- **Personalized Image Enhancement Using Neural Spline Color Transforms. (Bianco et al., 2020)**

**Resumen:** SpliNet, un método novedoso basado en CNN (Red neuronal convolucional) que estima una transformación de color global para la mejora de imágenes sin procesar, este método está diseñado para mejorar la calidad percibida de la imágenes reproduciendo la capacidad de un experto en el campo de la edición de fotografías, es decir, la red toma como entrada una imagen sin procesar y produce como salida un conjunto de puntos de control para los tres canales de color RGB, estos puntos se interpolan con splines cúbicos naturales y las funciones resultantes se aplican globalmente a los valores de los pixeles de entrada para producir una imagen editada. Los resultados que se obtienen se comparan con los métodos recientes de salida de la red para adaptar estilos anteriores a fotos nuevas.

**Aporte al proyecto:** La explicación de este proyecto es un tanto compleja, se registra en una red neuronal unas preferencias de edición de profesionales en el área, dicha red al entrenarse, busca que las nuevas fotografías que procese, sean similares a las preferencias del profesional, lo cual, en este proyecto, puede servir como perspectiva de solución, no basado en un profesional, sino en un filtro con una gama de colores establecidos.

- **USRRM: Pairwise Ranking and Scoring Images Using Its Aesthetic Quality. (Dahal & Zhan, 2019)**

**Resumen:** El análisis de estética de imágenes es un problema de investigación desafiante, ya que la estética de una imagen es una cualidad subjetiva y bastante difícil de formular en un problema matemático o algorítmico. Este documento formula

una perspectiva de análisis de similitudes basado en correlaciones de la imagen desde una vista global y vistas específicas de la imagen. Básicamente, permite establecer un puntaje de similitud entre las imágenes tratadas para saber si son estéticamente parecidas.

**Aporte al proyecto:** Teniendo un puntaje de similitud entre dos o más imágenes, va a permitir evaluar sobre la marcha si el trabajo se está realizando correctamente o no, ya que, desde la perspectiva visual de un profesional, muchas veces se pueden omitir detalles de cambio mínimos que, de igual forma, representan una mejora en las técnicas que se están aplicando.

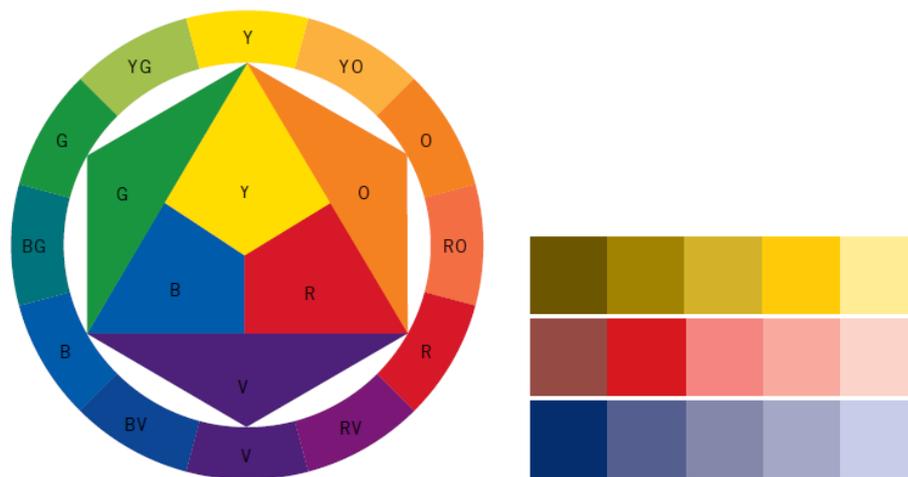
## 6. Marco teórico

### 6.1. Teoría del color

El color ha significado parte importante de la vida humana desde tiempos inmemorables, desde decidir entre un producto u otro hasta llegar al punto de que un sabor lo asemejes con un color (Yu et al., 2020). Por lo tanto, el color en el marketing es una parte crucial para crear una identidad corporativa sólida y un alto grado de reconocimiento, una paleta de colores que sea representativa es el aspecto que se estudia a continuación.

Cada color, representado en el círculo cromático de la Figura 4 tiene diferentes tonalidades que lo acompañan, que varía dependiendo de la combinación del mismo con blanco o con negro. En la fotografía es difícil conseguir que las fotos queden exactamente con el mismo color, por lo tanto, es necesario evaluar la posibilidad de establecer un rango de tonalidades que se consideran similares, y que, en conjunto, generen la armonía deseada con este proyecto.

Figura 4. Círculo cromático con variaciones de tono



Fuente: (Holtzschue, 2017).

Retomando el ejemplo presentado en la justificación del problema, en la Figura 5, se toman como referencia dos imágenes sin unidad y se comparan los tonos de tres colores que predominan en ellas, el blanco, el gris y el rojo. Se aprecia con claridad que los tonos son muy dispares entre sí, el blanco de la primera imagen está muy en la tonalidad del gris, cosa que no sucede en la imagen de la derecha, estas variaciones

de tono se consiguen variando los parámetros de edición de imágenes que se explicarán posteriormente.

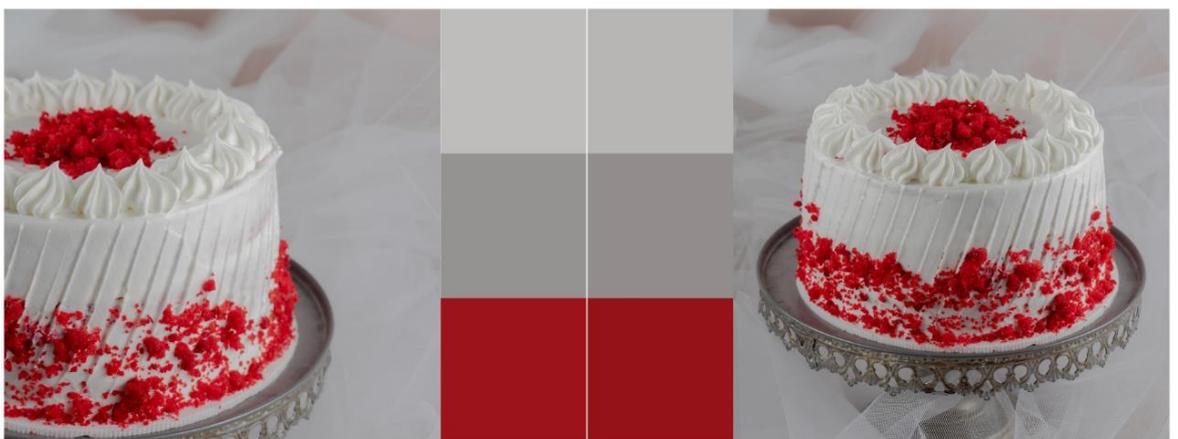
Figura 5. Circulo cromático con variaciones de tono



Fuente: Autor

Para el caso de la Figura 6, se toman como referencia las mismas imágenes de la figura 5, pero editadas para que su apariencia fuera similar, en ella, se puede ver que los tonos, a pesar de no ser exactamente los mismos para el blanco, gris y rojo, son bastante similares, y eso permite que en apariencia, genere la impresión de que son exactamente iguales, allí es evidente la magia de la edición digital de imágenes y la importancia de las tonalidades y el color en dicho proceso.

Figura 6. Comparación de colores principales de dos imágenes con unidad estética



Fuente: Autor

## 6.2. Parámetros de la edición digital de imágenes

En la edición digital de imágenes con el pasar de los años se han establecido una serie de parámetros para alterar los colores que hay en ella, estos lo que hacen es determinar ciertas zonas de la imagen que se quieren cambiar o si se quiere tener un cambio general, también es posible (Dwight J. Petrushik & Joseph A. Manico, 1982). Entre estos parámetros se van a resaltar seis (6) de ellos: la exposición, contraste, altas luces, sombras, blancos y negros.

### 6.2.1. La exposición

Desde los inicios de la fotografía se le conoce como “exposición” al tiempo que la fotografía queda expuesta a la luz. En la fotografía análoga aplicaba con los papeles fotosensibles donde se capturaba la imagen, el tiempo determinaba la cantidad de luz que le llegaba a dicho papel y esto incidía en si una imagen quedaba bien iluminada, sobreexpuesta, es decir, más iluminada de lo ideal, o subexpuesta, menos iluminada de lo ideal. En el concepto de la fotografía digital, aplica lo mismo, pero ya no existe una película fotosensible, en esta, se utiliza un sensor fotosensible, y de igual forma suceden los mismos casos que en el pasado (Fernandez Bozal, 2004).

La ventaja que hay en la fotografía digital, es que se puede cambiar la exposición aún después de haber tomado la fotografía, en la Figura 7 se ve esta ventaja, la manipulación de una imagen que se tomó subexpuesta para que quedara en una exposición correcta. Básicamente lo que hace esta herramienta es, aclarar cada color en la imagen un poco más para que la apariencia de esta sea adecuada.

Figura 7. Comparación de foto subexpuesta con ella misma después de edición de exposición



Fuente: Campaña publicitaria realizada por el autor para Ana Joaquina Accesorios.

### 6.2.2. El contraste

En cuestión del contraste, su aparición se dio con la fotografía digital principalmente, en la fotografía análoga este no se lograba controlar de manera satisfactoria, básicamente por el hecho de que los papeles fotosensibles tenían la característica de capturar fotografías muy contrastadas, pero, ¿Qué es el contraste?, el contraste es la diferencia de tonalidad con la que se aprecia una fotografía, más exactamente lo que hace es presentar colores más diferentes entre ellos para dar una apariencia más marcada de los elementos de la fotografía. Los colores que se ven afectados con este parámetro son los tonos medios, dichos tonos son todos los colores excluyendo la escala de grises (Efrain & Ruben, 2017).

En la Figura 8, se puede ver la diferencia de una foto tal cual como se ha tomado y después cuando cambia el parámetro de contraste, los tonos de la camisa se diferencian más de los verdes, igualmente con los tonos naranjas de la piel y los marrones del cabello, esta gran diferencia se nota en la imagen solo tocando un parámetro. Este parámetro es bastante agresivo, por lo tanto, se debe usar con cuidado y saber cuándo es mejor una imagen contrastada y cuando es mejor una imagen sin contraste marcado.

Figura 8. Comparación de contraste



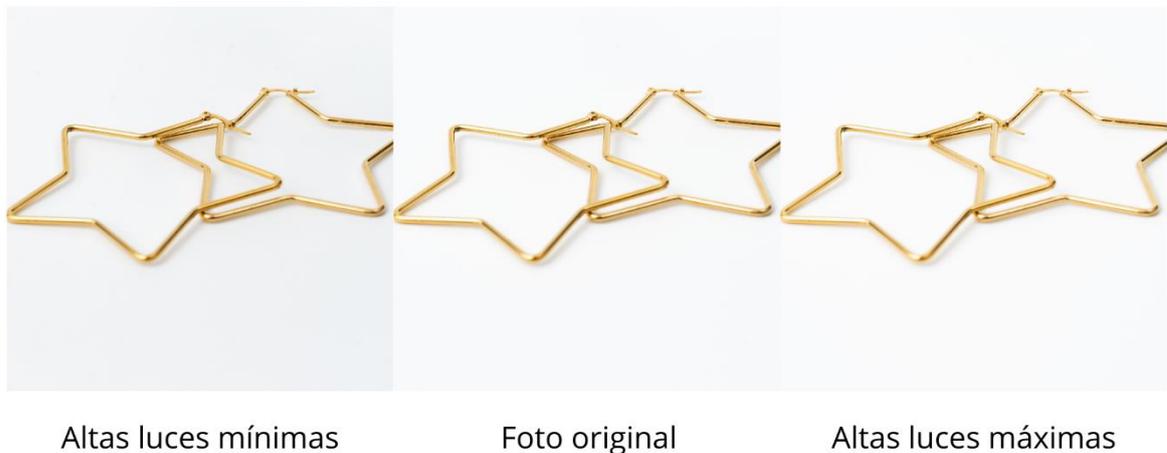
Fuente: Autor

### 6.2.3. Altas luces

En cuestión de lo que se conoce como “Altas luces” el concepto es un poco más complejo, este parámetro ya no cambia los valores de toda la imagen como los dos anteriores, su objetivo en la fotografía es identificar las zonas de iluminación que van ligadas a los colores blancos, al cambiar este, lo que hace es hacer más o menos intenso el tono del blanco, esto con el objetivo de conseguir efectos interesantes de la iluminación. Es muy diferente a la exposición porque las altas luces no cambian el color como tal, solo trabajan el color blanco para intensificar o disminuirlo en cuestiones de tonalidad, es un parámetro menos destructivo (Efrain & Ruben, 2017).

En la Figura 9 se observa esa mínima diferencia, el color blanco es el que cambia de tonalidad, y se demuestra que el parámetro no es nada destructivo, se acomoda fácilmente a las imágenes y su variación depende mucho del gusto, ninguna de las dos fotos se considera que “está mal”, el autor decide dependiendo de lo que quiera proyectar o la unidad que quiera alcanzar.

Figura 9. Comparación de altas luces



Fuente: Campaña publicitaria realizada por el autor para Nikkar Accesorios.

### 6.2.4. Sombras

Las sombras es el contrario de las Altas luces, este trabaja sobre los tonos negros que hay en la imagen, sin embargo, puede llegar a ser más destructivo ya que esa característica se le atribuye al color negro en cualquier ámbito artístico. El negro normalmente predomina en las imágenes y puede estar muy ligado a presentar una apariencia de contraste alto (Efrain & Ruben, 2017).

En la Figura 10 se presenta una fotografía que tiene bastante predominación del negro como se aprecia en la Foto original, al maximizar dichas sombras, la imagen no cambia mucho, dichos negros se hacen más marcados pero no se pierde su estética. Sin embargo, en las sombras mínimas si es evidente que la imagen se perdió completamente, esto se debe a que al momento de capturarla, la foto original no guardó información de cual era el color detrás de esas sombras, al querer quitarlas, el entorno de edición que se está usando no sabe hacia cual tono llevar esos negros, lo que causa una distorsión de la imagen muy evidente, por esta razón, se considera que las sombras son más destructivas.

Figura 10. Comparación de sombras



Fuente: Autor

### 6.2.5. Blancos

El concepto de los blancos es bastante sencillo, con este parámetro cambia el color del blanco, manteniéndolo en la misma escala de grises, es decir, hará que los blancos se vean más intensos o cambien a una tonalidad del gris, esta variación es fácil de usar dependiendo del estilo que se busque, pero, nunca es bueno llevarlo a sus extremos, ya que ahí si se podría percibir una distorsión.

Figura 11. Comparación de blancos

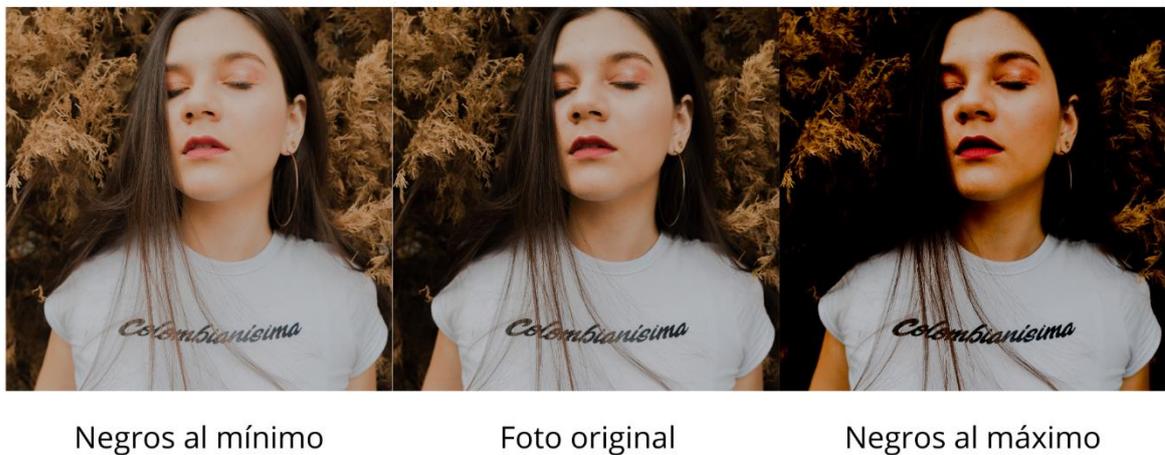


Fuente: Autor

### 6.2.6. Negros

Retomando la idea de que el negro es destructivo si no se sabe usar de la manera adecuada, este parámetro cambia el tono de los negros manteniéndolo en la escala de grises igual que los blancos, no es bueno variarlo mucho porque tendrá una apariencia de imagen muy contrastada si se aumenta mucho, o quedará una imagen con muy pocas sombras si se lleva muy al mínimo su color, como es el caso del parámetro de las sombras, en la Figura 12 vemos la demostración de esto.

Figura 12. Comparación de negros



Fuente: Autor

### **6.3. Inteligencia artificial**

Lo que se conoce hoy en día como Inteligencia Artificial, tiene como objetivo crear sistemas informáticos que pueden interpretar información y tratar de imitar comportamientos humanos en la toma de decisiones. Esto se logra, en parte, al pasar los sistemas en el conocimiento sobre el pensamiento humano, el aprendizaje de procesos y la resolución de problemas. La definición exacta de este término es altamente cuestionada ya que se piensa como un sistema que puede aprender a hacer predicciones y ejecutar acciones basadas en ellas, no hay inteligencia, solo entrenamiento. (Moxley-Wyles et al., 2020).

Existen dos tipos de inteligencia artificial, como lo es, el “Machine Learning” y el “Deep Learning”, los cuales, se diferencian en su forma de realizar las predicciones y ofrecer lo que conocemos como inteligencia.

#### **Machine Learning**

El “Machine Learning” o aprendizaje de máquina en español, se utiliza para hacer predicciones basadas en la interpretación de una serie de datos. Para realizar una tarea tan ardua, se apoya en la utilización de anotaciones manuales o semiautomáticas, es decir, como usuarios desarrolladores, les deben brindar una buena cantidad de información para que él sepa que hacer en cada caso, de esta forma, cuando se le presente una situación nueva, se pueda predecir con información anterior. Otra función que tiene el aprendizaje de máquina cuando es no supervisado, es identificar factores que no encajan en un esquema de resultados, busca similitudes y de esta manera se pueden obtener resultados dependiendo de lo que busque cada algoritmo. (Moxley-Wyles et al., 2020). Dentro del aprendizaje de máquina, existe un tipo de algoritmo que puede servir para solucionar la problemática, es el algoritmo genético.

#### **Algoritmo genético**

Este tipo de algoritmos reciben ese nombre porque están inspirados en la evolución biológica y su base genético-molecular, es decir, hacen evolucionar una población de individuos que en realidad son datos o posibles soluciones, someténdola a acciones aleatorias y mutaciones entre ellos para generar nuevos y mejores resultados cada vez (Wang & Sobey, 2020). Se plantea que esta es una posible solución ya que, los parámetros para la edición digital de imágenes, siempre están dentro de un mismo rango de números, no son infinitos, entonces, si se asignan números aleatorios y se evalúan, eventualmente se logrará un resultado que encaje perfectamente dentro del

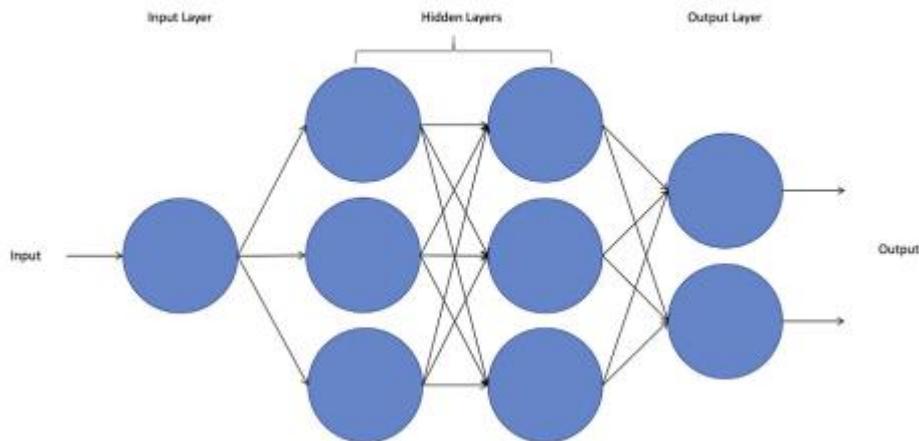
rango de tolerancia de diferencia de color, una solución relativamente sencilla y con menor necesidad de procesamiento si se abstrae la imagen a una escala trabajable.

### 6.3.1. Deep Learning

Este tipo de inteligencia artificial emplea el aprendizaje de un extremo a otro, es decir, desde su origen hasta la solución, las características relevantes son extraídas de los datos por el sistema de forma automatizada, a diferencia del machine learning que tienen que ser indicados por un humano. El sistema recibe un conjunto de datos y una tarea específica, este aprende a realizar dicha tarea de forma autónoma.

El deep learning, en su funcionamiento, usa lo que se conoce como redes neuronales para encontrar patrones y aprender a realizar la tarea, estas, se inspiran en las redes neuronales del cerebro, contienen nodos que reciben y envían múltiples señales o datos. En la figura 13, se aprecia el esquema de una red neuronal, en la que hay una capa de entrada, una o varias capas ocultas y una capa de salida; cada nodo de entrada recibe un dato, este se estudia y clasifica en las capas ocultas y genera un resultado en el nodo final (Moxley-Wyles et al., 2020).

Figura 13. Esquema de red neuronal



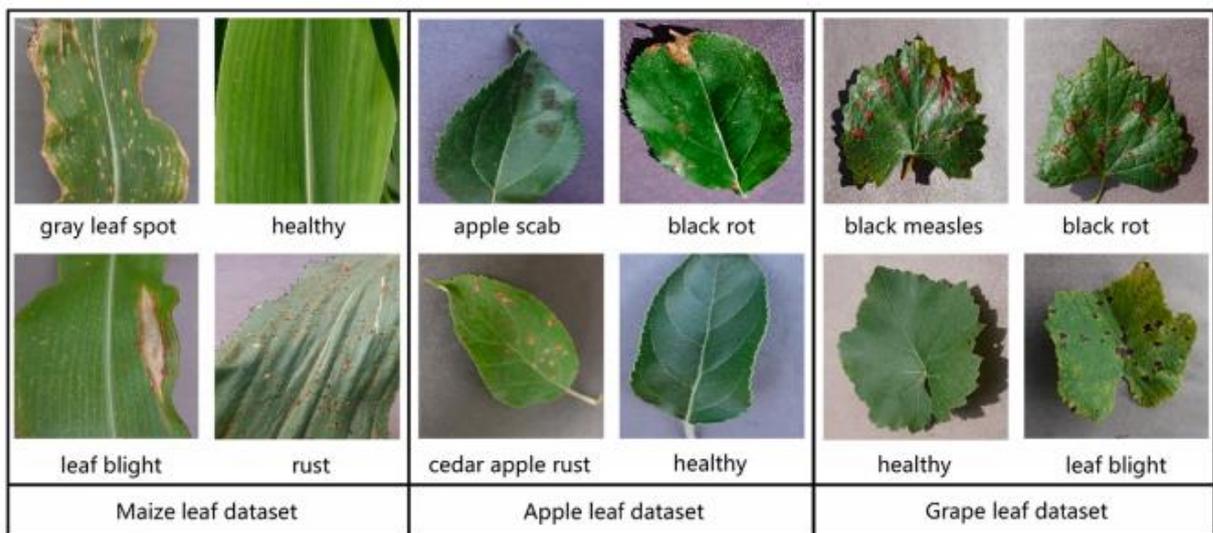
Fuente: (Moxley-Wyles et al., 2020)

Dentro del mundo de las redes neuronales, es bien conocido un tipo de ellas para el tratamiento de imágenes, se trata de las redes neuronales convolucionales (CNN), las cuales vienen perfecto para una posible solución de nuestra problemática.

## Redes neuronales convolucionales (CNN)

Las CNN han dominado numerosos campos en la investigación y el trabajo con imágenes, esto se debe a la poderosa capacidad de procesamiento de imágenes que esta técnica puede ofrecer, esta extrae automáticamente características por la pila de capas convolucionales que maneja. Este tipo de capa se centra en características receptivas de los datos ingresados, muy similar a las neuronas de la corteza visual primaria de un cerebro, es decir, se centra en lo visual y extrae dichos datos. Con estas características, estas neuronas con una cantidad pequeña de nodos, se pueden extraer aspectos como bordes, texturas, colores, etc (Li et al., 2020).

Figura 14. Ejemplo de efectividad en clasificación de una CNN



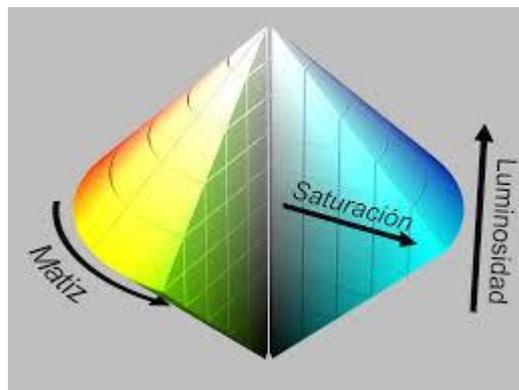
Fuente:(Li et al., 2020)

Una característica particular de este tipo de redes, es que a medida que se vuelven más complejas y se le añaden más y más nodos, estas características extraídas se vuelven más y más abstractas cada vez, por lo tanto, se debe utilizar esta herramienta con mucho cuidado y en la medida justa. En la Figura 14, se observa una simple clasificación de hojas de árbol, gracias a las características de las fotos tomadas, el algoritmo clasifica las hojas sanas, las oxidadas, las podridas, entre otras clasificaciones que a simple vista se pueden apreciar, pero sería un trabajo muy tedioso hacerlo una por una, la inteligencia artificial facilita este proceso y lo hace mucho más rápido.

#### 6.4. HSL

El HSL es una terminología del color que tiene tres elementos clave: matiz, saturación y luminosidad, con este modelo, se pueden definir una gran cantidad de colores y permite establecer rangos de similitud más fácilmente, ya que, el matiz define como tal el color a trabajar, la saturación es su intensidad y la luminosidad establece su claridad, volviendo más sencilla la tarea de establecer un valor de similitud (Supannarach & Thanapatay, 2008). A diferencia del RGB, que es la terminología en la que se definen los colores web, es una combinación de rojo, verde y azul, resultaría más complicado comparar en términos de claridad o de intensidad del color ya que un cambio mínimo en el color, en RGB varían los 3 valores inevitablemente. En la Figura 15 se observa el espectro de color que se puede abarcar con dicha terminología HSL.

Figura 15. Espacio de color HSL



Fuente: (Lucioni, 2015)

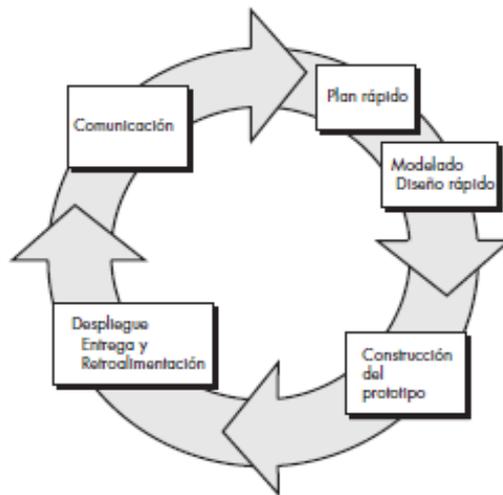
## 7. Marco metodológico

Para el desarrollo de este proyecto se planteó como lenguaje de programación el lenguaje Python, ya que es un lenguaje que maneja muy bien el tema de inteligencia artificial gracias a sus librerías de tratamiento de datos, además, es un lenguaje muy robusto que tiene gran capacidad para desarrollar una buena variedad de proyectos; otra razón, es que es un lenguaje con el que está familiarizado el equipo de trabajo del proyecto, esto hizo más sencilla la parte del desarrollo. Al ser un proyecto investigativo en fase de construcción de una posible solución, no fue necesario agregar complejidad a la hora de su portabilidad y disponibilidad, por lo tanto, se observó como la mejor opción, desarrollarlo a manera de programa de escritorio aprovechando el procesamiento de máquina local y descartando posibles costos extra de procesamiento remoto; además de que lo que se procesan son imágenes, si tocara subir dichos archivos a la web para ser analizado posteriormente, hubiera bajado el rendimiento del programa.

En cuanto a bases de datos, no se requirió manejo de ellas para el desarrollo del proyecto, puesto que no se necesitó almacenar ningún tipo de información, el programa es el encargado de ejecutar unas respectivas ordenes específicas para cada imagen, y, como el filtro base es interpretado por el programa, sus parámetros no fueron necesarios de almacenar.

La metodología de desarrollo de software más adecuada para un proyecto de este tipo, desarrollada por un grupo unitario, es el prototipado rápido, el cual, está basado en un flujo de proceso lineal que se repite a manera de generar incrementos que ayuden a mejorar el producto final (Figura 16), en cada iteración, se revisa el prototipo resultante si cumple y se corrige en un nuevo prototipo, la razón por la cual se escogió dicha metodología es porque se pudo ir haciendo mejoras cada vez respecto de lo que se considere de cada uno de los prototipos, no requiere validación de cliente final, reduce los riesgos y los afronta de manera rápida, y, lo más importante es que se desarrolla con pocos recursos y presupuesto.

Figura 16. Flujo de proceso en prototipado



Fuente: (Pressman, 2002)

En cuestión de pruebas, estas se desarrollaron desde una perspectiva estética por público objetivo; durante su construcción, la evaluación de si está cumpliendo o no, se desarrolló por el mismo grupo de trabajo que tiene conocimiento del tema; en la fase de evaluación final y despliegue, este se evaluó por dos profesionales en el área y por una persona afectada con el problema planteado inicialmente, es decir, los propietarios de pequeñas empresas que necesitan desarrollar una imagen e identidad de marca sólida.

### 7.1. Metodología de investigación

La unidad estética de imágenes es un dato no medible, por lo tanto, la metodología de investigación que se abordó en el problema es una metodología cualitativa, que es aquella que obtiene resultados mediante la observación y el análisis de aspectos no numéricos. Inicialmente, se partió del hecho de que, sí, se puede conseguir una unidad estética en una serie de imágenes con la ayuda de un algoritmo basado en inteligencia artificial, teniendo esto claro, se empezó a desarrollar el algoritmo con la ayuda de un algoritmo genético. Los resultados obtenidos se analizaron a manera de fotografías editadas digitalmente, se cuestionaron por público objetivo en pro de mejorar la precisión del algoritmo, esta evaluación se realizó de manera binaria, es decir, se cumple con la unidad establecida por la imagen base o no; el banco de imágenes fue de 100 unidades, de las cuales, para considerar que sí se mantuvo una unidad y es un producto final usable, el 80% de ellas deben obtener un resultado positivo en la evaluación de satisfacción. Para obtener un resultado claro en las 16 semanas de duración del proyecto, se estableció un máximo de 3 modificaciones del modelo en el desarrollo a fin de mejorarlo, en cada iteración, el equipo de trabajo cuestionó si estaba

funcionando y en la tercera ya se procedió a que se calificara por los 3 evaluadores en cuestión.

## 7.2. Requerimientos

Definir claramente los requerimientos del sistema va a permitir que ningún detalle se escape a la hora de presentar un resultado final, estos se dividen en funcionales y no funcionales, de los cuales, los funcionales definen directamente cada una de las funcionalidades que debe tener el sistema; los no funcionales, por su parte, indican aspectos adicionales a tener en cuenta a la hora de desarrollar que permitirían que se efectúen los procesos de mejor forma o de forma más eficaz.

Tabla 2. Requerimientos del sistema

<b>Funcionales</b>	<b>No Funcionales</b>
El sistema debe recibir e interpretar una imagen inicial o imagen base sobre la cual va a tomar la información necesaria para copiar su estilo y replicarlo en las imágenes siguientes	La interfaz gráfica debe ser sencilla, es decir, con pocos elementos, ya que su público objetivo son usuarios entre los 18 y los 30 años que están emprendiendo un negocio y tienen poco conocimiento de edición de imágenes
El sistema debe recibir una serie de imágenes adicionales a la cuales se les va a aplicar el efecto que se tiene como imagen base	El sistema debe ser de escritorio para sistema operativo Windows y al ser sin acceso a internet se debe garantizar portabilidad
La similitud en apariencia estética debe medirse matemáticamente para que el software lo identifique mediante configuraciones generadas con valores aleatorios, no debe ser únicamente un criterio subjetivo	La búsqueda de las imágenes debe ser con el navegador de archivos propio de Windows
El proceso de edición de la imagen no puede quedarse en bucle infinito, debe retornar un mensaje de alerta con cierto número de intentos	
El sistema debe generar y retornar el mismo número de imágenes entregadas editadas digitalmente al usuario, estas, estéticamente similares a la imagen base	

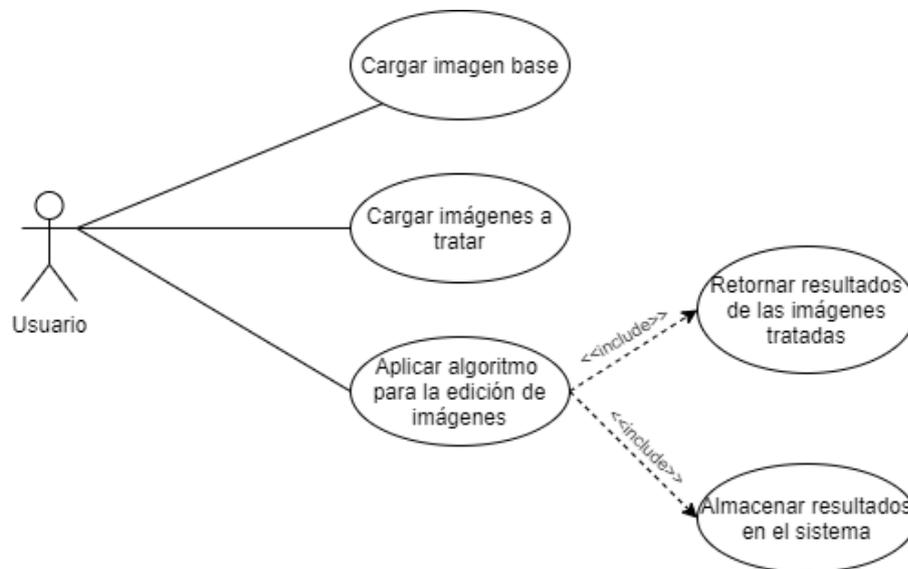
El resultado se debe almacenar automáticamente en una carpeta del sistema.	
--	--

Fuente: Autor

### 7.3. Casos de uso

Los casos de uso representan las acciones que realizan cada uno de los actores del sistema, en este caso el único actor que tiene el mismo es un Usuario que maneja el programa, en el cual carga imágenes y obtiene resultados, sin embargo, a continuación, se declaran unas distintas variantes de dichos procesos para contemplar resultados adversos y solucionarlos de la mejor manera, también entran a colación los métodos a los cuales llamará cada acción.

Figura 17. Diagrama de casos de uso



Fuente: Autor

Tabla 3. Casos de uso

No	Caso de uso	Incluye	Actor(es)
1	Cargar imagen base		Usuario
2	Cargar imágenes a tratar		Usuario
3	Retornar resultados de las imágenes tratadas		

4	Almacenar resultados en el sistema		
5	Aplicar algoritmo para la edición de imágenes	3,4	Usuario

Fuente: Autor

## Descripción de casos de uso

A continuación, se describe cada uno de los casos de uso identificados por medio de flujos básicos y alternativos en caso de haberlos; apoyados en diagramas de actividades, además, se incluye la definición de sus actores, las precondiciones y las postcondiciones del sistema en cada momento de ejecución.

### 7.3.1. Cargar imagen base

Este caso de uso hace referencia al paso inicial del sistema una vez entra en ejecución, la captura de esta imagen base o imagen de referencia es fundamental para el desarrollo de los demás procesos, este proceso de captura, se hace mediante la selección de una y solo una imagen en el explorador de archivos de Windows para continuar la ejecución.

#### Actores

En este caso de uso interactúa directamente el Usuario, ya que este es el que decide cual es la imagen de referencia que va a tomar y es el que da paso al siguiente caso de uso.

#### Precondiciones

La única precondición de este paso es que esté el sistema en ejecución, ya que esta es la pantalla inicial

#### Flujo básico

1. En la pantalla inicial se da clic en examinar para abrir el seleccionador de archivos
2. El usuario navega entre sus carpetas y selecciona una única imagen
3. La imagen seleccionada se agrega al sistema
4. El usuario da clic en un botón continuar.

#### Flujo alternativo 1

En el paso 2:

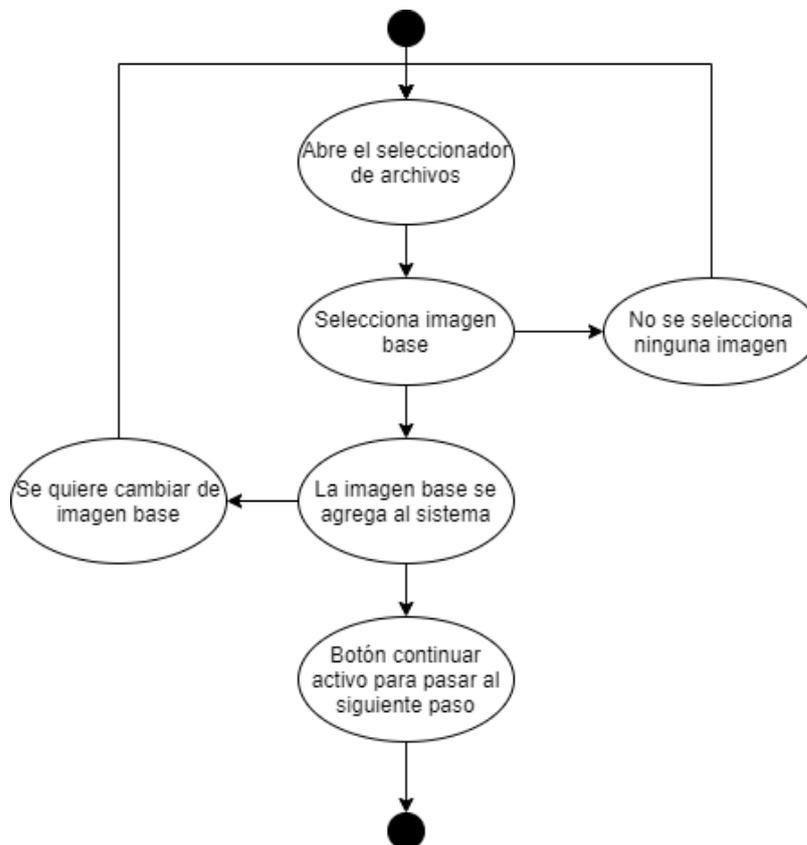
1. El usuario no selecciona ninguna imagen y da clic en cancelar
2. El botón continuar no se activa sin que haya una imagen en el sistema
3. Debe repetir el proceso de selección de imagen y continuar el flujo básico.

## Flujo alternativo 2

En el paso 3:

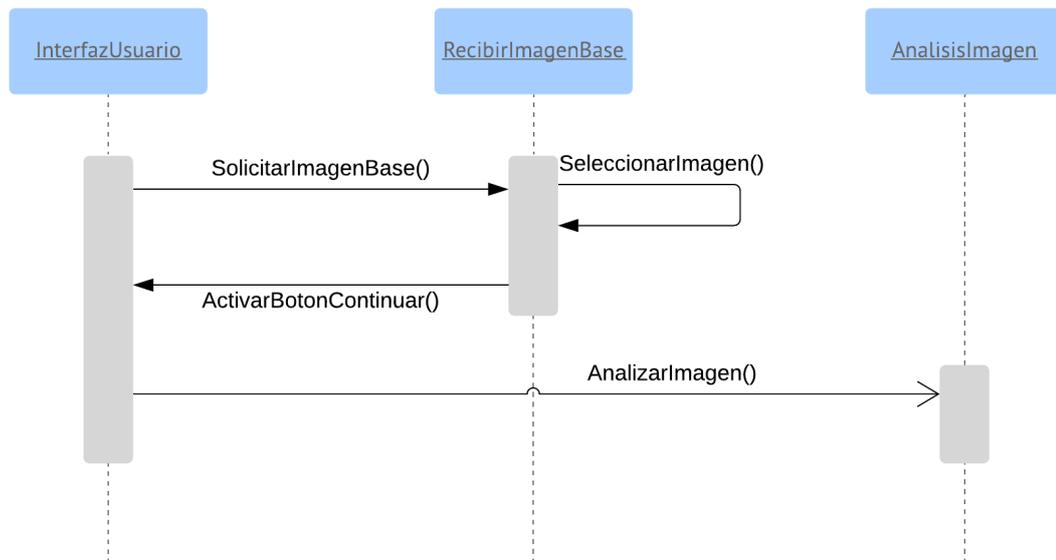
1. El usuario decide cambiar de imagen, puede volver a examinar sus archivos y seleccionar otra
2. Continúa con los siguientes pasos del proceso básico.

Figura 18. Diagrama de flujo básico y alternativos – Cargar imagen base



Fuente: Autor

Figura 19. Diagrama de secuencias – Cargar imagen base



Fuente: Autor

### 7.3.2. Cargar imágenes a tratar

El segundo paso necesario para ejecutar el algoritmo de edición digital de imágenes es darle esas imágenes que se quieren tratar, en este caso si puede ser una o varias, a las cuales se les hará el respectivo tratamiento de unificación estética.

#### Actores

Nuevamente el actor principal, es decir, el Usuario, es quien elige dichas fotos de la misma forma, navegando entre sus archivos para dar paso al siguiente caso de uso que es el de ejecución del algoritmo.

#### Precondiciones

Este caso de uso solo puede ser llamado por el caso de uso Cargar imagen base, ya que, sin este, no tendría caso seleccionar imágenes adicionales.

#### Flujo básico

1. El usuario da clic en examinar para navegar en sus archivos
2. Selecciona la o las imágenes que quiere editar
3. La o las imágenes se agregan al sistema
4. Se activa y se selecciona el botón continuar

### Flujo alternativo 1

En el paso 2:

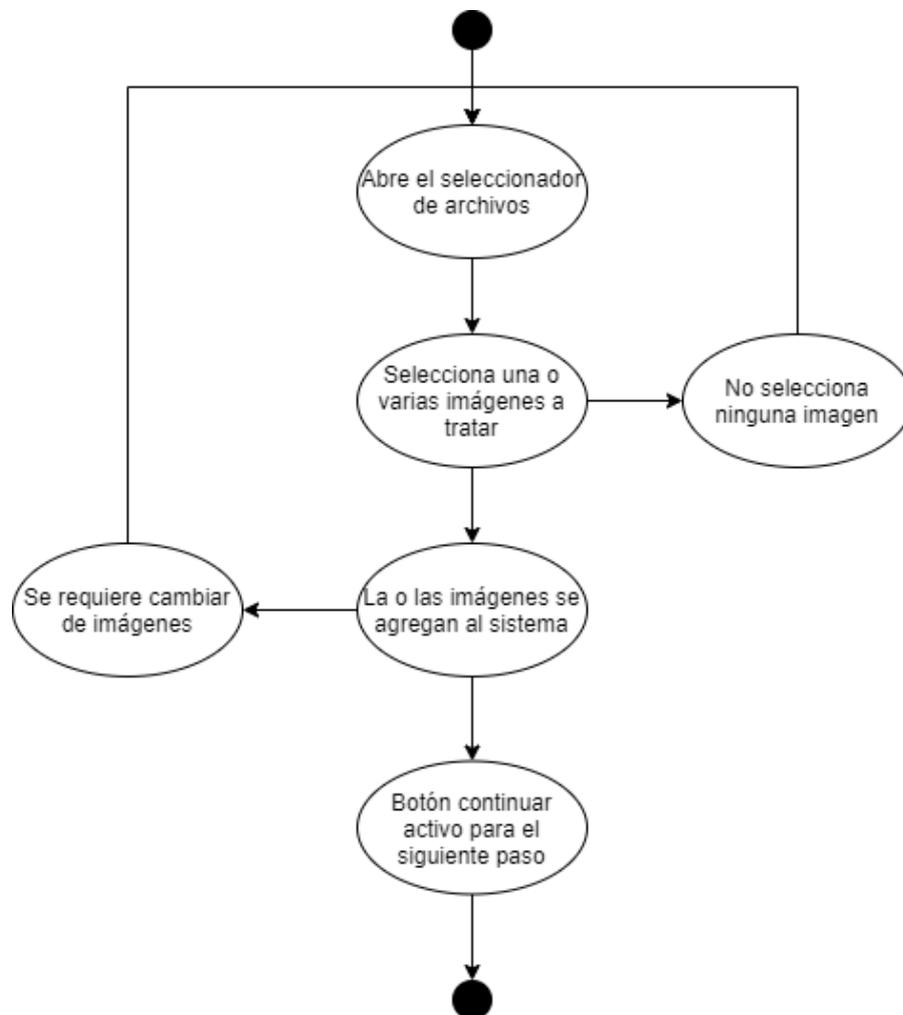
1. El usuario no selecciona ninguna imagen y da clic en cancelar
2. El botón continuar no se activa sin que haya al menos una imagen a tratar en el sistema
3. Debe repetir el proceso de seleccionar imágenes y continuar el flujo básico.

### Flujo alternativo 2

En el paso 3:

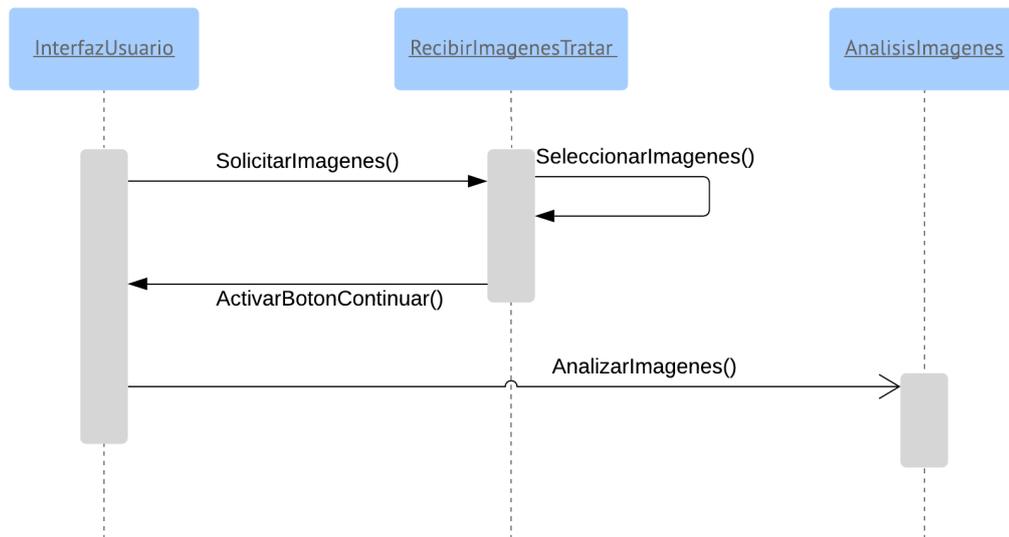
1. El usuario decide cambiar de imagen o imágenes, puede volver a examinar sus archivos y seleccionar otra(s)
2. Continúa con los siguientes pasos del proceso básico.

Figura 20. Diagrama de flujo básico y alternativos – Cargar imágenes a tratar



Fuente: Autor

Figura 21. Diagrama de secuencias – Cargar imágenes a tratar



Fuente: Autor

### 7.3.3. Retornar resultados de las imágenes tratadas

Los resultados obtenidos de la o las imágenes editadas, deben presentarse en la pantalla final al usuario a manera comparativa con la imagen base para que se aprecie que su apariencia estética si se unificó.

#### Actores

En este caso, no se presenta ningún actor ya que el algoritmo realiza esta tarea.

#### Precondiciones

Para que este caso de uso se presente, se debe haber ejecutado correctamente un caso de uso anterior que le de paso, el único que puede darle paso es el de aplicar el algoritmo a las imágenes a tratar.

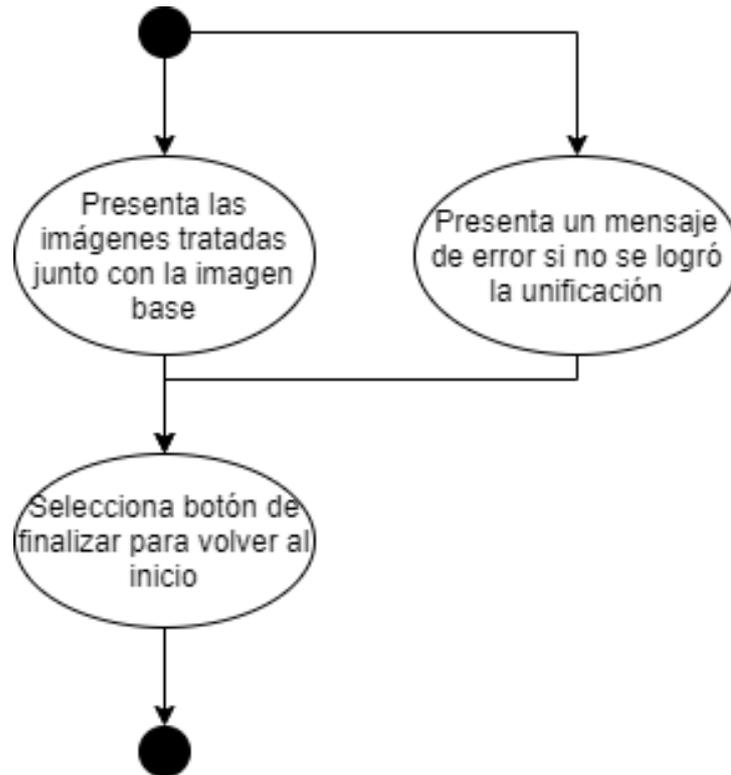
#### Flujo básico

1. Presenta las imágenes tratadas junto con la imagen base para comparar
2. Selecciona botón de finalizar para volver al inicio.

#### Flujo alternativo

1. Presenta un mensaje de error si no se logró la unificación
2. Selecciona botón de finalizar para volver al inicio.

Figura 22. Diagrama de flujo básico y alternativos – Retornar resultados de las imágenes tratadas



Fuente: Autor

#### 7.3.4. Almacenar resultados en el sistema

Además de mostrar las imágenes resultantes, estas deben almacenarse automáticamente en el sistema, estas se guardan en una carpeta nueva en la dirección de origen de las mismas.

#### Actores

De igual forma, el algoritmo realiza esta tarea por lo tanto no hay actores.

#### Precondiciones

Para dar paso a este caso de uso, es necesario que se ejecute correctamente el algoritmo y el resultado sea satisfactorio, no aplica para cuando el algoritmo retorna un error en ejecución.

#### Flujo básico

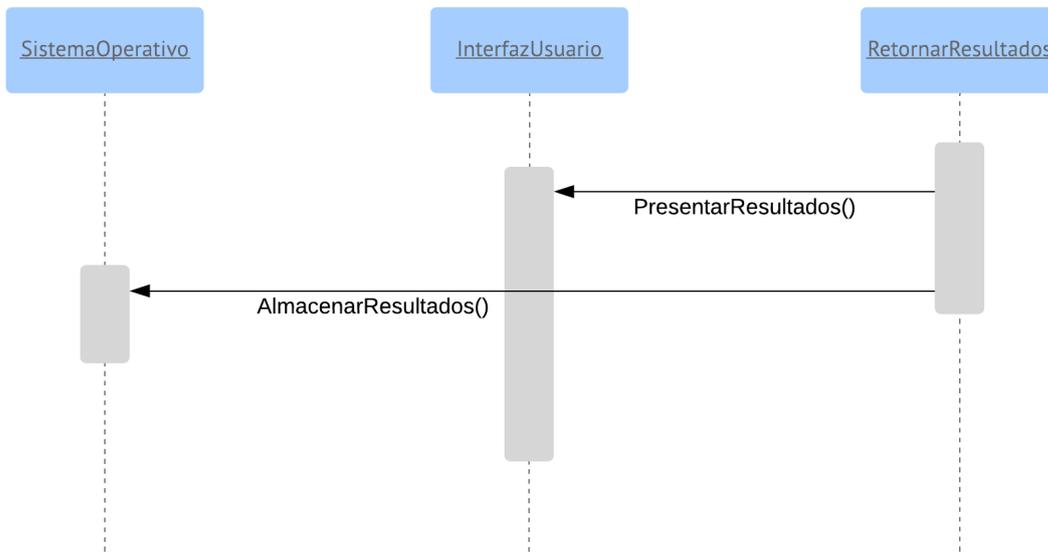
1. Se obtienen las imágenes tratadas una por una
2. Se almacena cada imagen en una nueva carpeta con la dirección de origen.

Figura 23. Diagrama de flujo básico y alternativos – Almacenar resultados en el sistema



Fuente: Autor

Figura 24. Diagrama de secuencias – Retorno de resultados



Fuente: Autor

### 7.3.5. Aplicar algoritmo para la edición de imágenes

El caso de uso más importante y el que realmente le da vida a nuestro sistema es este, ya que es el que realiza la tarea de unificar las imágenes estéticamente mediante un algoritmo genético.

#### Actores

El Usuario es el actor que interviene en este caso de uso ya que es el que da el inicio de la ejecución de dicho algoritmo mediante la entrega de las imágenes de los casos de uso 1 y 2.

#### Precondiciones

Esencial para este caso de uso son las imágenes, tanto la imagen base como la o las imágenes a tratar, sin ellas no podemos llegar a este punto.

#### Flujo básico

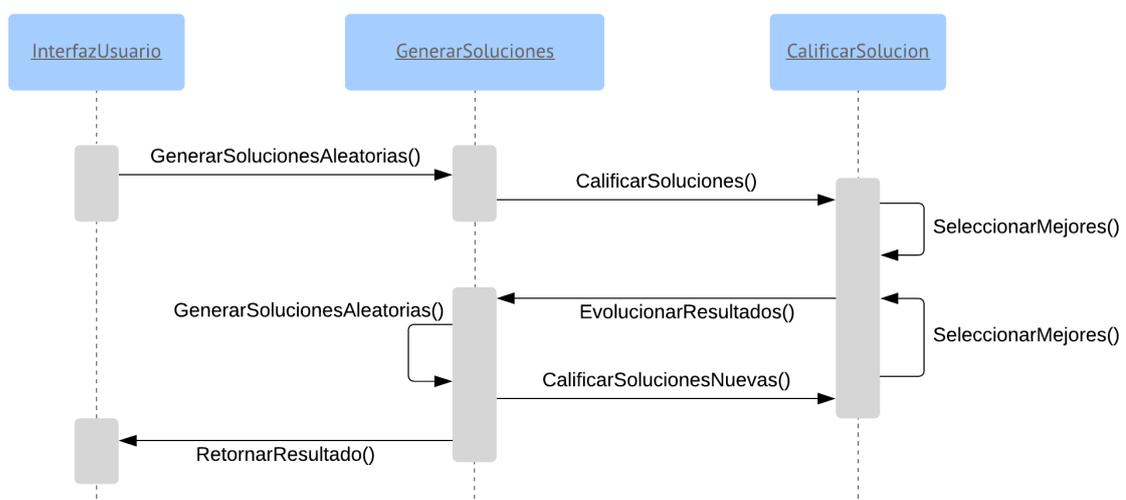
1. Recibe las imágenes
2. Ejecuta el algoritmo genético para unificar cada una de las imágenes
3. Retorna el resultado para los casos de uso 3 y 4

#### Flujo alternativo

En el paso 2:

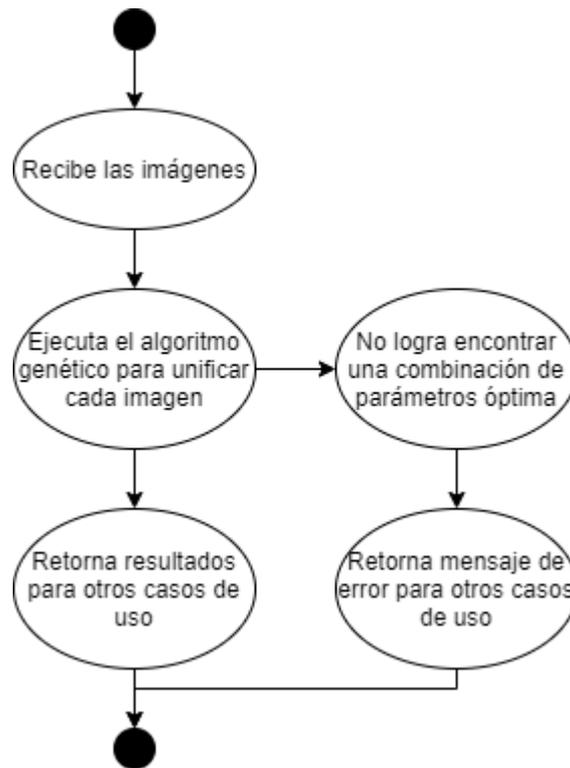
1. No logra encontrar una combinación de parámetros óptima para alguna imagen
2. Retorna mensaje de error para el caso de uso 3.

Figura 25. Diagrama de secuencias – Aplicar algoritmo para la edición de imágenes



Fuente: Autor

Figura 26. Diagrama de flujo básico y alternativos – Aplicar algoritmo para la edición de imágenes



Fuente: Autor

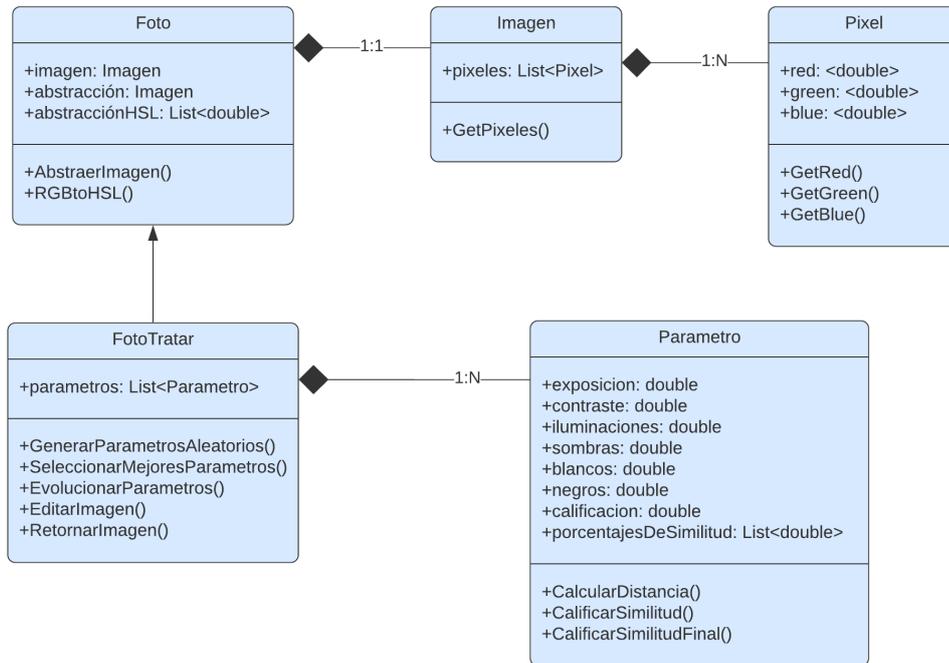
#### 7.4. Diagrama de clases

Un diagrama de clases sirve para determinar las relaciones que tienen las clases que interactúan en el sistema, permite detallar más a fondo cada parte del mismo antes de comenzar a programar, en este caso, es un sistema con pocas clases, pero, algunas de ellas muy complejas y con varios métodos, la Figura 27 representa todo lo anteriormente explicado y da paso a la etapa de desarrollo.

#### 7.5. Diseño de interfaces

En esta sección de preparación antes de iniciar con el desarrollo, se realizan los diseños de las diferentes pantallas involucradas en el sistema, esto con el fin, de que el equipo de desarrollo y el equipo de diseño de interfaces, realice un trabajo más eficiente; el sistema con el que tratamos es un programa de escritorio, por lo tanto, está pensado para pantallas con una relación de aspecto de 16:9 en pantalla completa, esta será la base de los diseños. Las pantallas principales son 3 y adicionalmente, una pantalla de espera o de carga mientras se realiza el proceso principal.

Figura 27. Diagrama de clases

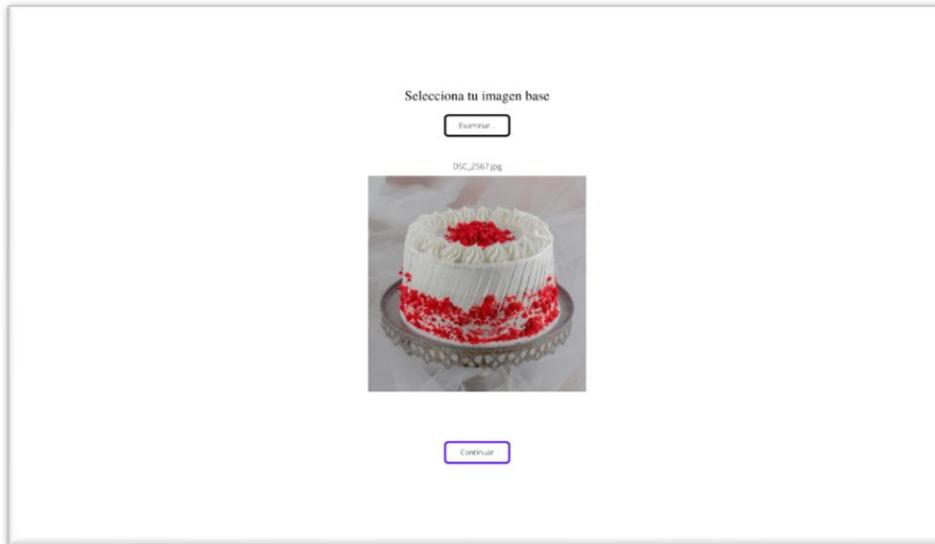


Fuente: Autor

### 7.5.1. Pantalla de carga de imagen base

Esta imagen contiene el respectivo botón “examinar” para subir la imagen base al sistema y esta se mostrará en previsualización, también, contiene un botón continuar para avanzar a la siguiente página que se activará una vez cargada la imagen.

Figura 28. Diseño – Pantalla de carga de imagen base

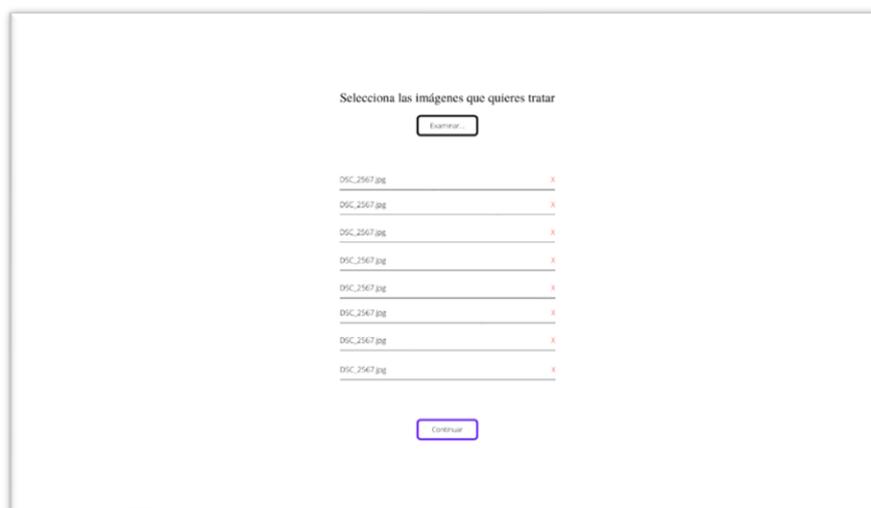


Fuente: Autor

### 7.5.2. Pantalla de carga de imágenes a tratar

Como segundo paso, se deben subir las imágenes que queremos tratar, de la misma forma se visualiza un botón “examinar”, pero, la previsualización cambia, en este caso, serían solamente los nombres de los archivos a manera de lista con una x al costado derecho por si se requieren ser removidos uno por uno, finalmente, el botón continuar cuando todas las imágenes fueron cargadas.

Figura 29. Diseño – Pantalla de carga de imágenes a tratar

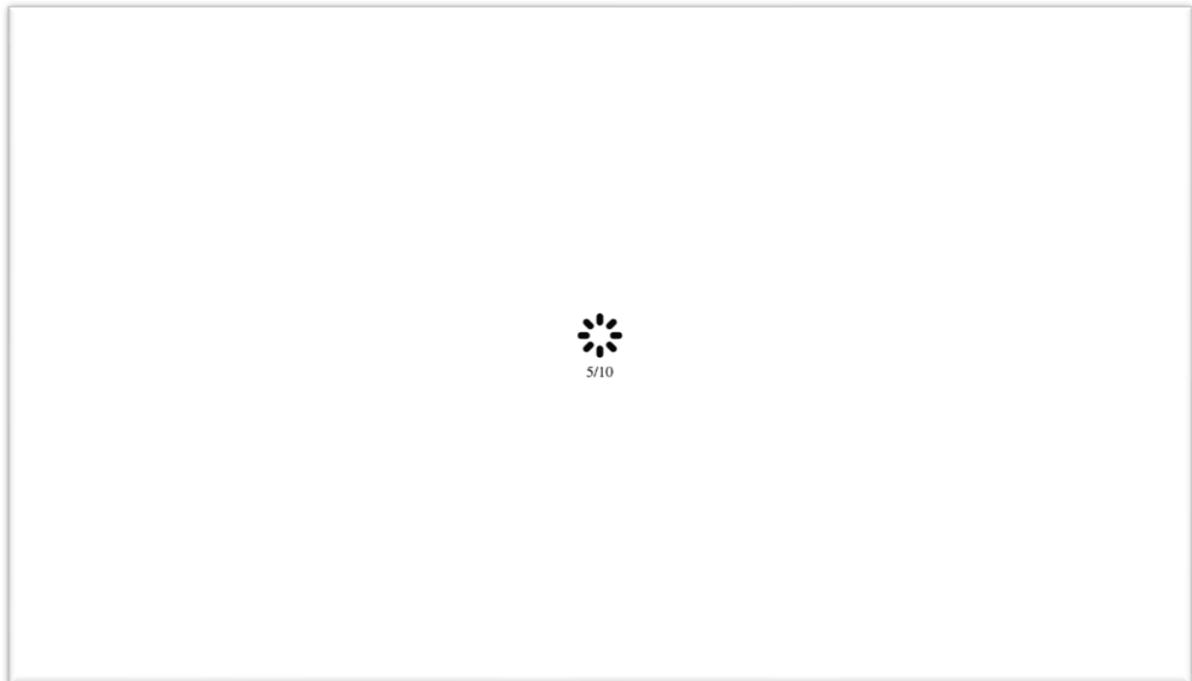


Fuente: Autor

### 7.5.3. Pantalla de espera

Ya que los procesos pueden ser bastante largos y más si se ingresaron múltiples imágenes, es necesario una pantalla de espera, que presenta el clásico círculo de carga y un número indicando por cuál imagen va en el proceso, ejemplo: 4/10.

Figura 30. Diseño – Pantalla de espera

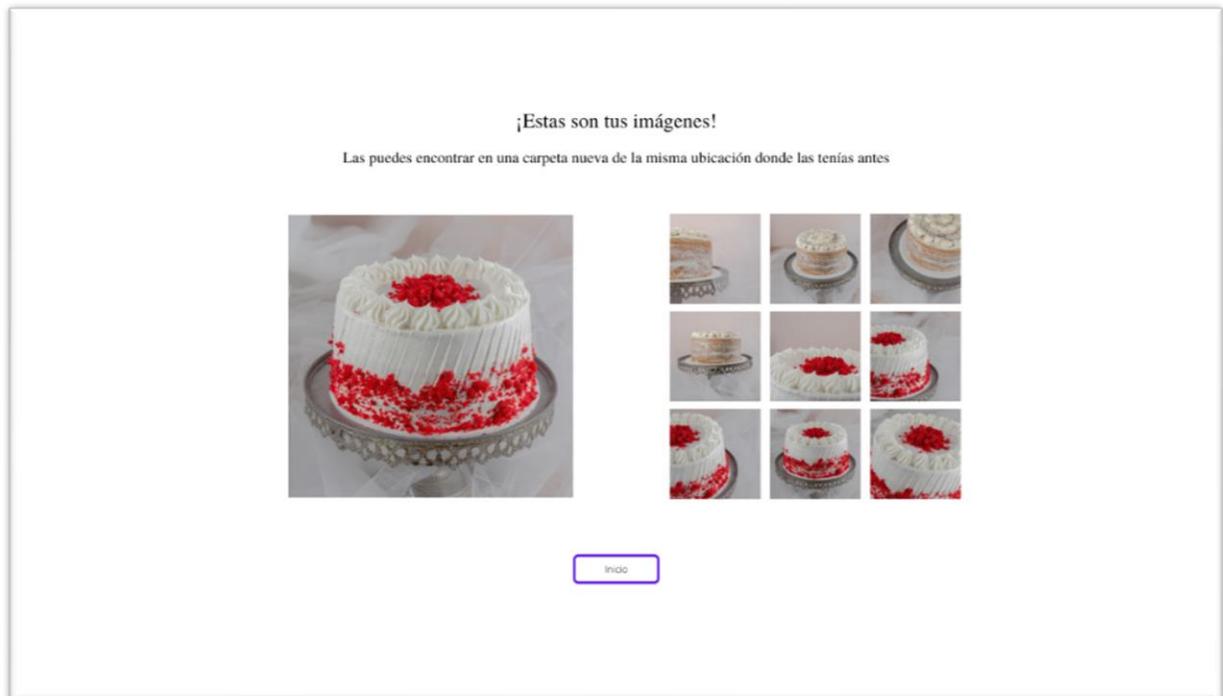


Fuente: Autor

### 7.5.4. Pantalla de visualización de resultados

La pantalla final es una de las más complicadas, ya que muestra por un lado la imagen base con la cual se trabajó el procesamiento, y el resultado de las imágenes procesadas, para esto, se divide la pantalla en dos, a la izquierda la imagen base en grande y a la derecha, un mosaico con las imágenes procesadas, así, el usuario puede apreciar apropiadamente los resultados. Adicional a esto, un botón para volver al inicio y utilizar el software nuevamente.

Figura 31. Diseño – Pantalla de visualización de resultados



Fuente: Autor

## 7.6. Definición del modelo de filtro fotográfico a aplicar

Partiendo del hecho de que el proyecto está enfocado en unificar fotografías de producto para pequeñas empresas, que mejor que trabajar basado en estas mismas, la fotografía elegida como modelo base del filtro fotográfico es una que ya se ha visto en la presentación del proyecto. La Figura 32 muestra la imagen cruda, sin ningún tipo de retoques, sobre la cual, se aplica una serie de configuraciones con los 6 parámetros antes mencionados (Exposición, contraste, altas luces, sombras, blancos y negros) para darle una apariencia estética más limpia y empezar a generar un estilo y una identidad, en la Figura 33 se puede ver la misma imagen con el proceso de edición ya realizado y los valores de sus parámetros, estos valores fueron definidos por el autor a su conveniencia y a su estilo desde su experiencia profesional basado en conocimientos previos.

Figura 32. Imagen original



Fuente: Autor

Figura 33. Imagen editada con sus respectivos parámetros



Exposición: +0.25  
Contraste: -80  
Iluminaciones: -90  
Sombras: +23  
Blancos: -90  
Negros -41

Fuente: Autor

Los cambios no fueron muy bruscos, sin embargo, la diferencia es clara en el manejo de las iluminaciones y los blancos, unos colores más lavados y grisáceos generan mayor armonía en la fotografía para resaltar la delicadeza que tiene un pastel. La obtención de esta tonalidad no es más que hacer un correcto trabajo de los contrastes, es decir, manejo del parámetro con el mismo nombre, las sombras y las iluminaciones, así como llevar el color blanco hacia la gama de los grises. Para evidenciar de mejor manera los cambios obtenidos en las dos imágenes, la editada y la original, en la Figura 34 se observa que sus colores principales, blanco, gris y rojo, cambiaron en gran medida, ya que, en conjunto no se percibe tanta diferencia, pero al extraer sus tonalidades principales y compararlas sí que se nota.

Figura 34. Comparación de colores principales de la imagen original con la editada



Fuente: Autor

En cuanto a similitud de colores, en el planteamiento del proyecto se evidenciaba que no necesita ser exactamente el mismo color para que haya una unidad estética en las fotografías, por lo tanto, se debe establecer un rango de tolerancia, en el cual se especifique hasta qué punto un color será igual a otro o no, para esto, es necesario convertir los colores RGB en HSL, esto con el objetivo de que sean comparables más fácilmente en sus valores de saturación y luminosidad. Para convertir un color RGB a HSL se aplican una serie de fórmulas que denotan cada uno de los valores, las cuales fueron tomadas de (Kalist et al., 2015) y se presentan a continuación.

$$H = \arccos \frac{\frac{1}{2}(2R - G - B)}{\sqrt{(R - G)^2 - (R - B)(G - B)}} \quad (1)$$

$$L = \frac{\max(R, G, B) + \min(R, G, B)}{2} \quad (2)$$

$$S = \begin{cases} \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B) + \min(R, G, B)} & \text{para } L < 0.5 \end{cases} \quad (3)$$

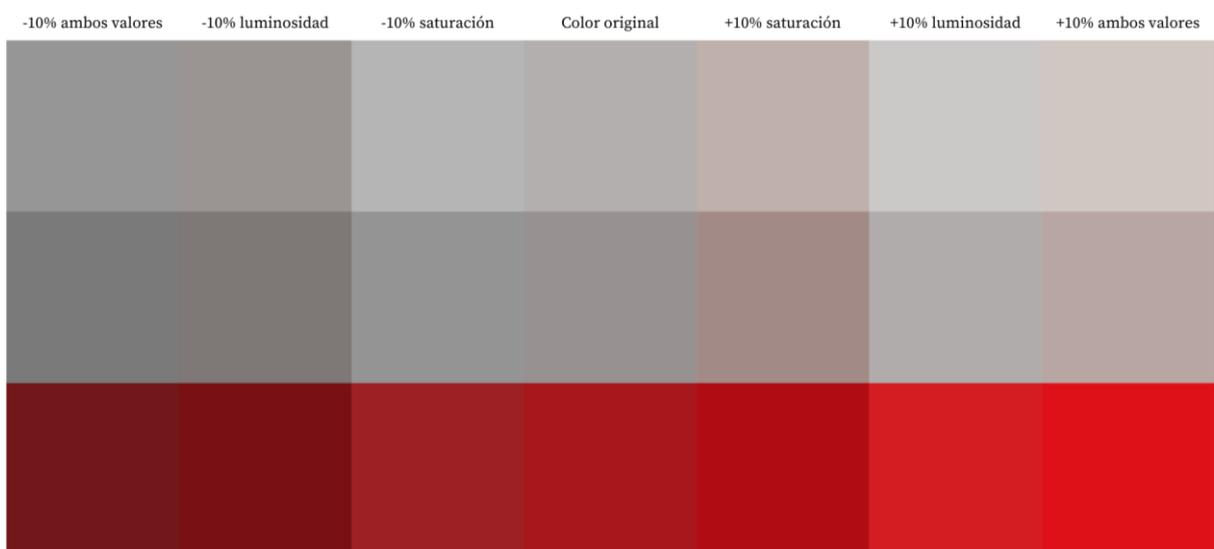
$$S = \begin{cases} \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{2 - \max(R, G, B) - \min(R, G, B)} & \text{para } L \geq 0.5 \end{cases} \quad (4)$$

Al tratarse de un filtro fotográfico que debe adaptarse a cualquier fotografía, no es necesario basarse en el matiz de los colores, ya que la imagen base, por ejemplo, no tiene tonos claros de azul o verde, entre otros, sin embargo, comparando solo la saturación y la luminosidad, se puede establecer similitudes en colores, ya que estos verdaderamente definen las características del mismo, y con ellos, se podría establecer una gama que encaje en la fotografía así no se tenga conocimiento previo

de algún matiz con la imagen base. Que, a la larga, es lo que hacen los parámetros básicos, no cambian el color directamente si no que lo cambian en conjunto reduciéndole o aumentándole los valores antes mencionados. Teniendo en cuenta esto, en la Figura 35, se observa la gama que abarcarían los tres colores principales de la imagen editada.

Los valores de saturación y luminosidad se dan en porcentaje, estos pueden hacer que cambie mucho el color si se dan grandes saltos, por lo tanto, el margen inicial de tolerancia que se dio fue del 10% decisión que cambió posteriormente en la fase de desarrollo.

Figura 35. Gama de colores con variaciones de saturación y luminosidad



Fuente: Autor

En la Figura 35 de igual forma se observa, que, para los tonos grises, es muy importante la saturación, ya que un tono gris puede ser cualquier matiz no saturado, es por eso que al subir dicho valor, se alcanza a colorar un poco gracias su matiz, sin embargo, esto no es problema ya que se mantiene su esencia y siguen siendo colores que pueden estar presentes en la imagen completa; en el tono rojizo de la imagen, se evidencia un resultado satisfactorio, ya que los colores mantienen bien su tonalidad, cabe resaltar que estos son los valores extremos, al adecuarlo a un programa en el que identifique valores de variación más pequeños, los resultados pueden ser mucho mejores y más agradables a la vista.

Para concluir este documento de definición del filtro, se conoce la forma de identificar la gama cromática para establecer similitudes entre nuestras imágenes y saber si son similares o no, aspecto crucial en el desarrollo de la problemática, el HSL como terminología principal del color, y saturación y luminosidad como variables de

comparación, además de definir el filtro fotográfico a trabajar, así como la imagen de referencia y la misma ya editada que servirá como base para el despliegue del prototipo.

### **7.7. Modelo de solución tentativa**

Abordando el problema con la alternativa de solución más viable, es decir, el desarrollo mediante un algoritmo genético, se observó que las características del mismo, encajaban con lo que se buscaba. Los algoritmos genéticos están pensados para problemas en los cuales puede haber más de una solución y se admiten rangos de tolerancia, además, estos trabajan eficazmente en conjuntos de datos con valores aleatorios, es decir, no se necesita una información inicial para trabajarlo, también cuenta con la posibilidad de revisar muchas alternativas y al final tomar la que mejor se adecúe a las necesidades definidas.

El proceso de un algoritmo genético está definido en 3 etapas principales que son: inicialización, evaluación y condición de término, además de unas etapas secundarias: selección, recombinación, mutación y reemplazo; de estas etapas secundarias solo se usarán las necesarias para la solución del problema (Windha Mega & Haryoko, 2019). El pseudocódigo del algoritmo que se planteó en este proyecto para el desarrollo de la problemática fue a grandes rasgos el siguiente:

1. Inicio
2. Recepción de imagen base o imagen de referencia para unificación
3. Abstracción de imagen base a una escala de 3x3 píxeles, esto con el fin de obtener sus colores principales
4. Tomar el valor de los 9 colores principales de la imagen base en RGB
5. Convertir dichos colores principales en terminología HSL
6. Establecer rangos de tolerancia en saturación y luminosidad para los colores saturados y los colores en escala de grises (10% inicialmente)
7. Recepción de la imagen a tratar
8. Abstracción de imagen a tratar a una escala de 3x3 píxeles
9. Generar un conjunto de datos de 100 registros donde cada registro tiene 3 datos
10. Como primer dato de cada registro, se genera una lista de 6 números aleatorios que nos indican los parámetros de edición de la fotografía a tratar
11. Iniciar un ciclo de 1 a 100 para las actividades de la 12 a la 15, que se rompe al cumplir todos sus ciclos o cuando se consiga un resultado adecuado para el problema
12. Para cada registro en el conjunto de datos final:

- a. Editar la fotografía a tratar en formato 3x3 con los parámetros de la primera casilla y almacenar sus 9 colores RGB en la segunda
- b. Tomar la lista de los 9 colores principales de la imagen a tratar en RGB
- c. Convertir dichos colores principales en terminología HSL y sustituirlos
- d. Para cada color de la imagen a tratar:
  - i. Compararlo con cada uno de los colores de la imagen base y emparejarlo con el que tenga el valor mínimo de distancia teniendo en cuenta los valores de saturación y luminosidad, es decir:

*IB = Colores de Imagen Base*

*IT = Colores de Imagen a Tratar*

*S<sub>n</sub>IB = Saturación Imagen Base*

*L<sub>n</sub>IB = Luminosidad Imagen Base*

*S<sub>j</sub>IT = Saturación Imagen a Tratar*

*L<sub>j</sub>T = Luminosidad Imagen a Tratar*

$$Distancia(n, IB) = |S_j IB - S_n IT| + |L_j IB - L_n IT|$$

Donde n es el número del color, enumerados de izquierda a derecha y de arriba abajo y "j" es un color de la imagen base cuyo valor va cambiando para cada uno de sus valores, por lo tanto, la fórmula final sería la siguiente:

$$\min(Distancia(n, IB))$$

- ii. Calificar el porcentaje de similitud del color de la imagen a tratar con el de la imagen base que tuvo la distancia mínima, esto con la siguiente fórmula:

*d = Distancia mínima entre el color de la imagen a tratar con los de la imagen base*

$$F(d) = 1 - \left(\frac{d}{2} * 0.01\right)$$

- iii. Almacenar dicho valor en un conjunto de datos individual para cada registro del principal.

- e. Determinar el promedio de los 9 porcentajes de similitud obtenidos en el conjunto de datos individual
- f. Almacenar dicho promedio como tercer valor en el conjunto de datos que estamos trabajando principalmente
- g. Si ese valor es mayor a 90% (valor que se toma de restar el 100% con el rango de tolerancia), romper el ciclo y saltar al paso 16.

13. Tomar los registros que tuvieron un porcentaje mayor a 80% y desechar el resto

14. Si hay 1 registro o no hay ninguno mayor a 80%, volver al paso 9, si hay al menos 2:

- a. Se recombinan los datos de la primera casilla de tal forma que se generen unos nuevos de la misma cantidad y se guardan como nuevos registros
  - b. Se mutan los datos de la primera casilla de los anteriormente recombinados y los de la primera casilla de los obtenidos en el filtrado en el 80% y se guardan como nuevos registros
  - c. Se desechan los datos obtenidos en el filtrado del 80%
  - d. Si el número de registros resultante hasta el momento es menor o igual a 50, completar con datos aleatorios como lo indica el paso 9, si es mayor a 50, añadir otros 50 datos aleatorios a manera de buscar otras alternativas.
15. Si es la última iteración (100), saltar al paso 18 y mostrar mensaje de alerta, si no, volver al 12 como lo indica el ciclo
  16. Editar digitalmente la imagen a tratar en el tamaño original con los parámetros finales obtenidos
  17. Retornar la imagen
  18. Fin.

Algoritmo que funcionó correctamente a pesar de unas pequeñas adecuaciones en la fase de desarrollo, sin embargo, no presentó los resultados más asertivos para esta primera iteración, por lo tanto, debió ser modificado, más adelante en el documento se presentarán dichos cambios.

## **7.8. Experiencia de desarrollo**

Este proyecto se planteó para ser desarrollado con el lenguaje de programación Python, la primera tarea a la cual nos vimos enfrentados en cuestión de desarrollo fue encontrar una librería que nos permitiera crear interfaces gráficas y tratar con imágenes en formato JPG, lo cual, no fue para nada una tarea sencilla, ya que las más famosas o conocidas como Tkinter por ejemplo, no permitía manejo de imágenes diferentes a PNG o GIF, después de investigar en línea y con algunos colegas, encontramos la herramienta PyQt5, una librería para desarrollar interfaces gráficas que además, contaba con un editor visual para diseñar nuestras pantallas con mucha mejor facilidad.

PyQt5 se mostraba inicialmente como la herramienta más óptima para lo que se quería lograr; al momento de la implementación, esta no presentaba todas sus funciones, ya que se requería una adicional llamada PyUlc5, que permite transformar una interfaz desarrollada en el editor gráfico a código Python. En este momento no se observaba ninguna manera de solucionarlo, incluso, se planteó la posibilidad de trabajar la interfaz gráfica con Java y hacer un llamado a un código Python que era el que iba a

desarrollar lo importante del proyecto, el algoritmo. Esta solución se alcanzó a estudiar, pero era una tarea más complicada, y el algoritmo debía ser trabajado si o si con Python para un mejor manejo de los datos. Volviendo a analizar por qué no funcionaban las librerías de Python, se evidenció que estas no estaban agregadas al “*Path*” ya que se habían instalado en una carpeta diferente al no tener permisos de administrador, rápidamente se solucionó dicho inconveniente y se logró pasar la primera prueba; las interfaces se desarrollaron correctamente y se aprendieron cosas nuevas.

El desarrollo continuó, se implementaron cada uno de los controladores de las interfaces y el desarrollo de las clases contemplados en la sección de diseño, para el tratamiento de imágenes se necesitaba una nueva librería que nos facilitara dicho proceso, para esto, se encontró Pillow, una librería sencilla y práctica para el tratamiento de imágenes, con ella se hizo la transformación de las imágenes y los cambios de colores RGB a HSL, en el diagrama de clases presentado en la sección diseño, se presentaba una clase Imagen y una clase Pixel, estas fueron eliminadas ya que la librería antes mencionada tiene una misma clase Imagen que facilita este proceso, eso hacía que su desarrollo fuera redundante e innecesario.

Los métodos que acompañan las clases se desarrollaron correctamente en su mayoría, la generación de parámetros fue calibrada de manera precisa con la ayuda del director del proyecto mediante fórmulas matemáticas a números aleatorios, entre otras.

Se evidenció un problema al momento de desarrollar el método que edita las imágenes con los 6 parámetros establecidos, la librería Pillow solo permite gestionar el contraste y la exposición de la imagen, los otros 4 parámetros quedan inconclusos, se realizó una búsqueda exhaustiva de algo que nos permitiera realizar ese tipo de edición tan específica, pero los resultados no fueron satisfactorios, esto se debe a que los parámetros restantes son muy técnicos de la edición digital de imágenes, aspecto que no entran a desarrollar los programadores que no manejan el tema a profundidad, en vista de que no se encontró solución existente, se determinó desarrollar dicha edición manualmente gracias a que el desarrollador maneja el tema profesionalmente, para lograr esta tarea se debe determinar exactamente como efectúa el manejo de los colores, en qué cantidad y con qué características, por lo tanto, se realizó el siguiente análisis para cada parámetro con la ayuda del programa Adobe Photoshop CC 2020 y el plugin Camera RAW.

## Iluminaciones

Las iluminaciones, como se ha mencionado antes, es un parámetro que ajusta la cantidad de blanco que tiene la imagen, como sabemos cada color tiene un poco de blanco o de negro y su cantidad puede cambiar rotundamente el mismo, para analizar el comportamiento, se tomaron 4 colores genéricos, un blanco bien definido, un blanco no tan intenso, es decir, un poco más grisáceo y llevado hacía otro color, un tono medio cualquiera y un tono oscuro cercano al negro de la siguiente imagen:

Figura 36. Imagen base para analizar



Fuente: Autor

Los colores captados fueron los siguientes sin afectar de ninguna forma el parámetro de iluminaciones:

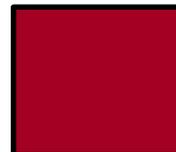
H: 180  
S: 4%  
L: 95%



H: 341  
S: 18%  
L: 79%



H: 347  
S: 100%  
L: 32%



H: 0  
S: 100%  
L: 7%

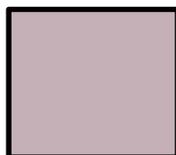


Al disminuir el parámetro iluminaciones a su mínimo que sería -100%, se evidencia el siguiente cambio en los colores:

H: 150  
S: 4%  
L: 89%



H: 337  
S: 15%  
L: 73%



H: 348  
S: 100%  
L: 30%



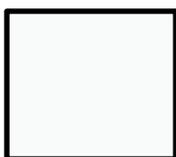
H: 0  
S: 100%  
L: 7%



Se puede observar que los cambios se ven mayormente en la luminosidad de los colores que están cerca al blanco, la luminosidad disminuye en una cantidad proporcional a su cercanía al blanco, entre más cerca estén, más disminuyen, en el tono medio varió muy poco y el color oscuro de sombra no varió absolutamente nada.

Ahora al subir dicho parámetro al 100% positivo, su otro extremo, se obtuvieron los siguientes colores:

H: 180  
S: 9%  
L: 98%



H: 340  
S: 18%  
L: 84%



H: 347  
S: 100%  
L: 34%



H: 0  
S: 100%  
L: 7%

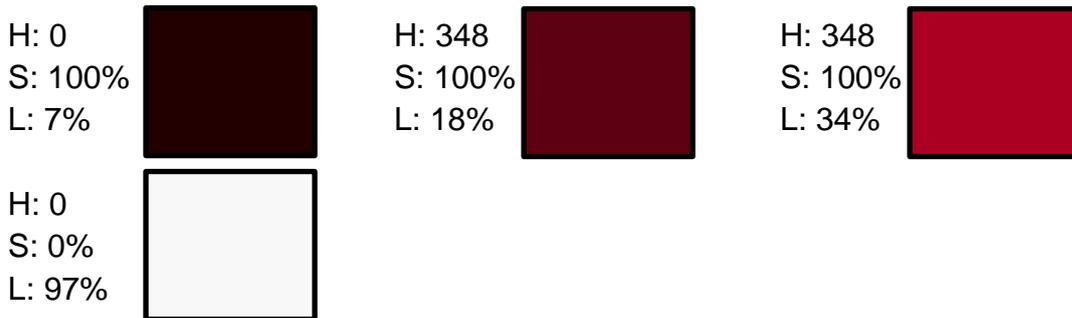


En este caso es un poco lo contrario, la luminosidad aumentó considerablemente respecto al caso 0 en el color 1 y también varió la saturación, cosa que no pasó al disminuir el parámetro, en los otros colores la saturación sí se mantuvo y la luminosidad cambió casi en la misma cantidad que cuando se bajó, para el color oscuro se mantuvo igual que al principio ya que este es un parámetro que no afecta los tonos de sombras o tonos oscuros. Algo muy extraño es el cambio del valor de H (Tono) ya que al bajarlo cambia en el blanco considerablemente, pero al subirlo no cambia, aspecto que se debe tener en cuenta para no llegar a resultados no deseados.

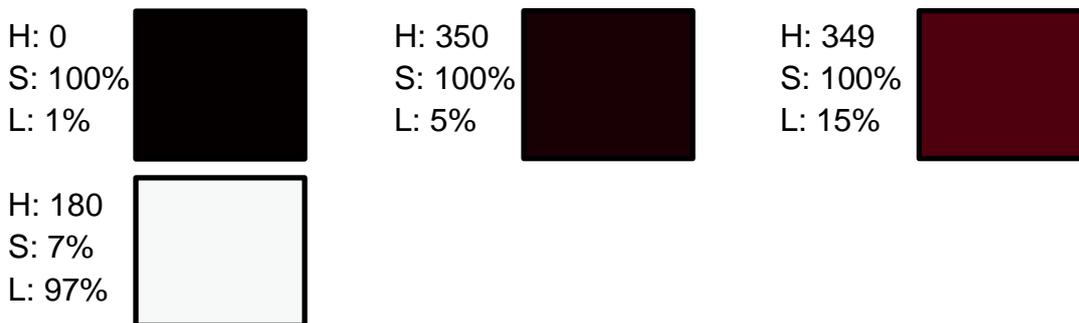
## Sombras

Para las sombras se toman diferentes colores de la misma imagen base, en este caso se requiere de un color negro bien definido y uno tenue, así como un tono medio y un blanco, esto con el fin de analizar sus comportamientos en las situaciones extremas de la edición.

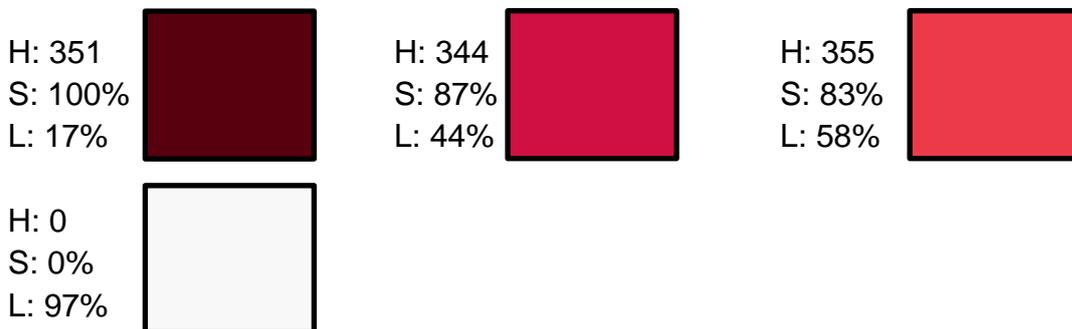
Los colores captados con sombras en el valor 0 son los siguientes:



Al mover el parámetro de las sombras a -100 que es su valor mínimo, se observan los siguientes cambios en los distintos colores de la imagen:



Por último, estos son los colores resultantes en el valor máximo del parámetro sombras:

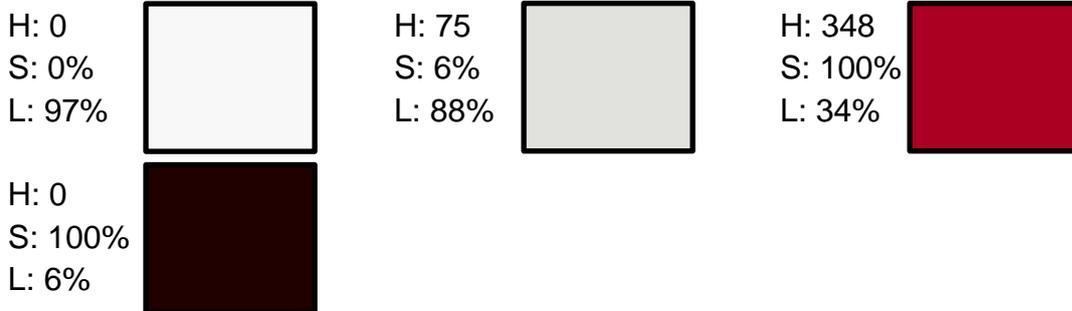


Se puede percibir lo contrario al parámetro iluminaciones, como era de esperarse los colores oscuros cambiaron rotundamente y el blanco no se vio afectado para nada, lo que sí se puede ver, es que el tono medio si tuvo un cambio más pronunciado en esta sección, esto se puede deber a que, el color inicial, es decir, con sombras en 0, estaba más ligado a los tonos oscuros, ya que tiene una luminosidad inicial de 34%.

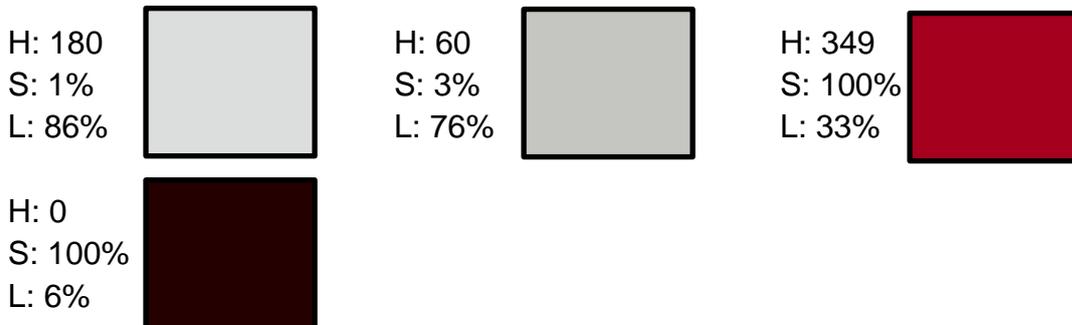
## Blancos

Para analizar el comportamiento de los blancos vamos a retomar el estilo de selección para las iluminaciones, es decir, un blanco bien definido, uno más tenue, un tono medio y un color negro bien definido, ya que el parámetro de blancos afecta mucho más a los colores claros o que tienen alta luminosidad en términos de HSL.

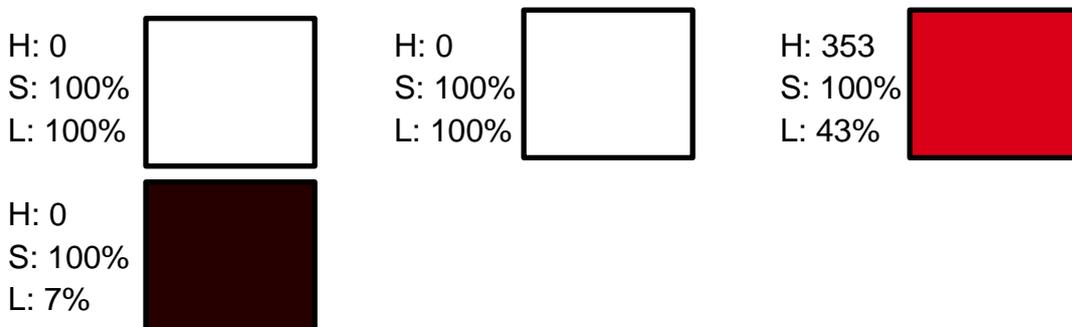
Blancos en valor 0:



Blancos en valor -100:



Blancos en valor 100:



Se puede decir que en este caso es un poco lo mismo que las iluminaciones, la diferencia radica en su intensidad, en los valores mínimos y máximos el cambio fue rotundo, el blanco se convirtió en gris en el mínimo, y el gris se convirtió en blanco en

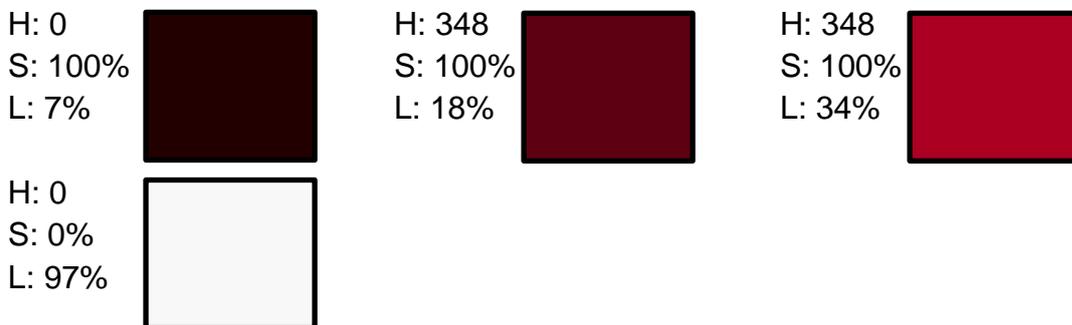
el máximo, el tono medio se notó poco afectado al disminuir ya que de por si es un tono oscuro, pero al subirlo, se vio mucho más intenso que el inicial.

Algo adicional a destacar desde ya, es que no se puede evidenciar una relación de parámetros. Ya que, por ejemplo, para el blanco, su saturación pasó de 0 a 100 en el máximo y de 0 a 1 en el mínimo, es decir, ambos aumentaron, además, como ya lo dijimos antes, el valor de H a veces da saltos impredecibles.

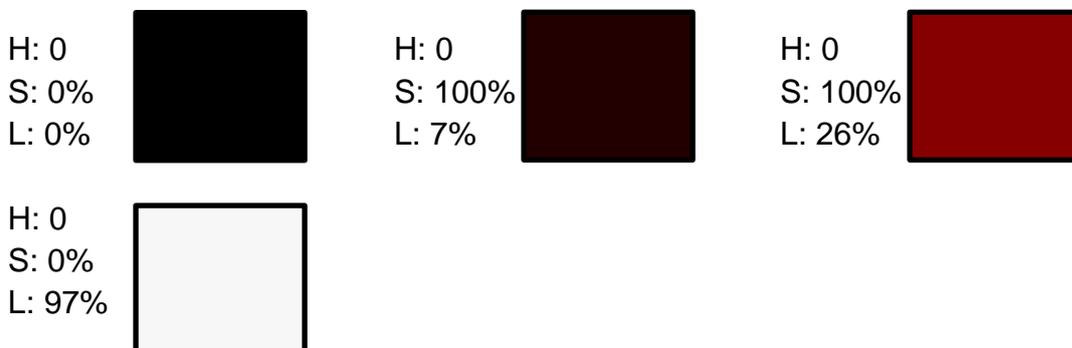
## Negros

Se retoman para este análisis los colores seleccionados en el parámetro sombras ya que los tonos oscuros son los que se ven más afectados con la variación de este aspecto.

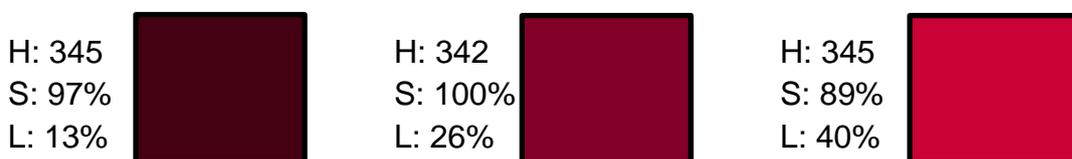
Parámetro “negros” en su valor inicial (0):



Parámetro en su valor mínimo (-100):



Parámetro en su valor máximo (100):



H: 0  
S: 0%  
L: 97%



Contrario al blanco, este parámetro afecta notablemente los tonos oscuros, llegando incluso al negro puro, notable las mismas cosas antes mencionadas, en el tono medio cambió rotundamente el valor de H, esto se debe a que la línea de tonos tiene en sus dos extremos el color rojo; este no se vio tan afectado ya que era un tono medio tirando a oscuro.

En conclusión, de esta primera parte, es bastante impredecible el comportamiento de los colores mirándolo en terminología HSL, ya que se pueden obtener malos resultados cambiando solo la saturación y la luminosidad sin cambiar el valor del tono (H), en colores muy oscuros o muy claros se puede llegar a perder dicho color y terminar con una imagen llena de pequeñas manchas blancas o negras que no se supo a qué color pertenecían, sin embargo, el papel del HSL ha sido muy importante para clasificar, con él, se puede definir qué es un color claro, qué es un color oscuro y qué es un color medio; teniendo dicha clasificación, se observó que en terminología RGB, no se pierde el cambio de tono al mover dichas variables, estos se comportan linealmente pero en distinta cantidad cada uno y diferente para cada parámetro, por lo tanto, se procede a analizar dichos comportamientos y buscar una alternativa de solución con el conocimiento de clasificación que ya se tiene.

### **Iluminaciones**

Partiendo de un color inicial blanco puro y analizando su comportamiento en RGB

R:245  
G:246  
B:246



Al llevarlo a su máximo valor de iluminaciones cada uno de estos valores aumenta 5 unidades, es decir:

R:250  
G:251  
B:251



En cambio, en su valor mínimo, reduce 12 unidades para G y B, pero en R disminuye 14, es decir:

R:231  
G:233  
B:233



Al tomar valores más alejados del blanco, se va disminuyendo el rango de disminución cuando se llega al mínimo y aumenta el rango de subida, al final, para los valores que se consideran negros, en este caso, los que tienen luminancia menor a 30, ya no varían en ninguno de sus aspectos. El rango de actuación para este parámetro estaría definido para todo color con un mínimo de 30 en luminosidad, para los cuales entre más cerca estén del 100% de luminosidad aumentan hasta 0 y disminuyen hasta 14 unidades, y viceversa llegando al valor de 30% de luminosidad. Esta disminución y aumento es igual para los 3 valores de RGB, no siempre van a tener el mismo valor entre ellos, pero si cambian de la misma forma, con lo anterior, se tiene que habrá un punto de equilibrio en el valor 65% de luminosidad, donde aumentaría o disminuiría 7 unidades, adicional a esto, se observó que si está por encima del 65% su aumento irá siendo menor, y su disminución podrá ser máximo de 2.5 veces -1 dicho valor de aumento. Lo cual nos representaría un modelo matemático como el siguiente:

$$\begin{array}{l}
 \text{valor de aumento} \left\{ \begin{array}{l}
 \text{si } L > 65\% \wedge L \leq 100\% = \frac{100 - L}{5} \\
 \text{si } L \leq 65\% \wedge L > 30\% = \text{valor de disminución} * 2.5 - 1 \\
 \text{si } L > 65\% \wedge L \leq 100\% = \text{valor de aumento} * 2.5 - 1
 \end{array} \right. \\
 \text{valor de disminución} \left\{ \begin{array}{l}
 \text{si } L > 65\% \wedge L \leq 100\% = \frac{100 - L - 30}{5} \\
 \text{si } L \leq 65\% \wedge L > 30\% = \frac{100 - L - 30}{5}
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

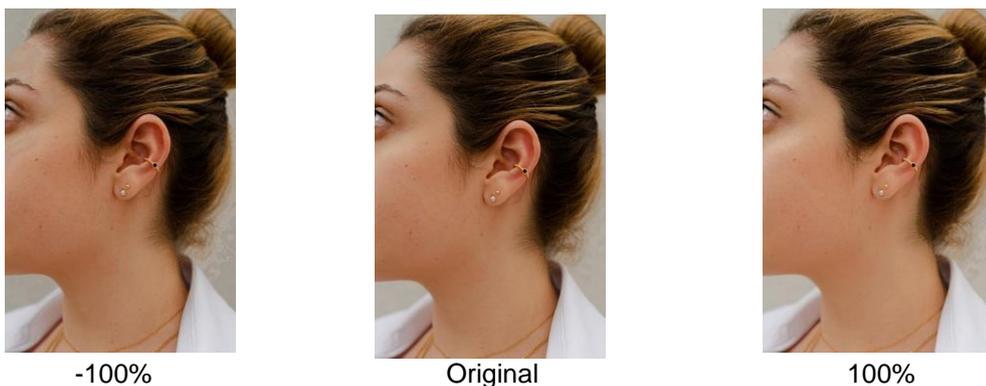
$$\text{Diferencia final} \left\{ \begin{array}{l}
 \text{si } k > 0 = k * \text{valor de aumento} \\
 \text{si } k < 0 = k * \text{valor de disminución}
 \end{array} \right.$$

donde  $k$  = valor del parámetro

$$\text{Color final} \left\{ \begin{array}{l}
 R = R + \text{Diferencia final} \\
 G = G + \text{Diferencia final} \\
 B = B + \text{Diferencia final}
 \end{array} \right.$$

Los resultados fueron los siguientes:

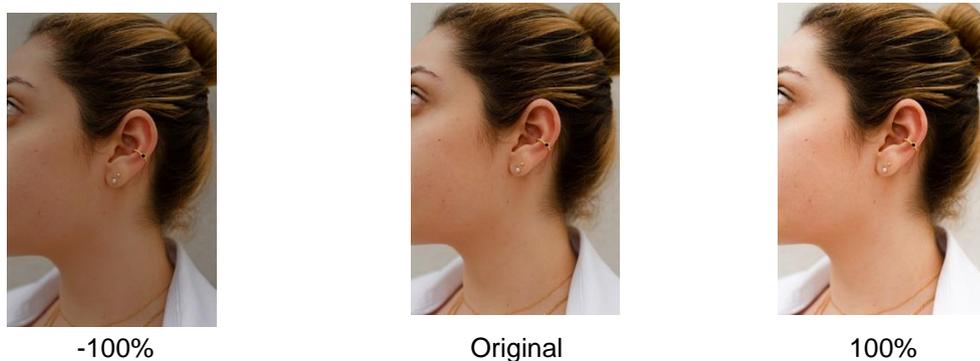
Figura 37. Comparación de imagen obtenida con el modelo planteado



Fuente: Autor

La diferencia observada no es bastante notable a simple vista, pero se observa que los tonos blancos en la imagen original de por sí ya están un poco idos al gris, dándole valores negativos se vuelven más grises y en valores positivos tratan de volver a un blanco más intenso, que es lo que queremos con dicho parámetro. Sin embargo, el modelo no fue tan intenso como debería, ya que, al compararlo con las imágenes obtenidas en Adobe Photoshop, se observa lo siguiente:

Figura 38. Comparación de imágenes obtenidas con Adobe Photoshop



Fuente: Autor

Las imágenes obtenidas se ven más oscura y más clara respectivamente, al intentar ampliar los rangos de variación de color, que anteriormente se definió que era hasta 14 unidades a 25, observamos un resultado muy poco satisfactorio presentado a continuación:

Figura 39. Imagen con mayor rango de variación llevada al 100%

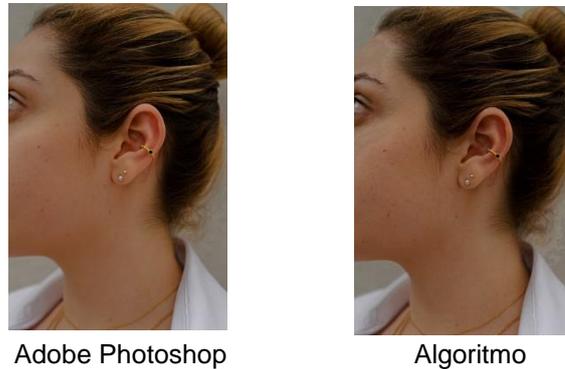


Fuente: Autor

El resultado es una imagen con apariencia de pintura, esto se debe a que los colores están más distantes entre sí en las zonas que varía, es decir, pasar del blanco del fondo al marrón oscuro del cabello, esta apariencia también se aprecia en el resultado inicial, sin embargo, es algo que se corrige posteriormente con algoritmos de suavización de bordes de color, algoritmos bastante complejos que se evitarán abordar en este desarrollo ya que no es crítico para la edición en este caso. Lo que se hará para lograr este aspecto más similar al obtenido con Adobe Photoshop es

aplicarle una pequeña variación a la exposición de la imagen, para restarle o sumarle luminosidad y lograr una mayor similitud, como se puede observar en la siguiente imagen:

Figura 40. Comparación imagen de Adobe Photoshop con imagen al -100% de iluminaciones y variación de exposición.



Fuente: Autor

La similitud entre estas dos imágenes es bastante considerable y se puede afirmar que está correctamente modelado el parámetro de Iluminaciones.

## Sombras

Siguiendo la teoría de que las iluminaciones y las sombras son parámetros que afectan inversamente la imagen, se puede deducir el modelo matemático para este proceso, en el cual, ya no se verán afectados los blancos, es decir, los colores con luminosidad mayor al 70% y se verán más afectados los colores entre más cercanos al negro estén, por lo tanto, el modelo es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{valor de aumento} & \begin{cases} \text{si } L \leq 35\% \wedge L \geq 0\% = \text{valor de disminución} * 2.5 - 1 \\ \text{si } L > 35\% \wedge L < 70\% = \frac{L - 35}{5} \end{cases} \\
 \text{valor de disminución} & \begin{cases} \text{si } L > 35\% \wedge L < 70\% = \text{valor de aumento} * 2.5 - 1 \\ \text{si } L \leq 35\% \wedge L \geq 0\% = \frac{L}{5} \end{cases}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diferencia final} & \begin{cases} \text{si } k > 0 = k * \text{valor de aumento} \\ \text{si } k < 0 = k * \text{valor de disminución} \end{cases} \\
 & \text{donde } k = \text{valor del parámetro}
 \end{aligned}$$

$$\text{Color final} \begin{cases} R = R + \text{Diferencia final} \\ G = G + \text{Diferencia final} \\ B = B + \text{Diferencia final} \end{cases}$$

Los resultados obtenidos con este modelo no fueron del todo satisfactorios, por el lado de unas sombras al máximo se obtiene un resultado que se puede corregir con ayuda

de la exposición y la saturación, los resultados obtenidos fueron los presentados en la Figura 41 comparados con la imagen editada en Adobe Photoshop.

Figura 41. Sombras al máximo con algoritmo y Adobe Photoshop



Fuente: Autor

Se observa que con Photoshop los colores son más saturados y la exposición es mayor, por lo tanto, ajustando esos dos parámetros adicionales, se obtienen los siguientes resultados más acordes:

Figura 42. Adobe Photoshop vs Algoritmo corregido en sombras al máximo



Fuente: Autor

Con la anterior corrección se observa que el tono de la piel se asemeja más y el tono del blanco, sin embargo, se siguen con unos colores más intensos por parte de Adobe Photoshop y sombras menos marcadas, algo que se evidencia aún más claramente en las sombras al mínimo en la Figura 43.

Figura 43. Sombras al mínimo en Adobe Photoshop vs algoritmo



Adobe Photoshop



Algoritmo

Fuente: Autor

Unos tonos muy cercanos al negro puro en la zona de las sombras y unos colores más apagados en los tonos medios indican que se debe corregir el modelo, este debe actuar de forma más contundente y contrastar mejor dichos tonos oscuros, de momento, ignoraremos este hecho para corregirlo con el siguiente parámetro a tratar que son los colores negros.

## Blancos

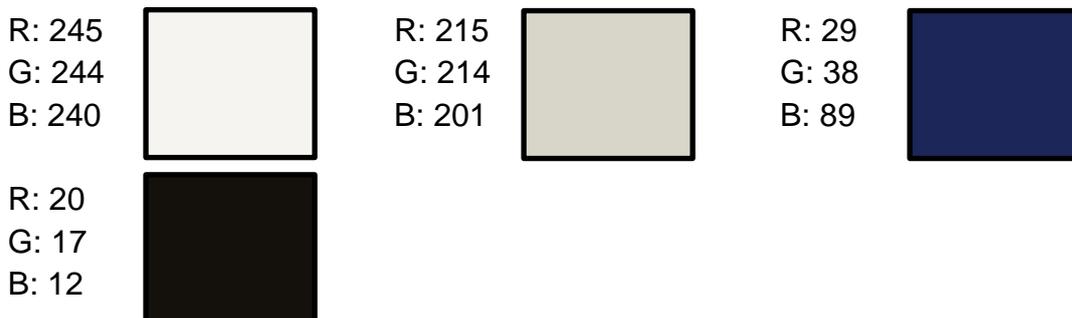
Para el análisis de este siguiente parámetro es necesario usar una imagen con una buena cantidad de tonos blancos en ella pero que a su vez se puedan rescatar zonas negras y zonas con tonos medios, lo importante de este parámetro es identificar correctamente cuales son los colores que se ven afectados por él y cuáles no, para esta tarea se utilizó la siguiente imagen, de la cual se extrajo un color blanco puro, un blanco grisáceo, un tono medio y un tono cercano al negro:

Figura 44. Imagen base para análisis de blancos

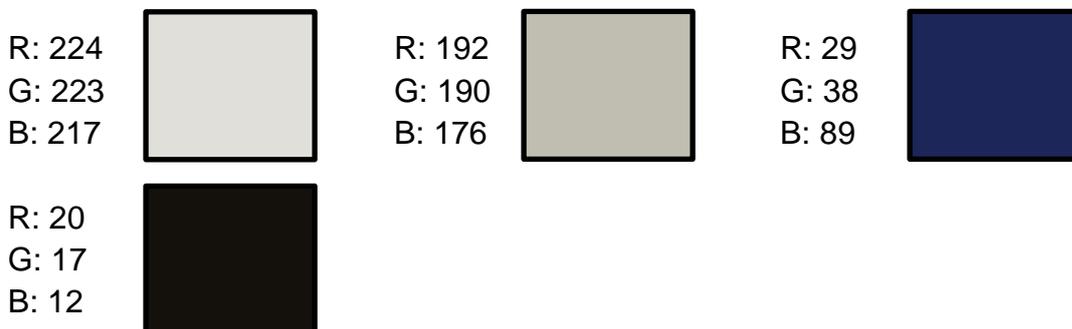


Fuente: Autor

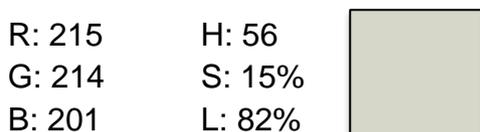
Los colores tomados inicialmente fueron los siguientes:



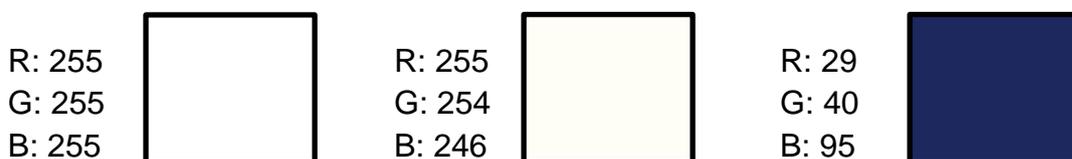
Al variar el parámetro “blancos” a un valor negativo de -100, hace que los tonos blancos vayan más hacia el gris, como se evidencia en el siguiente cambio de los colores:



Se observa que el tono azul y el negro no se vieron afectados en lo absoluto, sin embargo, el blanco y el gris se vieron bastante afectados, para delimitar correctamente, se debe traducir el gris a HSL para saber cuánta luminancia es considerada como blanco.



Con 82% de luminancia inicial, se ve que es un color que varía bastante, por lo tanto, se considera que esos blancos que se ven afectados van desde el 75% en adelante para darle un poco más de amplitud. Ahora, se procederá a analizar el cambio en el aumento del parámetro blancos a un valor de 100.



R: 20  
G: 17  
B: 12



Los dos tonos de blanco llegaron casi al blanco puro, el tono medio varió un poco, sin embargo, se decidió no tener en cuenta dicho cambio a la hora ya que no es muy evidente y rompería con el esquema de simetría de los valores negativos y los positivos, se corregirá durante el desarrollo mediante prueba y error.

$$\begin{aligned} \text{valor de aumento} & \begin{cases} \text{si } L \geq 75\% \wedge L \leq 100\% = 60 \\ \text{si } L < 75\% \wedge L \geq 0\% = 0 \end{cases} \\ \text{valor de disminución} & \begin{cases} \text{si } L \geq 75\% \wedge L \leq 100\% = 25 \\ \text{si } L < 75\% \wedge L \geq 0\% = 0 \end{cases} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diferencia final} & \begin{cases} \text{si } k > 0 = k * \text{valor de aumento} \\ \text{si } k < 0 = k * \text{valor de disminución} \end{cases} \\ & \text{donde } k = \text{valor del parámetro} \\ \text{Color final} & \begin{cases} R = R + \text{Diferencia final} \\ G = G + \text{Diferencia final} \\ B = B + \text{Diferencia final} \end{cases} \end{aligned}$$

Se eligieron esos valores de 60 y 25 ya que fueron los obtenidos en promedio de la diferencia del color original con el color resultante, se hace un análisis de resultados con este modelo y se procede a ajustar si es necesario, los resultados obtenidos fueron los evidenciados en la Figura 45.

Figura 45. Comparación de parámetro blancos al -100 en Adobe Photoshop y en el algoritmo



Adobe Photoshop



Algoritmo

Fuente: Autor

El resultado es muy favorable, los colores quedaron muy bien logrados, el único problema fueron las zonas de mancha que se corrigen con algoritmos adicionales, pero no entraremos en detalle con eso, además de que se está editando con valores extremos que es poco probable que lleguen a ser un resultado final, para el caso de los valores al máximo se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 46. Comparación de parámetro blancos al 100 en Adobe Photoshop y en el algoritmo



Fuente: Autor

Aquí se observa que, si era importante el hecho de aclarar un poco los tonos medios ya que se presentan muchas más manchas de variación de tono, tras varias pruebas e intentos se resolvió subir máximo 25 unidades en los tonos mayores a 40% de luminosidad hasta 75%, además de agregar un poco de saturación artificial en el código con la librería Pillow, el nuevo modelo tendría una condición adicional en la sección de valor de aumento.

$$valor\ de\ aumento \begin{cases} si\ L \geq 75\% \wedge L \leq 100\% = 60 \\ si\ L < 75\% \wedge L \geq 40\% = 40 \\ si\ L < 40\% \wedge L \geq 0\% = 0 \end{cases}$$

El resultado obtenido con el modelo corregido fue el siguiente:

Figura 47. Comparación de parámetro blancos al 100 en Adobe Photoshop y en el algoritmo corregido



Fuente: Autor

Un resultado bastante favorable y similar que nos da por concluido este parámetro, sigue presentando manchas, pero mucho menos notorias al resultado inicial y en un rango permisible.

## Negros

Siguiendo la teoría de que este proceso es igual al del parámetro “blancos” pero de manera inversa, se hace la prueba con un modelo matemático con los mismos valores pero que solo afecta a los tonos con una luminosidad menor a 25%, factor que es probable que se tenga que ampliar un poco más debido a que el color negro es un color más difícil de modelar en este desarrollo, el modelo a implementar inicialmente es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{valor de aumento} & \begin{cases} \text{si } L \geq 0\% \wedge L \leq 25\% = 25 \\ \text{si } L > 25\% \wedge L \leq 100\% = 0 \end{cases} \\
 \text{valor de disminución} & \begin{cases} \text{si } L \leq 25\% \wedge L \geq 0\% = 60 \\ \text{si } L > 60\% \wedge L \leq 100\% = 0 \end{cases}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diferencia final} & \begin{cases} \text{si } k > 0 = k * \text{valor de aumento} \\ \text{si } k < 0 = k * \text{valor de disminución} \end{cases} \\
 & \text{donde } k = \text{valor del parámetro} \\
 \text{Color final} & \begin{cases} R = R + \text{Diferencia final} \\ G = G + \text{Diferencia final} \\ B = B + \text{Diferencia final} \end{cases}
 \end{aligned}$$

Los resultados obtenidos con este modelo fueron los siguientes para el valor mínimo de parámetro “negros”:

Figura 48. Comparación de imágenes con parámetro “negros” en -100, Adobe Photoshop vs Algoritmo



Adobe Photoshop



Algoritmo

Fuente: Autor

Un resultado bastante satisfactorio, haría falta un pequeño ajuste con un poco más de saturación en el código con la librería Pillow para llegar al siguiente resultado:

Figura 49. Comparación de imágenes con parámetro “negros” en -100, Adobe Photoshop vs Algoritmo corregido



Adobe Photoshop



Algoritmo

Fuente: Autor

El color amarillo ya se asemeja más, el azul no se ve tan intenso, pero es porque en la edición inicial quedó bastante claro, no se puede ajustar más porque causa que se distorsionen los otros colores, por lo tanto, se resuelve dejarlo así y especificar que cada imagen es un mundo diferente y que puede varias la edición en cada una. Por otro lado, al comparar las fotografías en el parámetro “negros” en un valor máximo de 100, se obtiene el siguiente resultado:

Figura 50. Comparación de imágenes con parámetro “negros” en 100, Adobe Photoshop vs Algoritmo



Adobe Photoshop



Algoritmo

Fuente: Autor

Los colores son bastante similares, sin embargo, se evidencian bastantes manchas de variación de color, se intentó corregir con una mayor amplitud en los tonos medios de aumento y no disminuyeron, esto se tomará como un caso particular de cada imagen en los valores extremos y se dará por concluido el desarrollo de este parámetro ya que los colores coinciden satisfactoriamente.

Retomando el problema que se tenía con el parámetro sombras en los valores negativos, donde hacía falta algo que hiciera los tonos negros más oscuros, ahora terminado el parámetro “negros”, se puede retomar con este desarrollo, al cual le agregamos una edición de -50 de “negros” por cada -100 de “sombras”, el resultado fue el presentado en la Figura 51.

Figura 51. Comparación de parámetro “sombras” en el valor -100 de Adobe Photoshop y el algoritmo incluyendo edición adicional del parámetro “negros”



Adobe Photoshop



Algoritmo

Fuente: Autor

Los resultados en cuanto a tonalidades oscuras cercanas al negro fueron muy satisfactorios como se evidencia, sin embargo, los tonos medios conservan una saturación que no permite una mayor similitud, por lo tanto, se afecta también este parámetro de manera manual en el código para llegar al resultado presentado en la Figura 52.

Figura 52. Comparación de parámetro “sombras” en el valor -100 de Adobe Photoshop y el algoritmo incluyendo edición adicional del parámetro “negros” y saturación



Adobe Photoshop



Algoritmo

Fuente: Autor

Un resultado bien logrado, con tonos de piel casi que idénticos y tonos de blancos y negros muy similares, con esto, se da por concluida esta etapa de modelado de parámetros que inicialmente no estaba contemplada para el desarrollo, pero al final tuvo resultados bastante buenos, los dos parámetros restantes que son “exposición” y “contraste” si se pueden corregir de manera directa en el código gracias a la librería Pillow, por lo tanto, no se ahondará en ellos.

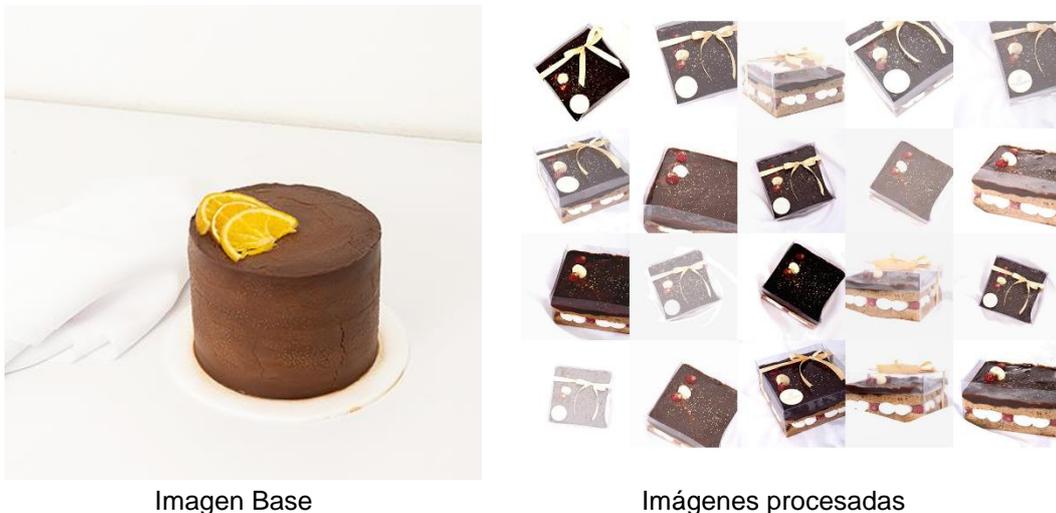
El desarrollo del algoritmo genético fue logrado sin problemas mayores, uno que otro error de compilación pero se implementó correctamente con ayuda del modelo planteado en la etapa de planeación, la única modificación que se hizo fue la evolución de los parámetros que estuvieran cercanos a una solución, cada conjunto de parámetros con calificaciones notables, se evoluciona a 12 nuevos conjuntos, donde se varía 0.05% cada parámetro en positivo y negativo, ya que si tiene una buena calificación es que está bastante cercano a ser idóneo. Adicional a eso se cambió que un resultado bueno fuera mayor al 80% de similitud a 90% y que el resultado final no fuera superior a 90% si no a 99%.

## 8. Análisis de resultados

Para esta etapa de análisis de resultados lo que se hizo fue mostrar cada uno de los resultados de las 3 iteraciones máximas descritas en la planeación, estas no llevan una calificación por público objetivo, el equipo de trabajo es el encargado de determinar si se está cumpliendo o no hasta la iteración 3, en esta última si se procederá a hacer la prueba final con las 100 imágenes a las 3 personas elegidas, dos profesionales en el área de la fotografía y una empresaria que necesitaría del sistema.

Los primeros resultados obtenidos no fueron los mejores, esto se debe a que el modelo de calificación descrito en la etapa de planeación probablemente no contempla muchos posibles escenarios, se hizo la prueba con 20 imágenes y los resultados fueron los siguientes:

Figura 53. Resultados con modelo planteado en la etapa de planeación



Fuente: Autor

Lo que se aprecia es que trató de mantener la esencia del tono de blanco, fuerte en algunas zonas y en otras un poco más gris, sin embargo, no tuvo en cuenta el tono marrón del elemento fotografiado, este quedó en distintas variaciones de tonalidad con el resultado final ya que el blanco se mantenía y era bastante parecido al de la imagen base, por esta razón se debe plantear una nueva alternativa de solución para llegar a un resultado más asertivo.

Para corregir este problema la solución que se plantea es tratar de forma independiente las distancias de saturación y luminosidad, es importante saber que en los tonos blancos y negros bien marcados no es necesario contemplar la saturación,

ya que esta no cambia para nada estos colores, aspecto que se observó con el desarrollo de los parámetros de edición, es necesario que los valores nuevos estén bastante cerca a los de la imagen base, inicialmente se contempló la posibilidad de que fuera máximo 20 unidades pero es demasiado, se reducirá a 8 como primera instancia. Los cálculos se seguirán manejando igual, sin embargo, se corregirá que solo se tenga en cuenta la luminosidad en la distancia de los colores blancos y negros. La saturación tendrá más peso en los tonos medios con la siguiente fórmula para calcular la distancia:

$$Distancia \{ si L > 30\% \wedge si L < 70\% = si Ds > 5 = 20$$

Donde L es el valor de luminosidad y Ds es la distancia de la saturación, solo se le dará un rango máximo de 5 unidades a la saturación, si es mayor, el 20 hará que se aleje demasiado y no se tenga en cuenta esa solución, en caso de ser menor, se mantiene la misma fórmula de antes.

Para estar seguros también de que máximo haya 8 unidades de diferencia en promedio, a la hora de calcular el porcentaje de similitud, que se dividía la distancia total en 2 y se le restaba al 100%, solo se hará si la distancia final es menor a 16 unidades, si no, se usará un valor genérico de 50% de similitud, que es bastante bajo, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Figura 54. Resultados obtenidos en la segunda iteración con modelo ajustado



Fuente: Autor

Los resultados siguen sin ser los esperados, incluso parece que sean los mismos, puesto que es posible que no exista un color en la imagen base similar a alguno que se tenga en la imagen a tratar y no tiene con quien compararlo en la imagen nueva; al volverlo más estricto, dando valores lejanos cuando no son muy similares la iteración es infinita, no encuentra ningún resultado que pueda satisfacer las necesidades del

sistema, llegando a analizar 2 millones de conjuntos de parámetros sin éxito, la decisión más razonable sería mantener una holgura para que no ingrese en un bucle sin salida.

Para observar con mejor ojo lo que está pasando al evaluar las imágenes se extrajeron las abstracciones 3x3 tanto de la imagen base con una de las imágenes resultantes, resultado que se observa en la Figura 55 para la imagen base y en la Figura 56 para la imagen a tratar, en el caso de la imagen base se ve una abstracción no muy acorde a la imagen completa, es como si al abstraerla los colores se mezclaran y se perdiera el marrón oscuro al mezclarlo con tonos blancos y grises, además, aparecen nuevas tonalidades que para nada se pueden observar en la imagen completa, este puede ser el motivo de que se obtengan resultados tan incongruentes.

Figura 55. Abstracción de imagen base



Fuente: Autor

Para la Figura 56 se observa que en la imagen completa es claro una tonalidad de blanco puro, al abstraerla se pierde totalmente la esencia del mismo, los colores se mezclan con el tono oscuro y se convierten en tonalidades grises que igual que en el ejemplo anterior, no se evidencian para nada, además perdió mucha fuerza esa tonalidad oscura del elemento fotografiado, es evidente que el mismo es mucho más oscuro que el marrón del pixel del medio.

Figura 56. Abstracción de imagen resultante en la segunda iteración



Fuente: Autor

Para conservar más fielmente los colores presentes en la imagen se debería abstraer en una resolución más grande, lo que perjudicaría el rendimiento del software, actualmente, tiene un tiempo de respuesta de 15-20 segundos para encontrar una solución con la abstracción 3x3 de 9 píxeles, se propone como medida para mejorar la calidad de los resultados hacer una abstracción 10x10 en la cual se tendrían 100 píxeles por analizar y calificar en cada alternativa de solución, en la Figura 57 se presenta la fidelidad de una abstracción 10x10, se evidencia mejor conservación de los colores originales y se evitan mezclas exageradas de tonalidades.

Figura 57. Imagen base en una abstracción 10x10



Fuente: Autor

En esta abstracción incluso se conserva la tonalidad amarilla que se había perdido completamente, esta servirá mucho para la calificación de tonos medios; así que,

sacrificando un poco de procesamiento, se procede a efectuar los cambios respectivos en el algoritmo de abstracción y se generan nuevos resultados con posibilidad de aún ajustar un poco el modelo matemático, algo que se observó sobre la marcha es que es una tarea complicada cuando las imágenes están cercanas desde un inicio, coincidir con todos los parámetros en 0 genera muchas iteraciones a menos que hay un golpe de suerte, por lo tanto, se agrega en los primeros parámetros el nulo, que tiene todos sus valores en 0; los resultados obtenidos fueron los siguientes sin ajustar el modelo planteado en la segunda iteración:

Figura 58. Resultados obtenidos en la tercera y última iteración



Fuente: Autor

Se observan unos blancos más ajustados y un tono marrón más uniforme que en los resultados anteriores, esto indica, que fue totalmente acertado haber convertido la abstracción a tamaño 10x10, además de esto, el modelo fue ajustado para que los parámetros que se evolucionen sean los que tengan una calificación mayor al 80% de similitud y el resultado final debe tener un 95% de calificación, es evidente que sigue siendo muy bajo para que quede similar, este debería ser del 99% como se intentó en una ocasión, el problema de esto, es que al evolucionar unos parámetros mayores al 80%, cada parámetro se convierte en 12 nuevos, y a su vez, estos 12 nuevos pueden mantenerse dentro del rango del 80% que serán otros 12 por cada uno de ellos, lo que indica un crecimiento exponencial, esto, hizo que el equipo de cómputo sobre el cual está corriendo llegara máximo a unas 6 iteraciones y colapsara por la gran cantidad de información que debía procesar y más calificando y editando 100 píxeles por parámetro para saber qué tan similar es.

Con cada resultado obtenido en las iteraciones se evidencia la mejora con cada ajuste, es un proyecto muy viable que requiere de mucho tiempo y de muchas más pruebas, para iniciar la etapa de pruebas por público objetivo, esto, sin descartar que haya

posibles cambios durante este desarrollo, ya que se gestionaron diferentes banderas por consola para saber cómo transcurre el proceso, se usará la imagen base planteada anteriormente en el documento y se abandonará esta provisional, la cual, fue elegida ya que se quería evidenciar con exactitud el comportamiento del color blanco y de los tonos cercanos al negro puro; con esta, se editan 100 imágenes y se procede a establecer una cantidad de imágenes que el público objetivo considera que mantienen unidad estética.

Mientras se realiza este proceso saltan las banderas antes mencionadas, con las cuales, se puede evidenciar cuantos datos se están analizando en cada momento, se observó, que no se estaban eliminando los parámetros que se evolucionaban, eso generaba que en cada iteración se siguieran evolucionando y el algoritmo terminara calificando constantemente los mismos parámetros, a su vez se observó que hay puntos donde la mejora no se evidencia, es decir, un parámetro con calificación 89% se evolucionó en 12 más, de los cuales 8 parámetros tuvieron calificación menor al 89% pero mayor a 85% que es el límite para evolucionar, esto hacía que se retrocediera en el camino y se perdiera muchísimo tiempo, esto se gestiona con una nueva variable que guarda la última calificación máxima obtenida, con esta misma, se gestiona que solo evolucionen los que sean superiores a la misma, ganando así tiempo para analizar nuevos y mejores resultados.

Algo adicional observado en las banderas que indican el proceso de ejecución es que hay un punto donde llega a estancarse, analiza miles de resultados que dan como resultado la misma calificación máxima durante varias iteraciones, proceso observado en la Figura 59, la solución más viable es que cuando llegue a dicho proceso de estancamiento donde en más de 5 iteraciones se mantenga el valor máximo, genere un resultado para evitar bucles infinitos, este valor de 5 no es aleatorio, se observó que después de esta cantidad de iteraciones ya se estanca en el mismo resultado, así que sería absurdo darle más amplitud. Esto tuvo buen resultado, se volvió a intentar con la imagen en cuestión de la Figura 59 y esta, a pesar de que se mantuvo en bucle con una calificación de 91.9%, es decir, inferior al ejemplo, se obtuvo un resultado y fue bastante similar a lo que se quería obtener.

Con las correcciones descritas anteriormente se asegura que siempre se va a llegar a obtener un resultado, se evitan correctamente los bucles y se gestiona bastante bien el uso de procesamiento descartando parámetros repetidos, con esto, ahora si se procede a editar las 100 imágenes y concluir respecto a sus resultados.

Figura 59. Proceso de ejecución en bucle

```
Hay 12 parámetros
Procesando 2. La calificación mayor actual es: 0.9079000000000002
Hay 12 parámetros
Procesando 3. La calificación mayor actual es: 0.9257
Hay 10 parámetros
Procesando 4. La calificación mayor actual es: 0.9364999999999999
Hay 10 parámetros
Procesando 5. La calificación mayor actual es: 0.9368499999999997
Hay 10 parámetros
Procesando 6. La calificación mayor actual es: 0.9453000000000001
Hay 20 parámetros
Procesando 7. La calificación mayor actual es: 0.9453000000000001
Hay 40 parámetros
Procesando 8. La calificación mayor actual es: 0.9453000000000001
Hay 80 parámetros
Procesando 9. La calificación mayor actual es: 0.9453000000000001
Hay 160 parámetros
Procesando 10. La calificación mayor actual es: 0.9453000000000001
Hay 320 parámetros
Procesando 11. La calificación mayor actual es: 0.9453000000000001
Hay 640 parámetros
Procesando 12. La calificación mayor actual es: 0.9453000000000001
Hay 1280 parámetros
Procesando 13. La calificación mayor actual es: 0.9453000000000001
Hay 2560 parámetros
Procesando 14. La calificación mayor actual es: 0.9453000000000001
Hay 5120 parámetros
Procesando 15. La calificación mayor actual es: 0.9453000000000001
Hay 10230 parámetros
Procesando 16. La calificación mayor actual es: 0.9453000000000001
Hay 20458 parámetros
Procesando 17. La calificación mayor actual es: 0.9453000000000001
Hay 40800 parámetros
Procesando 18. La calificación mayor actual es: 0.9453000000000001
```

Fuente: Autor

Algo curioso a resaltar es que cuando es una imagen muy dispar, que no encuentra ningún resultado similar, todos los parámetros califican inferior a 85%, este después de los 5 intentos que se mantuvo en ese valor, genera el resultado con parámetros en 0, es decir, retorna la misma imagen, algo que se puede gestionar, en ese caso, se corrige para que haga al menos 100 iteraciones, un valor bastante alto y que costará bastante rendimiento pero serviría para analizar al menos 10.000 alternativas de solución, el ejemplo de esto se observa en la Figura 60, además, se amplía la selección de parámetros a los que sean mayores a 80% para dar un poco más de amplitud, lo cual hizo que se generen resultados para algunos que antes se quedaban en el 85%.

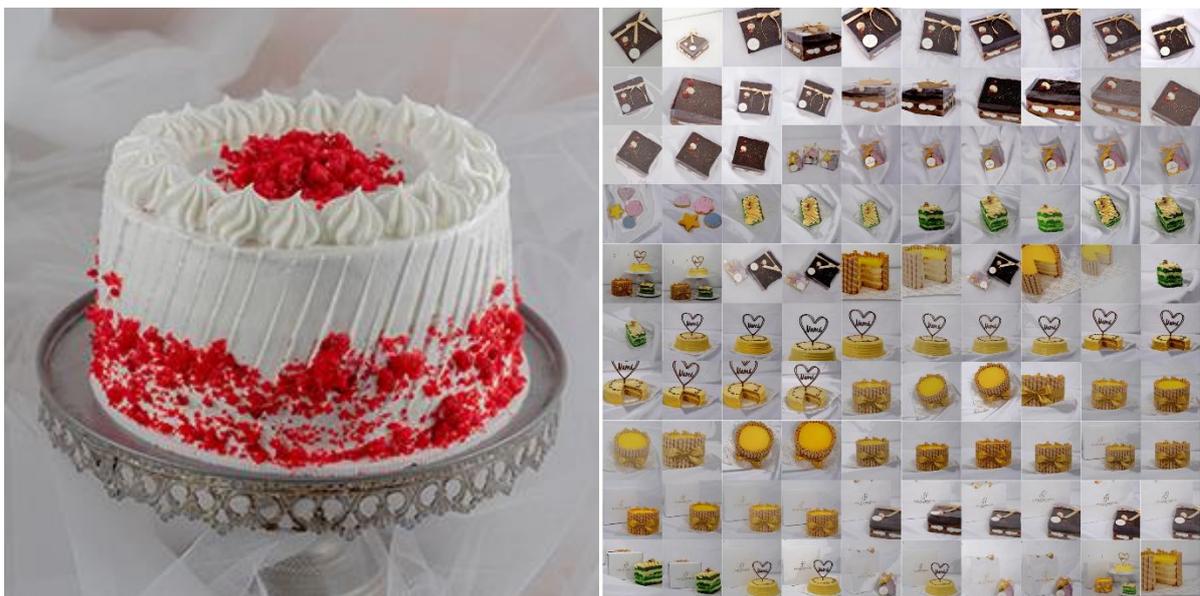
Figura 60. Ejemplo de falta de buenos resultados

```
Hay 0 parámetros
Procesando 1. La calificación mayor actual es: 0.85
Hay 0 parámetros
Procesando 2. La calificación mayor actual es: 0.85
Hay 0 parámetros
Procesando 3. La calificación mayor actual es: 0.85
Hay 0 parámetros
Procesando 4. La calificación mayor actual es: 0.85
Hay 0 parámetros
Procesando 5. La calificación mayor actual es: 0.85
Hay 0 parámetros
Procesando 6. La calificación mayor actual es: 0.85
Hay 0 parámetros
Procesando 7. La calificación mayor actual es: 0.85
Procesando 8. La calificación mayor actual es: 0.85
Exposicion: 0.0
Contraste: 0.0
Iluminaciones: 0.0
Sombras: 0.0
Blancos: 0.0
Negros: 0.0
```

Fuente: Autor

Los resultados obtenidos en esta última fase con las 100 imágenes para realizar la evaluación son totalmente satisfactorios, de ellos, los que no califican se evidencian a primera vista, es importante tener en cuenta que es un prototipo y que, aunque su similitud tampoco es del 100%, es un avance bastante considerable para este proyecto que inició como una simple idea, sin ninguna base y sin ningún proyecto que lo abordara de esta manera. En la Figura 61 se observan los resultados de las 100 imágenes junto a la imagen base.

Figura 61. Resultados finales a evaluar



Fuente: Autor

Un punto importante a analizar es que de las primeras imágenes no todas quedaron similares, esto puede deberse a que lo que predomina en ellas es el tono marrón oscuro y en las demás predomina el blanco, incluso en la imagen base, esto puede generar confusión en el algoritmo y que se generen resultados dispares.

La evaluación, como se dijo antes, es realizada por 3 personas, dos expertos en el área de la edición fotográfica (Juan y Santiago) y una persona dueña de una pequeña empresa que usaría el programa en su día a día si este existiera (Silvia), la calificación es binaria, cumple o no cumple, de las 100 imágenes, las que si cumplan uniformidad hacen parte del porcentaje satisfactorio, el cual se promedia para verificar si el avance que se generó hasta este momento es viable ante los ojos del público objetivo. La evaluación se hará a manera de formulario donde tienen que marcar “Si” o “No” si consideran que tiene similitud estética, cada imagen resultante será presentada junto a la imagen base como en el ejemplo de la Figura 62; dichas imágenes del formulario están disponibles en el Anexo 2.

Figura 62. Ejemplo de imagen presentada en formulario



Fuente: Autor

La evaluación brindada por cada experto se presenta en la Tabla 4; donde la primera columna indica una calificación, que puede ser de 0 a 3 y la segunda indica cuantas imágenes obtuvieron dicha calificación, información recopilada del Anexo 3, donde se presentan dichos resultados por cada pregunta.

Tabla 4. Resultados obtenidos en evaluación por público objetivo

Valor de votos positivos	Cantidad
3	43
2	33
1	20
0	4
Total	100
Promedio de votos positivos	71,66666667
Porcentaje de efectividad	71,67%

Fuente: Autor

Un porcentaje de efectividad del 71,67% indica que al modelo le falta ser ajustado, sin embargo, para ser un primer acercamiento, es un resultado bastante considerable, con el cual, se puede continuar trabajando y afinando detalles para conseguir un modelo funcional satisfactorio.

En respuesta a la pregunta de investigación, “¿Con ayuda de la inteligencia artificial se puede desarrollar un algoritmo que permita ajustar los parámetros de edición en

diferentes fotografías para que el filtro se adapte correctamente?”, se puede responder con total certeza que sí, si se puede lograr un algoritmo que realice esta tarea automáticamente con la ayuda de la inteligencia artificial, y este primer acercamiento nos deja muy en claro esto, donde vemos unas imágenes que al ponerlas juntas parece que fueran una sola en cuanto a manejo de los colores, claro que se puede lograr que lo haga con cualquier tipo de imágenes, para esto se debe seguir trabajando, seguir encontrando puntos donde no lo está haciendo bien, perfeccionando el algoritmo de calificación, mejorando los algoritmos que se modelaron en este proyecto para la edición de cada parámetro, consiguiendo mayor capacidad de procesamiento, y, sobre todo, haciendo muchísimas pruebas con muchísimas imágenes. Aunque no se obtuvo un porcentaje de satisfacción de al menos el 80%, este inicio marca una pauta muy importante en la continuación del mismo.

## 9. Conclusiones y recomendaciones

### 9.1. Conclusiones

La unificación estética de imágenes no es para nada una tarea sencilla, incluso desde la parte manual, que es como lo hace normalmente la mayoría de las personas, no es algo trivial, con ayuda de un algoritmo genético basado en inteligencia artificial es posible desarrollar un sistema que automatice dicho proceso, para esto, se debe tener mucho manejo de edición digital de imágenes, además de tener conocimientos informáticos; el comportamiento de cada parámetro de edición para calibrar colores y la calificación de la similitud de las imágenes son los aspectos más importantes y que se deben modelar matemáticamente con una precisión correcta para obtener buenos resultados, todo esto, con el debido acompañamiento de una gran cantidad de pruebas.

El manejo que tiene Python para tratar temas de inteligencia artificial es sin duda de los mejores que puede ofrecer un lenguaje de programación por su sencillo manejo de los datos y su terminología tan intuitiva, sin embargo, en cuanto a manejo de tareas e hilos de procesamiento para realizar un entorno de visual de presentación es algo en lo que carece realmente, debido a esta dificultad, fue complicado encontrar una librería que tuviera un correcto manejo de las interfaces y que trabajara con imágenes en JPG, durante el desarrollo, fue imposible tener una pantalla de carga en tiempo real de cómo se estaban editando las imágenes gracias a dichas falencias; aspectos a tener muy en cuenta a la hora de desarrollar un producto final al público.

El modelamiento matemático de los parámetros para la edición digital de imágenes era algo que no estaba contemplado en el desarrollo y es algo que requiere mucho esfuerzo, ya que se deben hacer una gran cantidad de pruebas y de observaciones para identificar el comportamiento de los colores, tarea que fue completada de manera muy satisfactoria comparándolo con los resultados que nos ofrece el programa Adobe Photoshop, no con una similitud del 100% pero si de manera considerable, es importante mencionar que en ciertas imágenes que edita el algoritmo desarrollado y en ciertas zonas, se puede ver una especie de manchas o diferencias muy notables en el color de los píxeles, esto se debe a que en esas zonas el cambio de color es muy brusco y no se cuenta con un algoritmo adicional que suavice estos problemas, como lo pueden tener los programas de Adobe, una empresa que lleva en desarrollo casi 40 años.

La elección de la imagen base debe ser muy acorde a las imágenes que se quieren editar, esto se evidencia en los resultados obtenidos con las 100 imágenes, las

primeras 23 de ellas, son imágenes donde predomina mucho el color marrón oscuro por el producto que se está mostrando, y estas son las que tienen la mayoría de calificaciones negativas, es más, se podría afirmar que gracias a ellas no se obtuvo un porcentaje de satisfacción mayor al 80%, por el contrario, en las otras predominaba mucho el tono blanco, que posteriormente se logró convertir en un gris muy similar al de la imagen base.

Las imágenes editadas pueden tener diferencias entre ellas, esto se debe a que la imagen base no tiene contemplados absolutamente todos los colores, y al tratarlas se puede decir que dichos colores no se tienen en cuenta en la calificación, aspecto que los hace diferir entre ellos.

Para algoritmos de este tipo, es decir, que tratan imágenes, es necesario un ajuste constante, conocer mucho el comportamiento de las imágenes y hacer una gran cantidad de pruebas, por lo tanto, esta tarea no termina acá, el potencial que tiene este desarrollo es muy importante y con el debido manejo y mejoramiento constante del algoritmo, puede llegar a ser un producto final interesante en el ámbito comercial que facilitaría mucho el trabajo del público objetivo definido.

## 9.2. Recomendaciones

Se debe tener en cuenta que este es un primer acercamiento a una problemática bastante compleja, el algoritmo desarrollado en este proyecto debe ser bastante mejorado antes de llegar a ser un producto final, esto, por lo que se ha indicado anteriormente, que no tiene en cuenta muchos escenarios en los cuales no se presentan todos los colores necesarios, o no se pueden comparar directamente, o son imágenes totalmente distintas que no guardan ninguna relación, dichos escenarios son posibles y no están contemplados correctamente, así que como primera medida para que llegue a ser un producto terminado se debe afinar el modelo.

La distribución de este producto debe ser mediante dispositivos móviles, un pequeño empresario lo que hace es utilizar las herramientas que tiene a la mano, que tengan al alcance de su mano una misma herramienta para capturar las fotos, para editarlas y para postearlas es lo ideal, una aplicación móvil bien construida estéticamente, que llame mucho la atención y que sea fácil de usar, solucionaría correctamente la problemática.

El factor monetario en este aplicativo entraría en forma de membresía, cada mes se deberá pagar una suscripción con un precio no muy alto para que los pequeños empresarios puedan costearlo y así sigan creciendo cada día más, adicional a esto, para generar un poco más de descargas y reconocimiento, la aplicación móvil es ideal que fuera *“freemium”* en la que se tiene una versión gratuita limitada y una versión completa con la membresía antes mencionada. La versión gratuita o *“demo”* solo serviría para editar fotografías manualmente, y la versión paga serviría para editar automáticamente todas las fotografías con la identidad estética definida, así como acceso a filtros e ideas para manejar mejor la imagen de marca de los usuarios.

El trabajo de volver este algoritmo una aplicación móvil ayudaría mucho a la interfaz de usuario, ya que en este prototipo no fue posible desarrollar una experiencia de usuario excelente, el manejo que tiene Python de los hilos se queda corto a la hora de desarrollar entornos visuales que no sean web, por lo tanto, una oportunidad de mejora sería trabajar la parte estética del aplicativo de forma nativa o con una herramienta *“cross platform”* que incluye la facilidad de hacer un solo aplicativo para diferentes sistemas operativos, y la parte del algoritmo que se trabaje de manera remota en un servidor externo que garantice rapidez en el desarrollo de las soluciones, así también se garantizaría una aplicación ligera para usuarios con poco espacio de almacenamiento.

Para continuar con el desarrollo de este proyecto es necesario seguir analizando las imágenes en detalle, viendo su comportamiento, viendo de qué otras formas podemos llegar a comparar esa unidad estética que queremos que las caracterice, este

acercamiento pudo ser solo una de muchas formas que tienen las imágenes de compararse y de considerarse similares, para esto es necesario hacer muchas pruebas y llegar a muchas malas soluciones hasta conseguir algo bueno y que sea medible, ya que este es un criterio bastante subjetivo y cada imagen se puede comportar diferente. Una oportunidad de mejora adicional también sería mejorar los modelos que editan los diferentes parámetros definidos, aunque los resultados a los que se llegó mediante la investigación son bastante favorables y similares, entre más estos se mejores, mayores oportunidades se va a tener de llegar a soluciones óptimas y reales.

Es sumamente importante contar con un entorno de ejecución que pueda brindar mejores tiempos de respuesta, esto como oportunidad de mejora, ya que, una idea que se genera por parte del equipo de trabajo es que cuando sean varias imágenes a tratar, también se comparen entre ellas posteriormente y se vuelvan a procesar buscando uniformidad entre todas, tarea que requeriría una gran cantidad de recursos.

El trabajo investigativo es muy importante para el desarrollo de la solución de algo nuevo, una problemática que no ha sido desarrollada en un producto final y de la cual, para este desarrollo, no se tuvo ninguna referencia, todo se fue manejando con el ingenio propio y los conocimientos adquiridos por las personas involucradas en el mismo, tanto como el desarrollador, como los docentes guías de este proyecto.

## 10. Bibliografía

- Angeline, M., Chandra, S., Kinanti, F., Singgih, Y., & Safitri, Y. (2019). Digitalize Your Brand: Case Study on How Brands Utilize Social Media Platforms to Achieve Branding and Marketing Goals. *Proceedings of 2019 International Conference on Information Management and Technology, ICIMTech 2019, August*, 278–283. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2019.8843823>
- Bianco, S., Cusano, C., Piccoli, F., & Schettini, R. (2020). Personalized Image Enhancement Using Neural Spline Color Transforms. *IEEE Transactions on Image Processing*, 29, 6223–6236. <https://doi.org/10.1109/TIP.2020.2989584>
- Choi, H. C., & Kim, M. S. (2019). Image style transfer learning for style-strength control. *Electronics Letters*, 55(23), 1231–1233. <https://doi.org/10.1049/el.2019.2390>
- Dahal, B., & Zhan, J. (2019). USRRM: Pairwise ranking and scoring images using its aesthetic quality. *IEEE Access*, 7, 141171–141178. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2943460>
- Dwight J. Petrushik, H. F., & Joseph A. Manico, R. (1982). *United States Patent ( 19 )*.
- Dzenko, C. (2009). *Analog to Digital: The Indexical Function of Photographic Images* (Volume 37.). Media Literacy. <https://doi.org/https://doi.org/10.1525/aft.2009.37.2.19>
- Efrain, G., & Ruben, O. (2017). *Fundamentos de la imagen*. 1–13.
- Fernandez Bozal, J. (2004). Fotografía digital: ventajas e inconvenientes. *Revista Española de Ortodoncia*, 34, 335–341.
- Holtzschue, L. (2017). *Understanding Color: An Introduction for Designers* (Fifth Edit). Wiley. file:///C:/Users/youhe/Downloads/kdoc\_o\_00042\_01.pdf
- Kalist, V., Ganesan, P., Sathish, B. S., Jenitha, J. M. M., & Basha.shaik, K. (2015). Possibilistic-Fuzzy C-Means Clustering Approach for the Segmentation of Satellite Images in HSL Color Space. *Procedia Computer Science*, 57, 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.364>
- Li, Y., Nie, J., & Chao, X. (2020). Do we really need deep CNN for plant diseases identification? *Computers and Electronics in Agriculture*, 178(August), 105803. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105803>
- Lucioni, M. (2015). *Bicono del modelo HSL*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_de\\_color\\_HSL#/media/Archivo:Doble\\_cono\\_de\\_la\\_coloración\\_HSL.png](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_de_color_HSL#/media/Archivo:Doble_cono_de_la_coloración_HSL.png)
- Marsh, A. (2005). *The Image Factory: Consumer Culture, Photography and the Visual Content Industry* (Issue 115). Media International Australia, Incorporating Culture & Policy.
- Moxley-Wyles, B., Colling, R., & Verrill, C. (2020). Artificial intelligence in pathology: an overview. *Diagnostic Histopathology*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.mpdhp.2020.08.004>
- Pressman, R. (2002). *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*.
- Sen, M., & Chakraborty, P. (2020). A deep convolutional neural network based approach to extract and apply photographic transformations. *Communications in Computer and Information Science*, 1148 CCIS, 155–162. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-4018-9\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-15-4018-9_14)
- Supannarach, S., & Thanapatay, D. (2008). The study of using RGB color sensor to measure the curcuminoids amount in turmeric (*curcuma longa linn.*) and zedoary

- (curcuma zedoarie rose.) by comparing colors with HSL system. *5th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, ECTI-CON 2008*, 1, 529–532. <https://doi.org/10.1109/ECTICON.2008.4600487>
- Tehrani, M., Bagheri, M., Ahmadi, M., Norouzi, A., Karimi, N., & Samavi, S. (2019). Artistic Instance-Aware Image Filtering by Convolutional Neural Networks. *9th International Symposium on Telecommunication: With Emphasis on Information and Communication Technology, IST 2018*, 710–714. <https://doi.org/10.1109/ISTEL.2018.8661048>
- Wang, Z. Z., & Sobey, A. (2020). A comparative review between Genetic Algorithm use in composite optimisation and the state-of-the-art in evolutionary computation. *Composite Structures*, 233(October 2019), 111739. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111739>
- Windha Mega, P. D., & Haryoko. (2019). Optimization of parameter support vector machine (SVM) using genetic algorithm to review go-jek's services. *2019 4th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering, ICITISEE 2019*, 6, 301–304. <https://doi.org/10.1109/ICITISEE48480.2019.9003894>
- Yu, C. E., Xie, S. Y., & Wen, J. (2020). Coloring the destination: The role of color psychology on Instagram. *Tourism Management*, 80(February), 104110. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2020.104110>

## **Anexo 1**

Código fuente desarrollado en Python 3.9.2, comprimido en archivo .zip de nombre "Anexo1.zip".

### **Guía de ejecución del programa**

Para la ejecución del programa es importante tener instalado Python en el sistema, el desarrollo del mismo se hizo en la versión Python 3.9.2, además, es necesario instalar una serie de librerías con ayuda de Pip, la versión de Pip usada fue la versión 21.0.1. Para instalar las librerías se deben usar los siguientes comandos de consola:

- Pip install numpy (versión 1.20.2)
- Pip install pillow (versión 8.1.2)
- Pip install pyqt5 (versión 5.15.2)

Y para ejecutar el mismo, en la carpeta principal se debe ejecutar el archivo "Main.py", este desplegará la interfaz de usuario para proceder a su uso.

## Anexo 2

Cada imagen presentada a continuación iba acompañada de dos posibles respuestas, “Si” y “No”, con ellas, se recopiló la información necesaria para definir un porcentaje de satisfacción con este modelo.





































































































### Anexo 3

Estos fueron los resultados obtenidos en la evaluación de cada imagen por los tres integrantes del público objetivo seleccionados.

Número de imagen	Número de votos positivos
1	3
2	0
3	2
4	0
5	1
6	1
7	2
8	1
9	2
10	1
11	0
12	2
13	1
14	1
15	2
16	1
17	2
18	1
19	1
20	1
21	1
22	0
23	1
24	3
25	3
26	2
27	3
28	1
29	3
30	2
31	3
32	3
33	2
34	1
35	3
36	3

37	3
38	3
39	3
40	2
41	2
42	1
43	3
44	2
45	2
46	2
47	3
48	2
49	1
50	2
51	3
52	3
53	3
54	3
55	3
56	2
57	3
58	3
59	2
60	3
61	3
62	2
63	3
64	1
65	3
66	3
67	1
68	2
69	3
70	3
71	3
72	2
73	3
74	3
75	3
76	2
77	2
78	2
79	2

80	3
81	2
82	3
83	2
84	3
85	2
86	2
87	1
88	2
89	1
90	3
91	3
92	3
93	2
94	3
95	3
96	2
97	3
98	3
99	2
100	3
Promedio de votos positivos	71,66666667
Porcentaje de efectividad	71,67%