

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ing. Sist. de Telecom., Sonido e Imagen

---



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

# “Inversión y Procesado de Película Negativa C-41 mediante técnicas de tratamiento digital de imagen”

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

Autor/a:  
**Salvador Pastor Roca**

Tutor/a:  
**Jose Ignacio Herranz Herruzo**  
**Miguel Ferrando Rocher**

**GANDIA, 2021**



## **Resumen**

En el presente Trabajo Fin de Grado (TFG) se ha implementado una herramienta de inversión y procesado de película negativa C-41 sobre el entorno de programación GUIDE de MATLAB denominada FilmLab.

A partir del escaneado de una tira de película negativa, FilmLab permite obtener las fotografías eliminando bordes y realizando un procesado de color que corrige el color-cast naranja propio de la película negativa C-41, además de hacer un balance de blancos. En esta versión inicial de la herramienta, FilmLab cuenta con la opción de seleccionar entre ajustes preestablecidos (“presets”) de los 5 modelos de película negativa más populares, además de la posibilidad de post-procesar las imágenes obtenidas en los parámetros de canales RGB, Brillo, Contraste y Saturación.

FilmLab ha sido diseñada y programada para ofrecer al usuario una interfaz simple, intuitiva y especializada suponiendo una gran ventaja frente a otros softwares comerciales mucho más complejos.

Palabras Clave:

Matlab, GUI, Película Negativa C-41, Procesado Digital de Imagen, Fotografía Analógica, Digitalización Película Negativa

## **Abstract:**

In this final thesis, an inversion and processing tool for C-41 negative film, called FilmLab, has been implemented using GUIDE, a programming environment belonging to MATLAB.

From the scanning of a negative film strip, FilmLab allows to obtain the photographs by removing edges and making a color processing that corrects the orange color-cast characteristic of C-41 negative film, in addition to white balance the image.

In this initial version of the tool, FilmLab has the option to select between presets of the 5 most popular negative film models, in addition to the possibility of processing the obtained images in the RGB channel parameters, Brightness, Contrast and Saturation.

FilmLab has been designed and programmed to provide the user with a simple, intuitive and specialized interface, providing a great advantage over other more complex commercial software.

Key-Words:

Matlab, GUI, C-41 Negative Film, Digital Image Processing, Analog Photography, Negative Film Digitalization

## ÍNDICE:

TABLA DE FIGURAS.....	5
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DEL TFG.....</b>	<b>7</b>
1.1 INTRODUCCIÓN: .....	7
1.2 OBJETIVOS: .....	8
1.3 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA: .....	9
1.4 ESTRUCTURA DEL TFG .....	9
1.5 PROBLEMÁTICAS .....	10
<b>CAPÍTULO 2: CONCEPTOS DEL TRATAMIENTO DIGITAL DE LA IMAGEN.....</b>	<b>11</b>
2.1 INTRODUCCIÓN.....	11
2.2 CANALES RGB .....	11
2.3 HISTOGRAMA .....	12
2.4 BALANCE DE BLANCOS .....	12
2.5 CONTRASTE .....	13
2.6 SATURACIÓN.....	14
2.7 UMBRALIZACIÓN .....	14
2.8 OPERACIONES BINARIAS .....	15
2.8.1 Relaciones entre píxeles.....	15
2.8.2 Elemento Estructural .....	16
2.8.2 Erode .....	16
<b>CAPÍTULO 3: LA PELÍCULA FOTOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
3.1 INTRODUCCIÓN.....	17
3.2 CLASIFICACIÓN .....	17
3.2 PROCESADO CON PHOTOSHOP .....	18
3.3 ESTUDIO EXPERIMENTAL .....	21
<b>CAPÍTULO 4: FILMLAB.....</b>	<b>23</b>
4.1 INTRODUCCIÓN: .....	23
4.2 LA GUI .....	23
4.3 FUNCIONAMIENTO .....	24
4.3.1 Uso.....	24
4.3.2 Revelado .....	25
4.3.2 Ajustes Avanzados .....	29
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES, PROBLEMAS Y FUTURAS AMPLIACIONES DEL TRABAJO .....</b>	<b>32</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	32
5.2 PROBLEMAS.....	32
5.3 FUTURAS AMPLIACIONES DE FILMLAB .....	33
5.4 COMENTARIO PERSONAL Y AGRADECIMIENTOS .....	33
<b>ANEXO A. MANUAL DE USUARIO FILMLAB .....</b>	<b>34</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>46</b>



Tabla de Figuras

Figura 1. Tabla Estructura Trabajo.....	10
Figura 2. Canales RGB.....	11
Figura 3. Histograma.....	12
Figura 4. Ejemplo Balance de Blancos.....	13
Figura 5. Comparación diferentes valores de umbral. (Sup. Izq) Imagen Control, (sup dch) Imagen Umbral bajo, (inf izq) Imagen Umbral alto e (inf dch) Imagen Umbral medio.....	14
Figura 6. (Izq) 4-Vecinos (dch) 8-Vecinos.....	15
Figura 7.(Izq) 4-conectividad, (centro) 8-conectividad, (dch) M-conectividad.....	16
Figura 8. (Izq) Objeto original, (dch) En rosa los píxeles eliminados tras Erode.....	16
Figura 9. Escala ASA / DIN.....	17
Figura 10. Comparación película C-41 y E-6.....	18
Figura 11. Negativo Fuji 200C.....	19
Figura 12. (Izq) Histograma, (dch) Histograma Invertido.....	19
Figura 13. Positivo Fuji 200C.....	19
Figura 14. Color Sólido.....	19
Figura 15. Resta Capa Sólida.....	20
Figura 16. Fuji 200C una vez corregido el Color-Cast.....	20
Figura 17. Modificaciones histogramas RGB.....	20
Figura 18. Canales RGB clipeando.....	21
Figura 19. Fuji 200C procesado.....	21
Figura 20. Tabla Análisis. El código es el que puede encontrarse en los bordes de la película.....	22
Figura 21. GUI FilmLab con elementos numerados.....	23
Figura 22. Diagrama Uso FilmLab.....	24
Figura 23. Tira Negativa Kodak ColorPlus 200.....	25
Figura 24. Tira Positiva Kodak ColorPlus 200.....	25
Figura 25. Color Solido para corregir color-cast naranja.....	25
Figura 26. Tira Positiva Kodak ColorPlus color-cast corregido.....	25
Figura 27. Ejemplo corrección Rojo.....	26
Figura 28. Tira Balanceada Kodak ColorPlus 200.....	26
Figura 29. Kodak ColorPlus 200 Umbralizada.....	27
Figura 30. Kodak ColorPlus 200 Erode.....	27
Figura 31. Kodak ColorPlus 200 resultado búsqueda de fotografías.....	27
Figura 32. Diagrama proceso Revelado FilmLab.....	27
Figura 33. Comparación proceso Adobe Photoshop(izq) y FilmLab(dch) película Kodak Portra 160.....	28
Figura 34. Comparación proceso Adobe Photoshop(izq) y FilmLab(dch) película Kodak ColorPlus 200.....	28
Figura 35. Comparación proceso Adobe Photoshop(izq) y FilmLab(dch) película Kodak Gold 200.....	28
Figura 36. Comparación proceso Adobe Photoshop(izq) y FilmLab(dch) película Kodak UltraMax 400.....	29
Figura 37. Comparación proceso Adobe Photoshop(izq) y FilmLab(dch) película Fuji200C.....	29
Figura 38. Comparación Slider Rojo. Ganancia -70 (izq), Imagen Control (centro) y Ganancia +70 (dch). Película Kodak Gold 200.....	30

Figura 39. Comparación Slider Verde. Ganancia -70 (izq), Imagen Control (centro) y Ganancia +70 (dch). Película Kodak Gold 200.....	30
Figura 40. Comparación Slider Azul. Ganancia -70 (izq), Imagen Control (centro) y Ganancia +70 (dch). Película Kodak Gold 200.....	30
Figura 41. Comparación Slider Contraste. Ganancia -50 (izq), Imagen Control (centro) y Ganancia +50 (dch). Película Kodak Gold 200.....	31
Figura 42. Comparación Slider Brillo. Ganancia -25 (izq), Imagen Control (centro) y Ganancia +25 (dch). Película Kodak Gold 200.....	31
Figura 43. Comparación Slider Saturación. Ganancia -150 (izq), Imagen Control (centro) y Ganancia +150 (dch). Película Kodak Gold 200.....	31
Figura 44. Comparación acabado automático y acabado con ajustes avanzados FilmLab. Película Kodak Gold 200.....	31
Figura 45. Software Escáner Epson.....	35
Figura 46. Ejemplo colocación tira negativa.....	35
Figura 47. Resolución Escaneado.....	36
Figura 48. Botón Previsualización.....	36
Figura 49. Previsualización y selección de la película negativa.....	36
Figura 50. Guardar MisNegativos.....	37
Figura 51. Botón Escanear.....	37
Figura 52. Matlab.....	37
Figura 53. Adición de FilmLab a la ruta Matlab.....	38
Figura 54. Interfaz gráfica FilmLab.....	38
Figura 55. Botón Importar.....	39
Figura 56. Selección de Tiras Negativas.....	39
Figura 57. Interfaz una vez seleccionada la tira a procesar.....	39
Figura 58. Menú de selección NumeroNegativos.....	40
Figura 59. Menú selección Tipo de Película.....	40
Figura 60. Tabla de correspondencias Tipo de Película.....	40
Figura 61. Botón Revelar.....	41
Figura 62. Interfaz FilmLab una vez pulsado el botón Revelar.....	41
Figura 63. Botones de Navegación Anterior y Siguiente.....	41
Figura 64. Botón Guardar Todas.....	41
Figura 65. Carpeta Fotografías Reveladas.....	42
Figura 66. Interfaz FilmLab con fotografía a editar.....	42
Figura 67. Botones de rotación.....	42
Figura 68. Ajustes Adicionales.....	43
Figura 69. Resultado de pulsar 1 vez en la flecha derecha del Slider.....	43
Figura 70. Resultado de pulsar 1 vez en el interior derecho del Slider.....	43
Figura 71. Introducción de valores Slider.....	43
Figura 72. Modificaciones en los Sliders R, G y B.....	44
Figura 73. Modificaciones en los sliders Contraste, Brillo y Saturación.....	44
Figura 74. Botón Reset.....	44
Figura 75. Botón Guardar.....	45
Figura 76. Ventana Guardar Como.....	45

## Capítulo 1. Introducción, objetivos y estructura del TFG

### 1.1 Introducción:

Tras la entrada del milenio y el comienzo de la era digital, las ventas de cámaras analógicas y carretes se redujeron drásticamente. Debido a la comercialización masiva de cámaras digitales y posteriormente, dispositivos móviles con cámara, miles de laboratorios de fotografía se vieron obligados a cerrar.

Puesto que la forma de operar de los laboratorios siempre había sido la de revelar los carretes e imprimir las fotografías, los usuarios no solían recibir una copia digital de sus fotografías. Por lo que hoy en día, en millones de hogares se conservan cintas de película negativa (película C-41) que nunca fueron digitalizadas.

A partir de la segunda parte de 2010, la fotografía analógica ha experimentado un claro resurgimiento. Siendo el motivo principal la nostalgia y la estética retro, ha atraído a aficionados de entonces y a jóvenes que no llegaron a conocer este medio y lo encuentran atractivo.

La dificultad se presenta a la hora de digitalizar la película. Los pocos laboratorios que todavía revelan y escanean película analógica cobran elevados precios y tardan varios días en digitalizarla. En caso de querer hacerlo uno mismo, se encuentra la problemática de la elección del software a utilizar.

Hoy en día, los softwares más populares para el procesado fotográfico son Adobe Photoshop y Adobe Lightroom. Ambos, de pago mensual, son increíblemente completos y no especializados en el procesado de negativos por lo que son complejos de utilizar.

Con el objetivo de solucionar estas dificultades y ofrecer al público una alternativa a los laboratorios fotográficos y software complejos, se ha creado la herramienta FilmLab, basada en GUIDE de Matlab.

FilmLab se ha diseñado e implementado teniendo en cuenta al usuario, que requiere una solución sencilla, rápida y de bajo coste para digitalizar sus negativos. Lo único necesario para su uso es tener un escáner doméstico y acceso a Matlab. FilmLab incluye, además, ajustes adicionales para el usuario más avanzado que quiera un resultado específico en sus imágenes.

Gracias a FilmLab, cualquier persona sin conocimientos previos informáticos o fotográficos puede, en cuestión de horas, digitalizar cientos de fotografías que daba por perdidas y recuperar valiosos recuerdos para su catalogación o posterior impresión. Esto supone una gran ventaja frente a los principales programas del mercado y costosos laboratorios.

FilmLab automatiza el complejo proceso de inversión, corrección de color y eliminación de bordes de la película negativa C-41 dejando al usuario la única tarea de escanear la tira fotográfica. FilmLab cuenta con presets de los 5 modelos de carrete más populares consiguiendo un resultado certero a la hora de corregir los colores. Además, como se ha comentado previamente, la herramienta cuenta con ajustes de color, contraste,

brillo y saturación adicionales a disposición de el usuario que busque un acabado específico.

A lo largo de esta memoria se expondrá todo el proceso del diseño e implementación de FilmLab. Desde los objetivos e idea principal, la investigación y desarrollo de una GUI, a la presentación de resultados y conclusiones.

Este trabajo ha sido increíblemente gratificante, demostrándome a mi mismo la capacidad de aplicar lo aprendido durante la carrera en un proyecto original del que estoy orgulloso y el cual tiene una utilidad práctica real.

## 1.2 Objetivos:

A la hora de desarrollar FilmLab, se establecieron como objetivos imperativos las siguientes características:

- **Accesibilidad:** Siendo Matlab un software disponible en los principales sistemas operativos, Windows, Mac y Linux, se asegura que la mayoría de los usuarios sean capaces de ejecutar la herramienta en sus ordenadores. Además, para poder utilizar FilmLab es necesario, únicamente, el acceso de un escáner de uso doméstico.
- **Simplicidad:** FilmLab ha sido diseñada de forma que el usuario sea capaz de, sin haberla utilizado previamente, hacer uso de ella de forma eficaz. Reduciendo al mínimo los parámetros de entrada y simplificando a 6 los ajustes avanzados, la herramienta es intuitiva y sencilla de utilizar.
- **Escalabilidad:** FilmLab cuenta con un increíble potencial para escalar y mejorar. Además de tratar con película negativa (C-41), con simples modificaciones del código, FilmLab podría tratar con otros tipos de película como la película positiva (E-6) y la película monocromática. También se podría añadir ajustes avanzados adicionales como mejoras en la claridad y eliminación de ruido.
- **Utilidad:** El objetivo principal de este TFG es la creación de una herramienta que solucionase una problemática real actual. FilmLab propone una solución para aquella persona que tenga decenas de tiras negativas almacenadas en su casa y quiera digitalizarlas. La digitalización supone un ahorro de espacio físico y una gran mejora a la hora de catalogar y almacenar las fotografías.

Además de los objetivos de FilmLab, también se han establecido los siguientes objetivos para la memoria:

- **Calidad:** La memoria debe estar a la altura de los estándares de un Trabajo Fin de Grado. Con un lenguaje técnico formal, debe fluir y ser fácilmente leída y comprendida.
- **Plazo:** La memoria deberá ser escrita y finalizada a tiempo (antes del 7 de septiembre de 2021).

### 1.3 Estructura de la memoria:

Tras presentar la introducción y objetivos de este trabajo, en los siguientes capítulos se desarrolla en detalle el diseño, funcionamiento y base teórica de FilmLab.

En el capítulo 2 se explican los conceptos de Tratamiento Digital de la Imagen utilizados en la implementación de FilmLab.

En el capítulo 3 se explica en detalle la base de FilmLab. Se exponen los diferentes tipos de película fotográfica, se muestra el proceso de tratamiento digital basado en el programa Adobe Photoshop en el que se basa FilmLab y los resultados de la investigación de diferentes marcas de película fotográfica.

En el capítulo 4 se presenta la herramienta FilmLab. Se muestra su funcionamiento, estructura e interfaz. Además, se exponen en detalle los resultados obtenidos en el procesado de diferentes marcas de carrete y el efecto sobre la fotografía de los ajustes avanzados disponibles.

En el capítulo 5, por último, se finaliza la memoria aportando las conclusiones, los problemas encontrados durante el proceso y futuras mejoras de FilmLab.

### 1.4 Estructura del TFG

Para la eficiente elaboración del TFG durante el segundo trimestre se establecieron 6 fases.

- **Fase 1:** Investigación previa. Antes de comenzar con el proyecto se realizó una investigación sobre la fotografía analógica y los procesos de digitalización, inversión y procesado de película negativa.
- **Fase 2:** Familiarización con el entorno GUIDE. Habiendo utilizado GUIDE previamente en la asignatura de Tratamiento Digital de la Imagen y Video, el proyecto de FilmLab suponía un nivel más elevado de conocimientos de programación, por lo que se dedicó tiempo a afianzar conceptos avanzados.
- **Fase 3:** Obtención de muestras fotográficas. Durante esta etapa, y teniendo en cuenta que se requería tener datos de diferentes películas negativas, se tomaron fotografías con una cámara Nikon FG y Konica EU Mini en diferentes contextos. Fueron usados los modelos de carrete: Kodak Portra 160, Kodak ColorPlus 200, Kodak Gold 200, Kodak UltraMax400 y Fujifilm Fuji200C.
- **Fase 4:** Programación de FilmLab. Esta fase es la más longeva y compleja. Incluye el desarrollo de código, creación de la GUI y depurado de FilmLab.
- **Fase 5:** Obtención de muestras experimentales. Para poder ofrecer al usuario el mejor procesado de película negativa se procesaron manualmente 3 tiras de carretes diferentes de las 5 marcas más populares de película C-41. Obteniendo un total de 15 muestras en diferentes contextos lumínicos.

- **Fase 6:** Desarrollo y finalización de la memoria.

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.
Fase 1	■	■	■				
Fase 2		■	■	■	■		
Fase 3			■	■	■	■	
Fase 4				■	■	■	■
Fase 5						■	■
Fase 6							■

Figura 1. Tabla Estructura Trabajo

### 1.5 Problemáticas

Durante el desarrollo de este TFG se encontraron varias dificultades.

Debido a que la película fotográfica es un medio, aunque actualmente en auge, prácticamente obsoleto, la información publicada sobre esta data de antes de los años 2000, habiendo prácticamente nula información científica sobre la digitalización y procesado de esta.

Con la situación actual del Coronavirus, la distribución y venta de película negativa se ha visto prácticamente interrumpida, dificultando el acceso a las diferentes marcas de carretes necesarias para la elaboración de la base de datos de FilmLab.

Otro de los obstáculos encontrados, intrínsecamente relacionado con el anterior, fue el elevado precio de la película negativa y revelado de carretes. En la ciudad de Turín, donde se desarrolló gran parte del trabajo, el precio medio por carrete de 36 exposiciones era de 10.50 euros y el coste mínimo de revelado de película de 6 euros por carrete.

## Capítulo 2: Conceptos del Tratamiento Digital de la Imagen

### 2.1 Introducción

Durante el proceso de creación de FilmLab se ha hecho uso de diversas técnicas de tratamiento digital de la imagen. Para la correcta comprensión de este trabajo se ha considerado necesario incluir el siguiente capítulo explicando en detalle los conceptos que se utilizarán en FilmLab.

### 2.2 Canales RGB

Una imagen digital es una escena que ha sido discretizada y cuantizada, creando una matriz de valores [1]. A cada celda de esta matriz se le denomina pixel.

En las fotografías en blanco y negro este valor representa la luminosidad de la escena en ese punto. Siendo un número entero, oscila entre 0 (negro puro) y 255 (blanco puro).

Por otra parte, las fotografías cromáticas se almacenan como matrices 3D (3 matrices de 2 dimensiones). Cada una de las cuales contiene los valores de luminancia de 1 de los 3 colores principales que conforman la imagen: Rojo (R), Verde (G) y Azul (B), respectivamente. Son a estas matrices a las que se denomina canales RGB. Sabiendo cómo funcionan, se puede acceder a ellos y hacer modificaciones de forma individual.

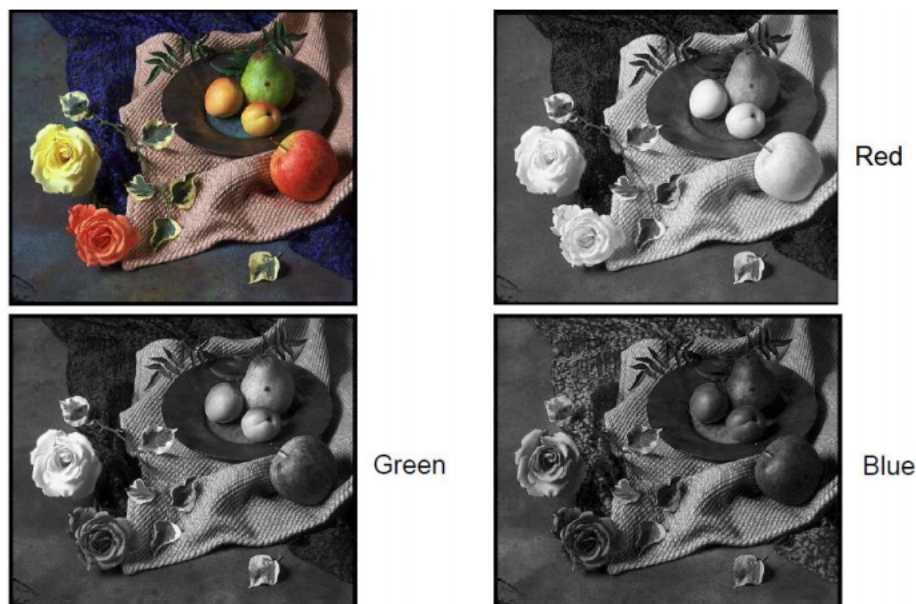


Figura 2. Canales RGB

Además del modelo RGB de representación de imágenes existen otros como el HSV (Tono, Saturación y Valor/Brillo) a los que se puede convertir la imagen para operar con valores de Tono, Saturación y Brillo.

## 2.3 Histograma

El histograma es la representación gráfica del número de píxeles de una imagen correspondientes a cada nivel de luminancia. Se representa como una gráfica de barras en la que el eje abscisas contiene los niveles de luminancia (0-255) y el eje de ordenadas, el número de píxeles.

Dependiendo de su nivel de luminancia, los píxeles pueden dividirse en: Negros, Sombras, Tonos Medios, Altas Luces y Blancos.

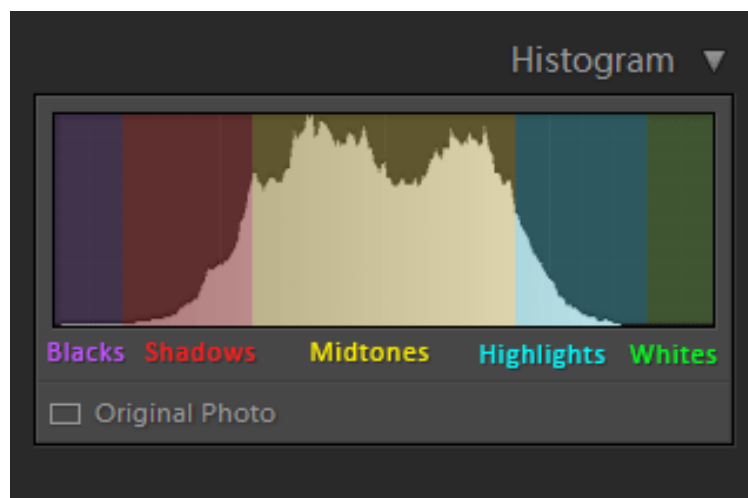


Figura 3. Histograma

Conocer el histograma de una imagen facilita información útil para su procesado. Realizando modificaciones al histograma es posible hacer mejoras como las que se verán más adelante. (Inversión positivo/negativo, mejoras de contraste y brillo)

## 2.4 Balance de Blancos

El balance de blancos es el proceso por el cual se corrigen tonos de color irrealistas de forma que los objetos blancos de una escena se observen blancos en su representación digital. Este proceso se consigue haciendo modificaciones de ganancia en los canales RGB de la imagen.

En la imagen ejemplo siguiente se observa la diferencia entre una imagen bien balanceada y una en la que dominan tonos cálidos indeseados dotándola de un tono demasiado anaranjado.



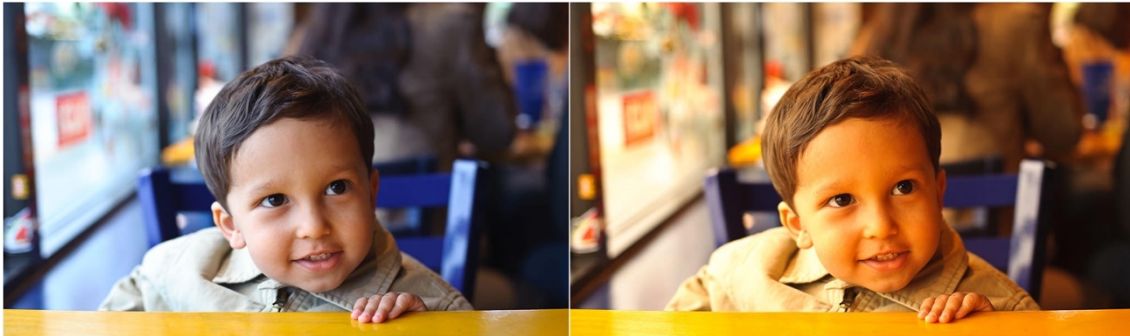


Figura 4. Ejemplo Balance de Blancos

## 2.5 Contraste

El contraste es la característica que determina la visibilidad de una imagen. Cuanto mayor sea la diferencia entre los píxeles de mayor y menor valor de luminancia, mayor contraste poseerá la imagen y será más fácil de distinguir.

El contraste se puede modificar, redistribuyendo los valores del histograma. Para mejorar el contraste se debe distribuir los valores de los píxeles cubriendo más espacio en el eje de abscisas, aumentando la diferencia entre el píxel más oscuro y el más claro.

Siendo la recta de pendiente  $m = 1$ , y, el contraste se puede modificar como:

$$s = m \cdot r + k$$

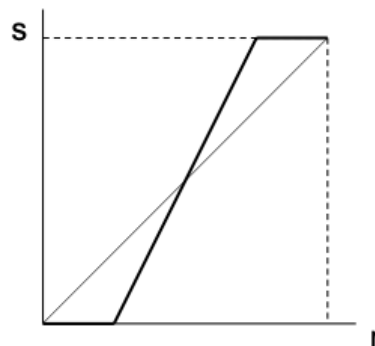


Figura 5. Distribución histograma  $m > 1$

Si  $m > 1$ , el contraste mejorará puesto que la distribución de los píxeles se “alargará”, mientras que si  $m < 1$ , el contraste empeorará.

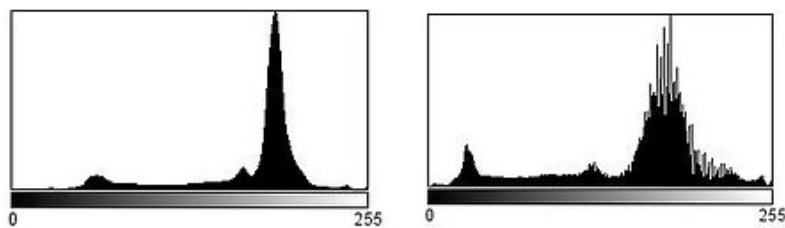


Figura 6. Diferencia de histograma. (Izq) Contraste normal, (dch) Alto contraste

## 2.6 Saturación

La saturación es la propiedad cromática por la que un color se puede describir como vivo e intenso o grisáceo y descolorido. Se puede definir como pureza relativa o cantidad de luz blanca mezclada con un tono, de forma que un color puro estará completamente saturado. Para poder operar con valores de Saturación se debe pasar del modelo RGB a algún modelo HSI-HSL-HSV. FilmLab hace la conversión al modelo HSV de la siguiente forma:

$$\text{Tono } (H) = \begin{cases} \text{si } R = \max \rightarrow H = 0 + (G - B) / (\max - \min) \\ \text{si } G = \max \rightarrow H = 2 + (B - R) / (\max - \min) \\ \text{si } B = \max \rightarrow H = 4 + (R - G) / (\max - \min) \end{cases}$$

$$\text{Valor } (V) = \max(R, G, B)$$

$$\text{Saturación } (S) = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)}$$

## 2.7 Umbralización

La umbralización [2] es el proceso por el cual una imagen se convierte en una imagen binaria en la que los valores de píxel pueden adoptar el valor  $V = 0$  o  $V = 1$ . El proceso compara uno a uno los valores de todos los píxeles de la imagen con un valor umbral. Si la luminancia del píxel es menor al valor umbral se le asigna un 0 y si es superior, un 1.

Esta técnica es uno de los métodos más importantes de segmentación. Se utiliza para separar sujetos del fondo de la imagen y poder operar con ellos. En el desarrollo de FilmLab, esta técnica es clave a la hora de eliminar los bordes de la película negativa y aislar las fotografías.



Figura 7. Comparación diferentes valores de umbral. (Sup. Izq) Imagen Control, (sup dch) Imagen Umbral bajo, (inf izq) Imagen Umbral alto e (inf dch) Imagen Umbral medio

## 2.8 Operaciones Binarias

### 2.8.1 Relaciones entre píxeles

Para comprender las operaciones binarias, utilizadas en FilmLab, se debe conocer las relaciones que pueden existir entre los píxeles que conforman la imagen.

**Vecindad:** La vecindad se define como la relación que tiene un píxel de manera posicional con los píxeles mas cercanos a él. Existen dos tipos de vecindad que posee un píxel en la imagen: la vecindad 4-vecinos y la 8-vecinos.

Un píxel  $p$  en las coordenadas  $(x,y)$  tendría una vecindad de 4 vecinos con los píxeles en:

$$(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)$$

Este grupo de píxeles se nota como  $N_4(p)$  y se denominan vecinos directos.

Además, tendría una vecindad de 8 vecinos con los píxeles en el grupo denominado  $N_8(p)$  este grupo está formado por los vecinos directos  $N_4(p)$  y los vecinos diagonales  $N_D(p)$ .

$$(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1), (x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), \\ (x - 1, y + 1), (x - 1, y - 1)$$

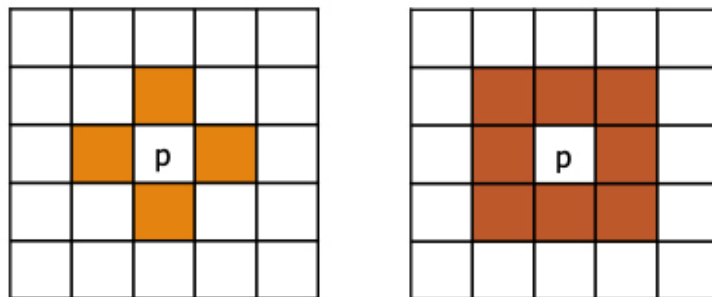


Figura 8. (Izq) 4-Vecinos (dch) 8-Vecinos

**Conectividad:** La conectividad entre píxeles es un concepto utilizado para establecer los límites en objetos y regiones de componentes en una imagen. Dos píxeles están conectados cuando son vecinos y su valor  $V$  es el mismo.

Existen 3 tipos de conectividad:

- 4-Conectividad: Los píxeles  $p$  y  $q$ , con valor  $V$ , están 4-conectados si  $q$  pertenece a  $N_4(p)$
- 8-Conectividad: Los píxeles  $p$  y  $q$ , con valor  $V$ , están 8-conectados si  $q$  pertenece a  $N_8(p)$
- M-Conectividad: Los píxeles  $p$  y  $q$ , con valor  $V$ , están  $m$ -conectados si:

- (i)  $q$  pertenece a  $N_4(p)$ , ó
- (ii)  $q$  pertenece a  $N_D(p)$  y  $N_4(p) \cap N_4(q) = \emptyset$

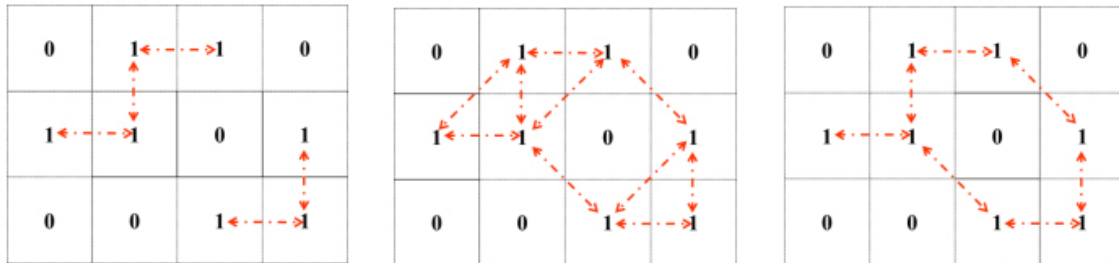


Figura 9. (Izq) 4-conectividad, (centro) 8-conectividad, (dch) M-conectividad

### 2.8.2 Elemento Estructural

En operaciones binarias, el elemento estructural es una matriz que define la vecindad utilizada en el procesamiento de cada píxel. La matriz más utilizada es la 3x3, es decir se comparan los 8 vecinos del píxel procesado para realizar una operación. Existen infinitud de elementos estructurales variando en tamaño y forma dependiendo de su uso.

### 2.8.2 Erode

Erode es una operación binaria sustractiva. Esto supone que, el píxel procesado adopta el valor  $V = 0$ , si al menos uno de sus vecinos es 0. El número de vecinos dependerá del elemento estructural utilizado.

El uso de Erode supone la contracción de los objetos, suavizado de bordes y eliminación de penínsulas y otros objetos pequeños. En la creación de FilmLab la operación Erode se ha utilizado para aislar las fotografías de la tira de película fotográfica.

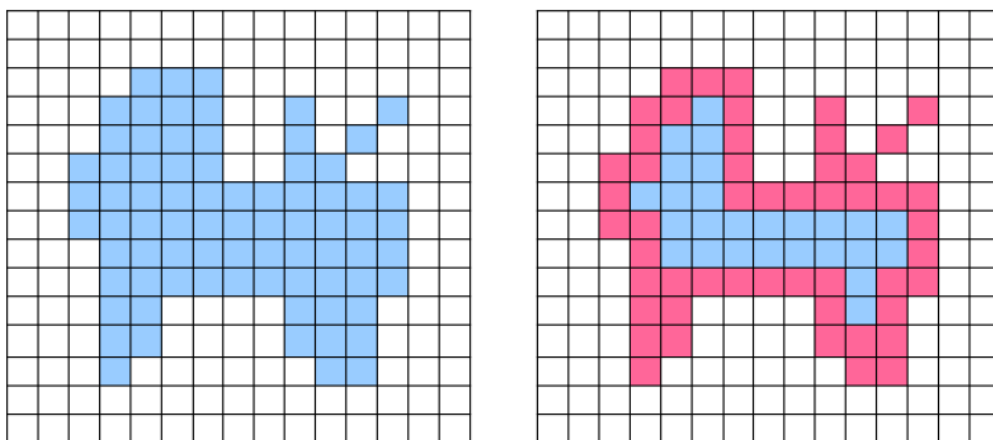


Figura 10. (Izq) Objeto original, (dch) En rosa los píxeles eliminados tras Erode

## Capítulo 3: La película fotográfica

### 3.1 Introducción

Para comprender cómo funciona FilmLab se debe entender qué es la película fotográfica.

La película fotográfica está compuesta [3] de un acetato o base de poliéster sobre el cual se recubren diferentes emulsiones sensibles a los colores Rojo, Verde y Azul. Estas emulsiones contienen cristales de haluros de plata que se descomponen al recibir cierta dosis de radiación electromagnética, formando un germen de plata metálica que configura la imagen. Además de estas emulsiones fotosensibles, la película cuenta con capas adicionales como bloqueadores ultravioleta, recubrimiento anti-arañazos y anti-halo.

### 3.2 Clasificación

Existen diferentes factores por los que clasificar la película fotográfica:

· **Velocidad:** La clasificación radica en el tamaño de los cristales de haluro de plata. Los cristales de tamaño reducido proporcionan gran detalle y resolución, pero necesitan exposiciones más largas. Por el contrario, los grandes cristales de las películas rápidas requieren poco tiempo para interpretar la luz por lo que su uso permite trabajar en escenas con poca luz. El resultado de las películas rápidas es una imagen con menos detalle, rica en grano. Existen 2 escalas para definir la velocidad de una película: ASA y DIN.

ASA aumenta de forma aritmética mientras la DIN lo hace logarítmicamente. Ambas se agrupan en la escala ISO y se encuentran en los envases de la película. Por ejemplo: Kodak ColorPlus **200**

ASA ... 25 32 40 50 64 80 100 125 160 200 250 320 400 500 640 800 1000 1200 1600 ...  
DIN ... 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 ...

Figura 11. Escala ASA / DIN

La clasificación se realiza como:

- Películas Lentas: Hasta ISO 64/19°
- Películas Medias: Entre 64/19° e ISO 360/26°
- Películas Rápidas: A partir de ISO 400/27<sup>a</sup>

· **Uso:**

La película fotográfica puede dividirse en 2 grandes grupos: Película positiva E-6 y película negativa C-41.

La película positiva denominada también película “para diapositivas” se caracteriza por registrar la imagen en positivo. Esto supone que, una vez tratada, se puede

observar la misma imagen que se capturó. Recibe el nombre de película E-6 por el proceso de revelado químico homónimo. Esta, ofrece colores más vívidos y saturados y se utilizaba para ser proyectada. Hoy en día apenas existen laboratorios que traten con químicos E-6.

Por el contrario, la película negativa o película “para impresión” se caracteriza por registrar la imagen en negativo. Esto quiere decir que los puntos más claros de la película corresponden con los puntos más oscuros de la imagen fotografiada. Otra peculiaridad de la película negativa es su reconocible tono naranja, denominado color-cast, utilizado para mejorar la certeza de los tintes. Recibiendo el nombre C-41 por el proceso homónimo de revelado, es el tipo película más popular puesto que se utiliza para hacer impresiones, motivo por el cual FilmLab se ha especializado en este tipo. Actualmente, el procesado C-41 es único que se realiza en la mayoría de laboratorios fotográficos.



Figura 12. Comparación película C-41(arriba) y E-6 (abajo)

Existen, además, otros factores por los que clasificar la película fotográfica como el formato (35mm, 120mm, 4x5, 6x7), el balance (película balanceada para luz de día, luz de tungsteno...) o su sensibilidad espectral (Diazo, ortocromáticas, pancromáticas...).

Para la elaboración de la base de datos de FilmLab se han estudiado los siguientes modelos de película: Kodak Portra 160 (Película de gama profesional), Kodak ColorPlus 200, Kodak Gold 200, Kodak UltraMax 400 y Fuji 200C. Películas que varían en velocidad e interpretación de color.

### 3.2 Procesado con Photoshop

Para la creación de FilmLab se ha estudiado y utilizado como referencia el proceso de inversión de negativos de forma manual con el programa de edición fotográfica Adobe Photoshop desarrollado por el fotógrafo Alex Burke [4].



Para explicar en detalle el proceso se hará uso de una tira de negativos escaneada con un escáner Epson Perfection V600 Photo, con una resolución de 2400ppp.



Figura 13. Negativo Fuji 200C

En primer lugar, se invierte el histograma para pasar de una imagen negativa a una positiva.

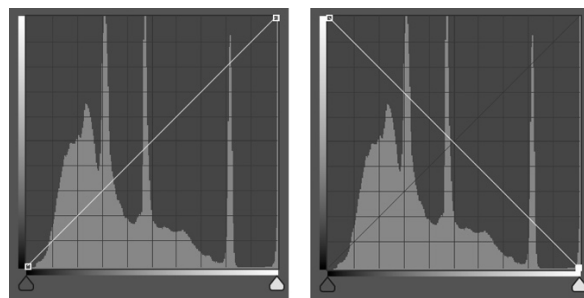


Figura 14. (lzc) Histograma, (dch) Histograma Invertido



Figura 15. Positivo Fuji 200C

Como se puede observar en la Figura 15, la imagen positiva se asemeja considerablemente a una fotografía convencional, aunque cuenta con un tono azulado resultado de invertir el color-cast naranja original.

Para eliminar este efecto se toma una muestra de color (de 5x5 píxeles) en el borde del negativo, área que, una vez tratada, deberá ser negra. Utilizando este color, se crea una capa del mismo tamaño que la película y se resta a esta con una opacidad del 90%.



Figura 16. Color Sólido

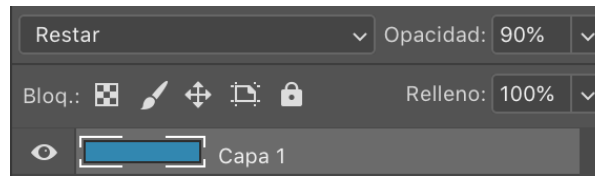


Figura 17. Resta Capa Sólida



Figura 18. Fuji 200C una vez corregido el Color-Cast

Como se puede observar en la Figura 18, los bordes del negativo ya son negros, indicando que se ha corregido de forma exitosa el color-cast de serie del negativo.

A continuación, se va a modificar los canales RGB para hacer el balance de blancos.

Para ello se sigue el siguiente proceso: En primer lugar, se crea una nueva capa de ajuste de curvas. A continuación, se tratan los canales RGB de forma individual. Presionando la tecla ALT del teclado arrastramos el punto de highlight hacia la izquierda hasta en la imagen se pueda observar áreas de color rojo indicando que los puntos de mayor brillo de la imagen empiezan a clippear. Una vez observado este efecto, se retrocede hasta no observar el clippeo y se repite la misma operación con el resto de los canales.

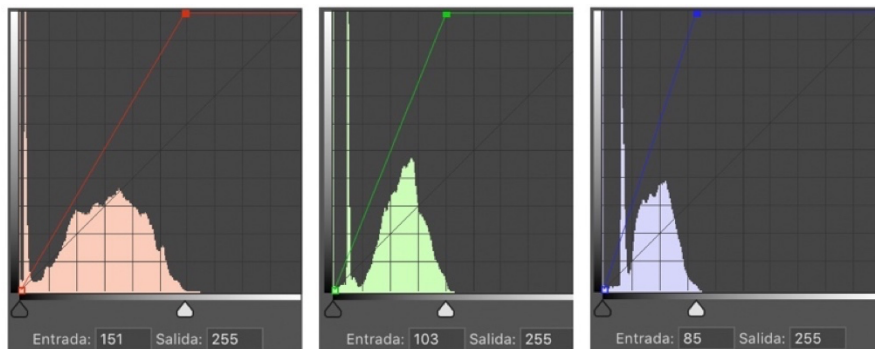


Figura 19. Modificaciones histogramas RGB



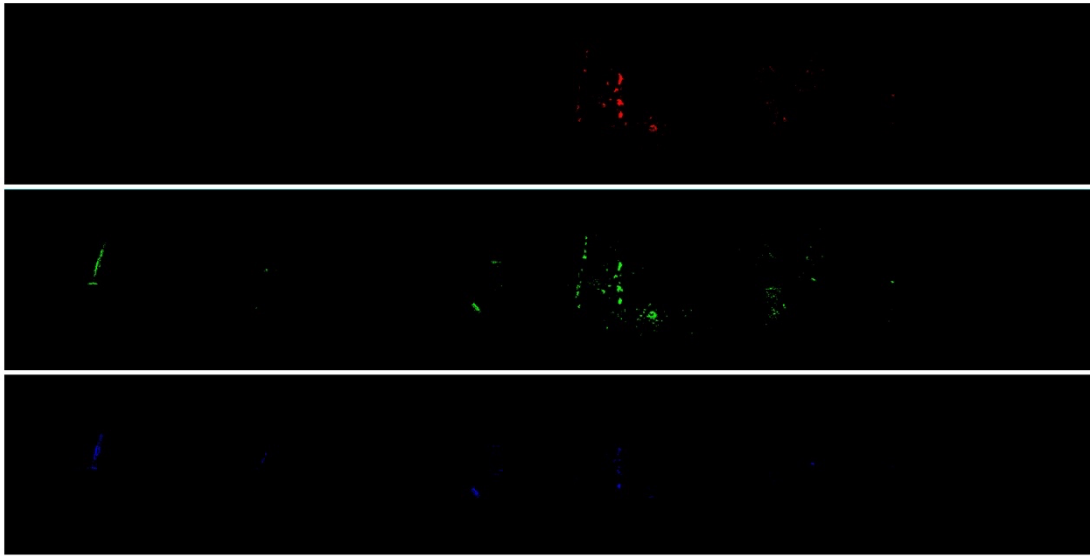


Figura 20. Canales RGB clippeando

De esta forma, se habrá conseguido situar el punto blanco de la imagen, consiguiendo eficazmente realizar el balance de blancos y obteniendo las fotografías finales.



Figura 21. Fuji 200C procesado

### 3.3 Estudio Experimental

Para el desarrollo de la herramienta y la posibilidad de ofrecer al usuario resultados precisos se han estudiado 3 tiras negativas de diferentes carretes de cada uno de los 5 modelos más populares de película negativa: Kodak Portra 160, Kodak ColorPlus 200, Kodak Gold 200, Kodak UltraMax 400 y Fujifilm Fuji 200C.

Todas las fotografías fueron hechas con una cámara réflex Nikon FG o una compacta Konica EU mini y reveladas en un laboratorio profesional. Los escáneres se realizaron con un Epson Perfection V600 Photo con una resolución de 24000ppp.

Tras repetir el proceso anterior con las 15 tiras, se obtuvieron los datos RGB del color sólido para corregir el color-cast y las modificaciones de los canales RGB para hacer el balance de blancos. Con estos datos, se creó una base de datos para FilmLab.

<b>Modelo Carrete</b>	<b>ASA</b>	<b>Código</b>	<b>Cámara</b>	<b>Color Cast %</b>	<b>Limite RGB</b>
Kodak Portra 160-1	160	Kodak Portra 160	Nikon FG	(0.38,0.55,0.65)	(99,100,93)
Kodak Portra 160-2	160	Kodak Portra 160	Konica EU	(0.27,0.55,0.65)	(128,100,95)
Kodak Portra 160-3	160	Kodak Portra 160	Konica EU	(0.28,0.54,0.65)	(140,104,95)
Media				(0.31,0.55,0.65)	(122,101,95)
Kodak ColorPlus 200-1	200	Kodak 200-8	Nikon FG	(0.27,0.56,0.69)	(121,95,81)
Kodak ColorPlus 200-2	200	Kodak 200-8	Konica EU	(0.24,0.54,0.66)	(128,101,96)
Kodak ColorPlus 200-3	200	Kodak 200-8	Konica EU	(0.24,0.51,0.65)	(131,107,97)
Media				(0.25,0.54,0.67)	(127,101,91)
Kodak Gold 200-1	200	Kodak gb200-7	Konica EU	(0.25,0.54,0.67)	(128,104,91)
Kodak Gold 200-2	200	Kodak gb200-7	Konica EU	(0.27,0.55,0.69)	(134,107,87)
Kodak Gold 200-3	200	Kodak gb200-7	Konica EU	(0.27,0.55,0.69)	(127,99,84)
Media				(0.26,0.55,0.68)	(130,103,87)
Kodak Ultra Max 400-1	400	Kodak gc400	Konica EU	(0.29,0.58,0.72)	(125,99,84)
Kodak Ultra Max 400-2	400	Kodak gc400	Konica EU	(0.26,0.57,0.72)	(135,104,87)
Kodak Ultra Max 400-3	400	Kodak gc400	Konica EU	(0.27,0.57,0.72)	(121,96,84)
Media				(0.27,0.57,0.72)	(127,100,85)
Fuji 200C-1	200	Fuji 200	Konica EU	(0.20,0.54,0.70)	(168,109,88)
Fuji 200C-2	200	Fuji 200	Konica EU	(0.24,0.56,0.69)	(152,97,77)
Fijo 200C-3	200	Fuji 200	Konica EU	(0.22,0.55,0.68)	(155,101,84)
Media				(0.22,0.55,0.69)	(158,102,83)

Figura 22. Tabla Análisis. El código es el que puede encontrarse en los bordes de la película.

Utilizando los datos obtenidos de manera experimental, se calcularon medias aritméticas tanto de los valores RGB de la eliminación de color-cast como de las correcciones para el balance de blancos. De esta forma, se asegura minimizar el error a la hora de procesar película fotográfica de diferentes marcas.

## Capítulo 4: FilmLab

### 4.1 Introducción:

FilmLab surge de la necesidad de poder digitalizar película negativa en casa, de forma rápida y sencilla.

El nombre, FilmLab, viene de hacer referencia al software usado para programarlo: Matlab; y del uso de la herramienta, análogo al que se realiza en los laboratorios de fotografía, en los “Film Laboratories”,

A continuación, se explicará en detalle el funcionamiento de FilmLab y la GUI.

### 4.2 La GUI

Para el desarrollo de la herramienta se ha utilizado el entorno de Matlab GUIDE. Se ha creado la siguiente GUI:

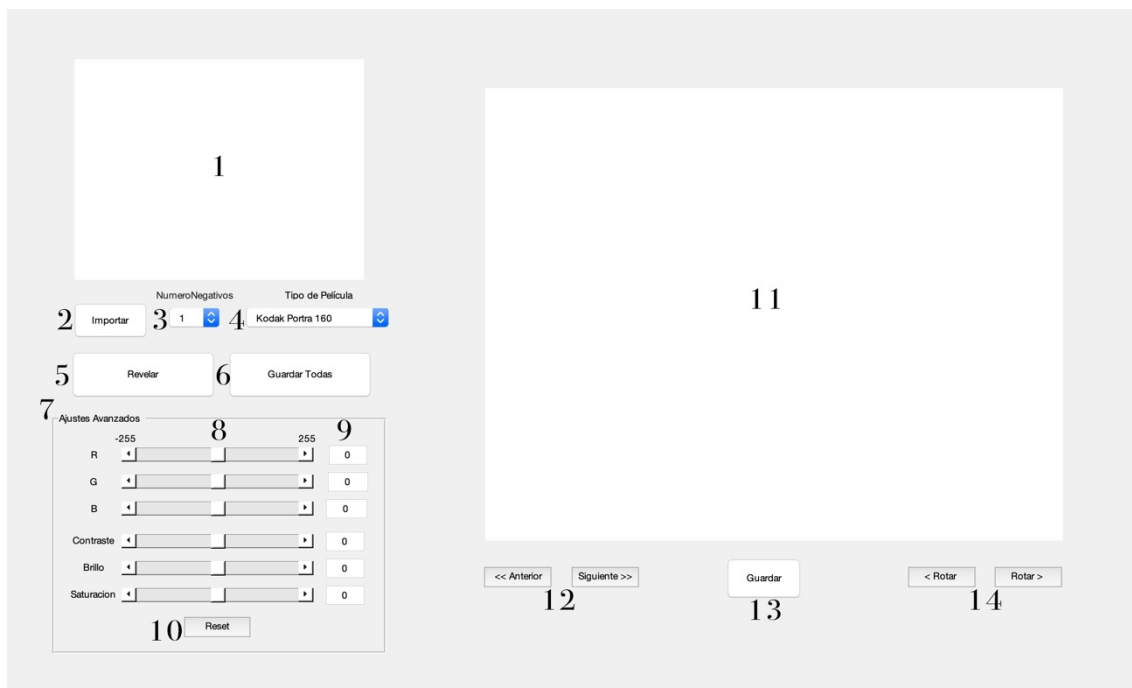


Figura 23. GUI FilmLab con elementos numerados

A continuación, se enumeran los elementos de la GUI:

- 1. Imagen Original:** Elemento que muestra la imagen original (tira negativa).
- 2. Botón Importar:** Permite importar la imagen original.
- 3. Menú Número Negativos:** Permite seleccionar el número de fotografías que tiene la tira de entre 1 y 6.
- 4. Menú Tipo de Película:** Permite seleccionar el tipo de película fotográfica. (Kodak Portra 160, Kodak ColorPlus 200, Kodak Gold 200, Kodak UltraMax 400, Fuji 200C).

5. **Botón Revelar:** Realiza el procesado de la imagen original y muestra la primera fotografía en el elemento 11.
6. **Botón Guardar Todas:** Permite guardar todas las imágenes procesadas de la tira negativa.
7. **Sección Ajustes Avanzados:** Grupo de ajustes avanzados opcionales para un resultado más cercano al ideal para el usuario aficionado a la fotografía.
8. **Sliders Avanzados:** Sliders que modifican de forma individual los canales RGB, y ganancias de Contraste, Brillo y Saturación.
9. **EditTexts Avanzados:** Displays que muestran los valores de los sliders además de modificar el valor de los mismos en caso de ser usados como inputs.
10. **Botón Reset:** Reinicia todos los valores de los Ajustes Avanzados.
11. **Imagen Procesada:** Muestra la imagen con la que se está trabajando. Todos los ajustes avanzados se muestran simultáneamente.
12. **Botones Anterior y Siguiente:** Permite dar paso a la imagen anterior o siguiente en el elemento 11.
13. **Botón Guardar:** Permite guardar solo la imagen con la que se está trabajando. Se utiliza cuando se realizan ajustes avanzados.
14. **Botones de Rotación:** Permite rotar la imagen con la que se trabaja 90° derecha o izquierda.

## 4.3 Funcionamiento

### 4.3.1 Uso

FilmLab presenta 2 rutas de uso no excluyentes entre si.

Por una parte, el uso que daría un usuario sin conocimientos de fotografía. El usuario importaría su escáner de la tira negativa, seleccionaría el número de fotografías que tiene y el tipo de película que es y pulsaría el botón de revelar. Una vez FilmLab hubiese mostrado la primera imagen procesada por pantalla, el usuario pulsaría el botón de guardar todas e importaría la siguiente tira.

Por otro lado, un usuario con una visión preconcebida de sus fotografías haría el proceso análogo hasta haber pulsado el botón Revelar. Una vez hubiese aparecido la primera fotografía, haría los ajustes de color, contraste, brillo y saturación que creyese oportunos. Una vez satisfecho, guardaría la imagen antes de avanzar pulsando el botón Siguiente.

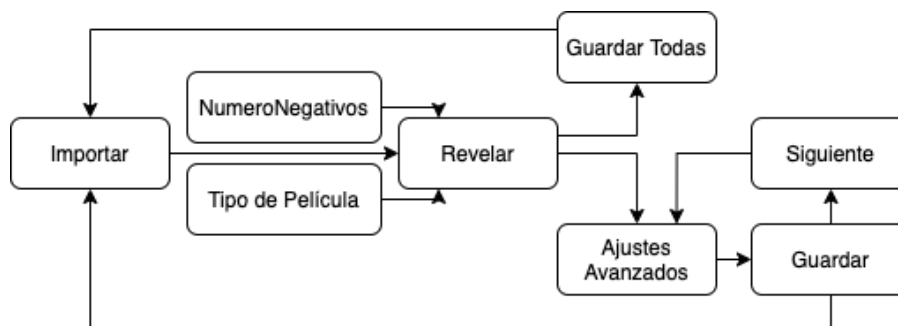


Figura 24. Diagrama Uso FilmLab

Como se observa en el diagrama, FilmLab está destinado tanto para usuarios sin conocimientos como para aquellos experimentados.

#### 4.3.2 Revelado

Siguiendo el proceso mencionado previamente, una vez pulsado el botón Revelar se aplica el procesamiento digital a la imagen. Para la explicación se utilizará esta tira de película fotográfica Kodak ColorPlus 200 escaneada con un escáner Epson Perfection V600 Photo con una resolución 2400ppp.



Figura 25. Tira Negativa Kodak ColorPlus 200

En primer lugar, la imagen es invertida utilizando la función “*imcomplement*” pasando del negativo al positivo[4]. Esto se consigue restando a 255 el valor de cada píxel. De esta forma los valores altos (altas luces y blancos) se convierten en valores bajos (sombras y negros) y viceversa. Figura 26.

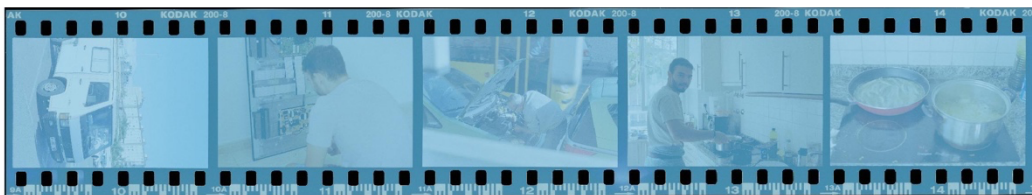


Figura 26. Tira Positiva Kodak ColorPlus 200

A continuación, se crea un color sólido azul del tamaño de la tira negativa con los valores RGB del tipo de Película seleccionada y se sustrae a los canales RGB de la tira positiva usando la función “*imblend(subtract)*” resultando en la Figura 28.



Figura 27. Color Solido para corregir color-cast naranja



Figura 28. Tira Positiva Kodak ColorPlus color-cast corregido

Posteriormente, se modifican las curvas de los canales RGB multiplicándolos por la ecuación de la recta con los valores del tipo de Película seleccionada.

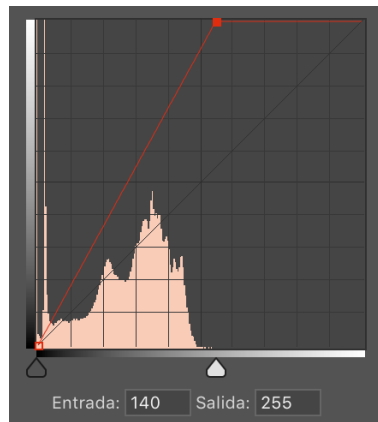


Figura 29. Ejemplo corrección Rojo

Para ilustrar de forma más clara cómo se modifican los canales, se hace uso de la Figura 29. Para conseguir la modificación del ejemplo, el código realizaría la siguiente operación:

```
if redChannelC > RedThreshold
    redChannelC = 255;
else
    redChannelC = redChannelC*(255/RedThreshold);
end
```

Donde RedThreshold = 140

Una vez realizado este proceso con los 3 canales RGB, se obtendría una la imagen ya positiva y balanceada como se muestra en la figura 30.



Figura 30. Tira Balanceada Kodak ColorPlus 200

En este momento, solo queda eliminar los bordes de la película. Esto supuso un desafío puesto que el programa debía ser capaz de localizar las fotografías y eliminar los bordes de forma precisa. Para ello se acudió a los apuntes de la materia de Tratamiento Digital de Imagen y Video y se llegó a la siguiente solución: Una vez aplicado los ajustes necesarios a la imagen original, esta se umbraliza usando la función “*im2bw*” con un valor umbral medio (0,5). El resultado se muestra en la Figura 31.





Figura 31. Kodak ColorPlus 200 Umbralizada

Haciendo un Erode con la función “*imerode*” con un elemento estructural cuadrado de 50x50 con la función “*strel*” se eliminan penínsulas y pequeños objetos limpiando la imagen y aislando las fotografías de la tira como se muestra en la Figura 32.

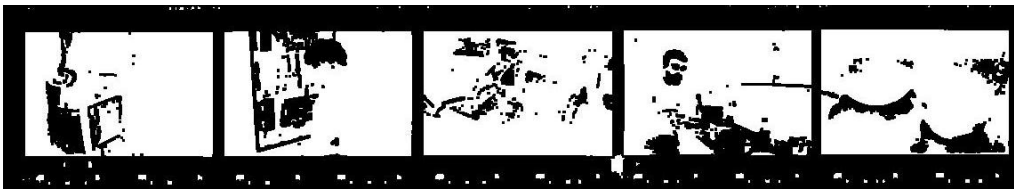


Figura 32. Kodak ColorPlus 200 Erode

Una vez aisladas, se busca el mismo número de fotografías que el usuario ha indicado en el menú, buscando los objetos de mayor área con la función “*bwpropfilt*”.



Figura 33. Kodak ColorPlus 200 resultado búsqueda de fotografías

Una vez localizados, se encuentran las esquinas con la función “*regionprops*” y se recorta, con “*imcrop*”, la superficie de la fotografía de la tira procesada previamente, eliminando así los bordes de la película y obteniendo las fotografías procesadas.

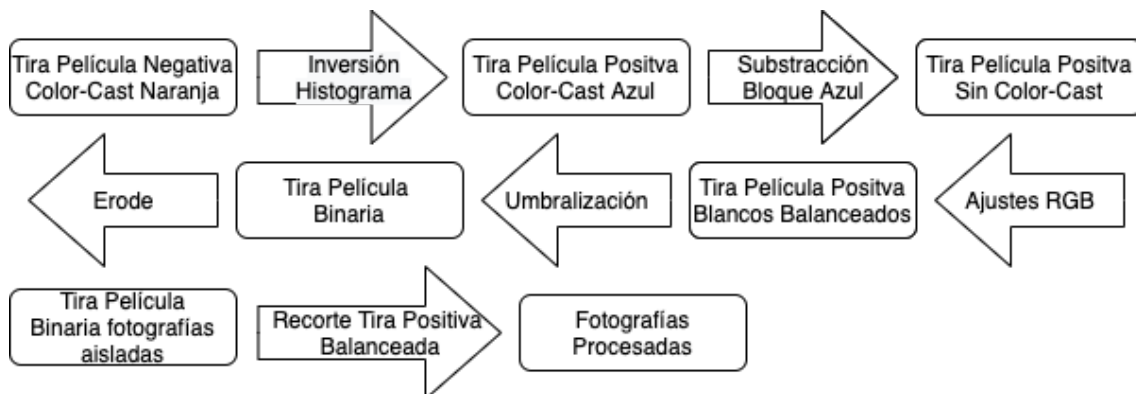


Figura 34. Diagrama proceso Revelado FilmLab

A continuación, se exponen los resultados de FilmLab en comparación al proceso de inversión y procesado de Adobe Photoshop en fotografías elegidas al azar de entre las 5 marcas estudiadas.



Figura 35. Comparación proceso Adobe Photoshop(izq) y FilmLab(dch) película Kodak Portra 160



Figura 36. Comparación proceso Adobe Photoshop(izq) y FilmLab(dch) película Kodak ColorPlus 200

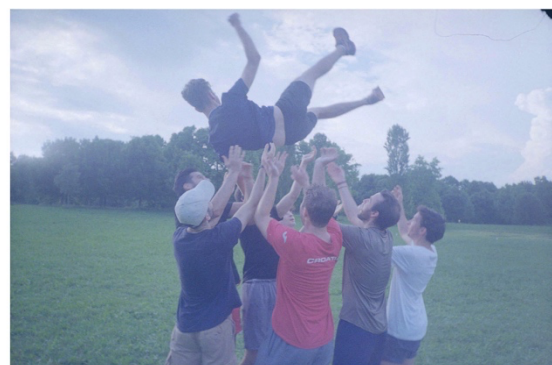
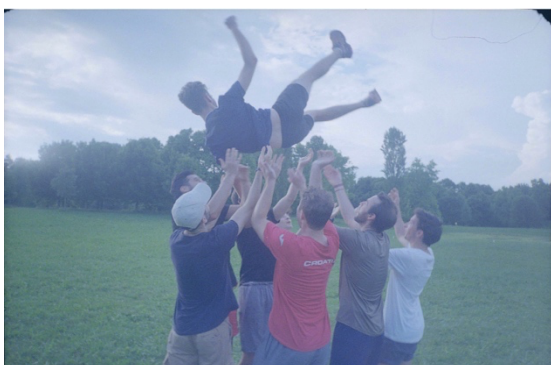


Figura 37. Comparación proceso Adobe Photoshop(izq) y FilmLab(dch) película Kodak Gold 200





Figura 38. Comparación proceso Adobe Photoshop(izq) y FilmLab(dch) película Kodak UltraMax 400



Figura 39. Comparación proceso Adobe Photoshop(izq) y FilmLab(dch) película Fuji200C

Como se puede observar, los resultados que ofrece FilmLab son casi idénticos a los obtenidos con el proceso de Adobe Photoshop. La única diferencia notable es en la imagen obtenida con Fuji200C, *Figura 19*, que presenta un tono más frío al del conseguido con Photoshop. Estas pequeñas diferencias son de esperar puesto que, mientras el proceso de Photoshop se ha realizado de forma específica para cada tira de película, FilmLab utiliza unos valores medios obtenidos del estudio experimental.

#### 4.3.2 Ajustes Avanzados

Como se ha comentado previamente, FilmLab ofrece la posibilidad de realizar un procesado adicional al automático. Para ello se han habilitado sliders que modifican diferentes parámetros.



Los sliders RGB suman a los canales RGB de la imagen una ganancia que el usuario determina, bien pulsando las flechas (+-5), pulsando en el interior del slider (+-51) o introduciendo el valor en el cuadro de texto.

El slider de Contraste determina el valor de “amount”, utilizado en la función de mejora de contraste que respeta bordes “*localcontrast*”.

El slider de Brillo suma una ganancia a los valores de los pixeles de la imagen.

El slider Saturación procesa la imagen transformándola de RGB a HSV y suma al canal Saturación la ganancia que el usuario determina.

A continuación, se presentan las modificaciones posibles con los ajustes avanzados:



Figura 40. Comparación Slider Rojo. Ganancia -70 (izq), Imagen Control (centro) y Ganancia +70 (dch). Película Kodak Gold 200



Figura 41. Comparación Slider Verde. Ganancia -70 (izq), Imagen Control (centro) y Ganancia +70 (dch). Película Kodak Gold 200



Figura 42. Comparación Slider Azul. Ganancia -70 (izq), Imagen Control (centro) y Ganancia +70 (dch). Película Kodak Gold 200





Figura 43. Comparación Slider Contraste. Ganancia -50 (izq), Imagen Control (centro) y Ganancia +50 (dch). Película Kodak Gold 200



Figura 44. Comparación Slider Brillo. Ganancia -25 (izq), Imagen Control (centro) y Ganancia +25 (dch). Película Kodak Gold 200



Figura 45. Comparación Slider Saturación. Ganancia -150 (izq), Imagen Control (centro) y Ganancia +150 (dch). Película Kodak Gold 200

Por último, aplicando todos los ajustes avanzados podemos conseguir una imagen de acabado profesional:



Figura 46. Comparación acabado automático y acabado con ajustes avanzados FilmLab. Película Kodak Gold 200

## Capítulo 5. Conclusiones, Problemas y Futuras ampliaciones del Trabajo

### 5.1 Conclusiones

Durante la elaboración de este trabajo se han explicado de forma detallada qué es la película fotográfica, conceptos de Tratamiento Digital de la Imagen, el proceso de inversión y procesado con Photoshop, y el funcionamiento y diseño de FilmLab. En el anexo se presenta un manual de usuario de la herramienta.

Los objetivos se han cumplido exitosamente. FilmLab es un programa extremadamente sencillo e intuitivo de utilizar. Ofrece al usuario un interfaz simple y clara adecuada al público a la que está destinada.

Los resultados conseguidos a la hora de invertir y procesar la película fotográfica son buenos y casi indistinguibles con los obtenidos con el programa Photoshop, lo que indica la calidad del procesado de FilmLab.

### 5.2 Problemas

Algunos problemas encontrados durante la elaboración de FilmLab dignos de destacar son los siguientes:

- a) Al ofrecer al usuario la posibilidad de hacer ajustes adicionales a las fotografías y observarlos por pantalla de forma simultánea, se presentó la dificultad de la implantación de sliders. Esta problemática se vio solventada gracias al estudio de aplicaciones de procesado de imagen similares publicadas online.
- b) La dificultad de acceso a carretes supuso que el número de muestras obtenidas para el estudio experimental se redujese de las previstas, limitando el número de modelos de carrete que FilmLab tiene almacenados.
- c) Un problema todavía no solventado es el tratamiento de fotografías subexpuestas o realizadas en un fondo muy oscuro. Este problema lo encuentran a menudo los laboratorios profesionales ya que, para eliminar los bordes de la película ha de haber una diferencia mínimamente clara entre estos y el perímetro de la fotografía. Una forma de tratar este problema sería la de implementar una herramienta que dejase al usuario seleccionar de forma manual la superficie que quiere procesar.
- d) Una vez realizados los ajustes avanzados a una fotografía, si el usuario no la guarda y pasa a la siguiente, por la forma en la que FilmLab está programado,

estos ajustes se pierden. Si el usuario retrocediese de nuevo a la fotografía editada, la encontraría tal y como la procesa FilmLab. Esta problemática deberá ser corregida, aunque no afecte de forma grave al funcionamiento de FilmLab.

### 5.3 Futuras ampliaciones de FilmLab

Respecto a las futuras ampliaciones de FilmLab:

En primer lugar, solucionar el problema d). Puesto que FilmLab está orientado a el usuario que quiere digitalizar sus fotografías de forma rápida, la probabilidad de que edite su fotografía, no la guarde, pase a la siguiente y quiera volver a ella es pequeña. Aún así, es un problema que debería abordarse de forma imperativa.

Otra de las mejoras pendientes de FilmLab es la adición de más modelos de película tanto negativa como positiva, incluyendo película monocromática de ambos tipos.

El aspecto estético de la aplicación es algo a tener en cuenta en el futuro. Aunque la interfaz es clara, carece de personalidad o identidad.

Como proyecto, usar el diseño y arquitectura de FilmLab para crear un programa fuera de Matlab y poder lanzarlo al mercado para facilitar la digitalización de fotografías a cualquiera.

### 5.4 Comentario Personal y Agradecimientos

Son escasas las situaciones en las que uno puede realizar un proyecto que enlace su carrera con sus hobbies. FilmLab es una de ellas.

Siendo la fotografía una de mis pasiones, el ser capaz de adaptar mis conocimientos de Ingeniería para crear un software útil para mi pasión, me llena de orgullo.

Este proyecto es la culminación de 5 años universitarios de esfuerzo y dedicación, por lo que he de agradecer a todo aquel que ha contribuido a que haya llegado hasta aquí.

A mi familia, por creer en mí desde el primer día y apoyarme en momentos difíciles.

A mis amigos por compartir conmigo la experiencia universitaria y crecer conmigo.

A mis profesores, por demostrarme que la profesionalidad y la cercanía no son incompatibles.

A mis tutores, José Ignacio Herranz Herruzo y Miguel Ferrando Rocher, por haberme orientado a lo largo de este Trabajo Fin de Grado.

Y, por último, a mi mismo. Por trabajar duro y demostrarme de lo que soy capaz.

A todos, gracias.

A continuación se explica, de manera detallada, cómo utilizar correctamente FilmLab. Aún siendo un programa sencillo, se ha considerado necesario la creación de este manual para aclarar cualquier duda que pueda surgir al usuario.

En primer lugar, se requiere el escaneado de las tiras negativas. Para ello, es necesario ejecutar el software de control del escáner que vaya a usar. En este caso, se utilizará el software Epson Scan.



Figura 47. Software Escáner Epson

Para el correcto escaneado de la tira negativa, esta debe situarse en la cama de cristal por la parte brillante de forma que los números del borde se observen de la siguiente forma:

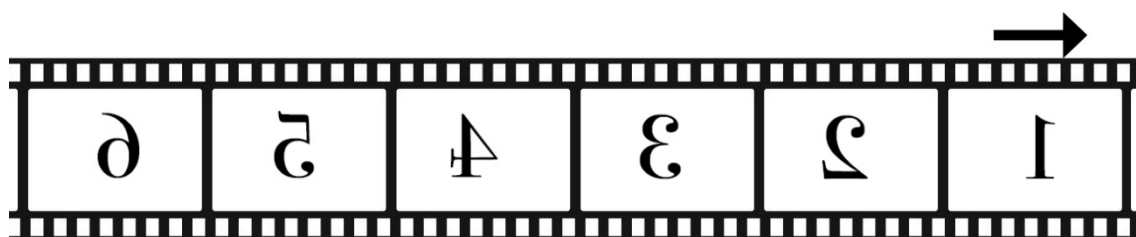


Figura 48. Ejemplo colocación tira negativa

La tira debe situarse en vertical, de forma que la flecha apunte a la parte interior del escáner. Es necesario retirar la cubierta para documentos.

A continuación, debe seleccionarse la resolución con la que se escaneará la película fotográfica. Una resolución de 2400ppp proporciona resultados de buena calidad sin resultar en documentos demasiado pesados.

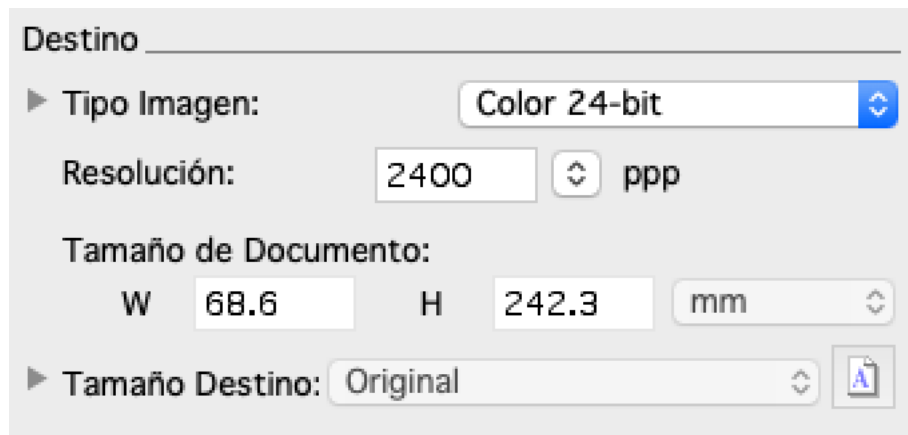


Figura 49. Resolución Escaneado

En caso de que el escáner del usuario no alcanzase esta resolución, se recomienda usar la máxima posible.

Una vez seleccionada la resolución, se deberá proceder con la pre-visualización.

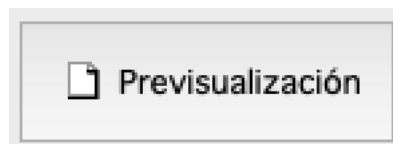


Figura 50. Botón Previsualización

A continuación, deberá poder ver la película negativa. En este momento deberá seleccionar la superficie a escanear.

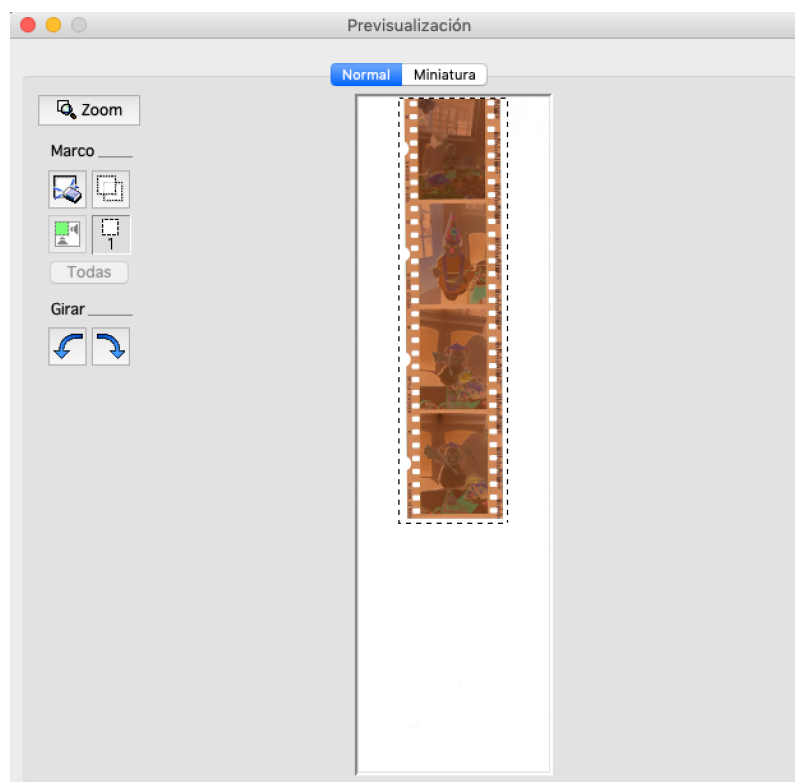


Figura 51. Previsualización y selección de la película negativa



Una vez seleccionada la superficie a escanear, se deberá indicar dónde se guardará el escáner.

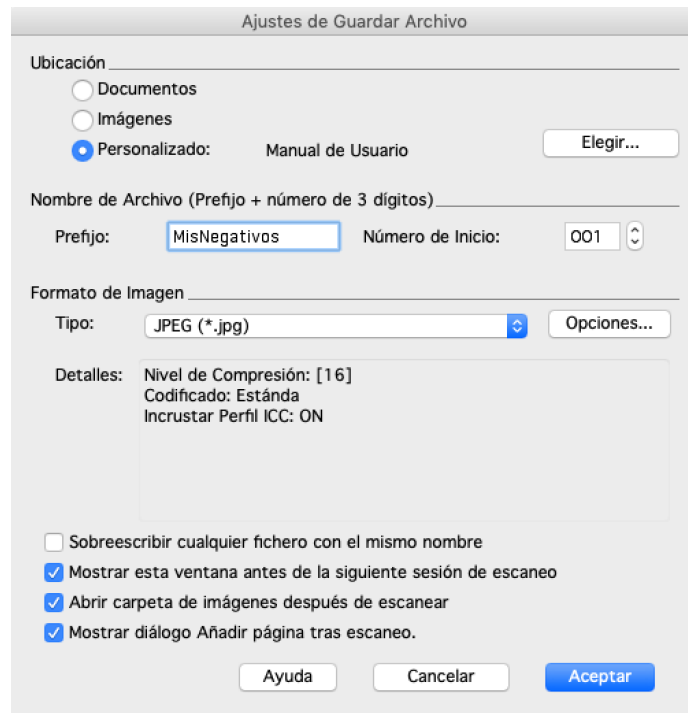


Figura 52. Guardar MisNegativos

Y se procederá al escaneado.

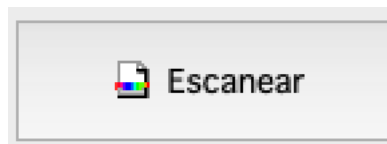


Figura 53. Botón Escanear

FilmLab trabaja sobre Matlab por lo que es necesario ejecutar Matlab para hacer uso de la herramienta.



Figura 54. Matlab

Una vez ejecutada, se deberá especificar dónde se encuentra la carpeta FilmLab y añadir todos sus contenidos a la ruta de Matlab.

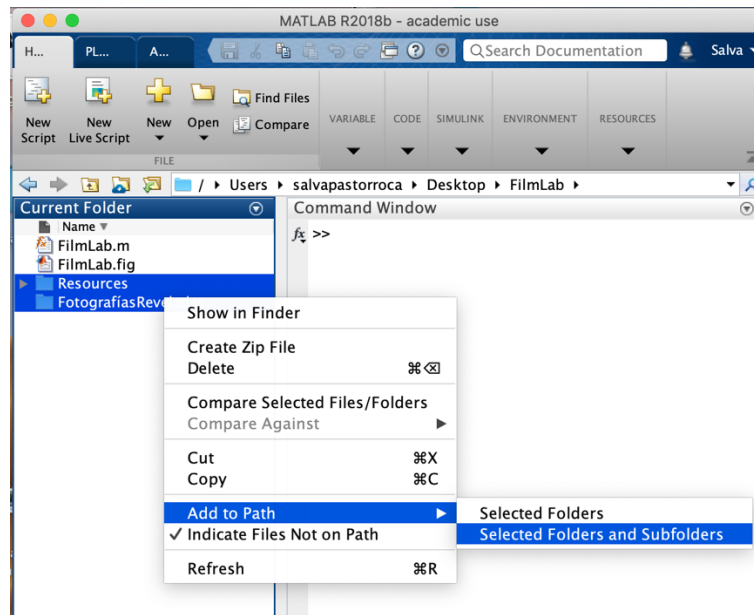


Figura 55. Adición de FilmLab a la ruta Matlab

Una vez añadida la carpeta, ya se podrá ejecutar FilmLab. Para ello, bastará con introducir en la ventana de comandos el nombre de la herramienta:

```
>> FilmLab
```

FilmLab mostrará por pantalla la interfaz.

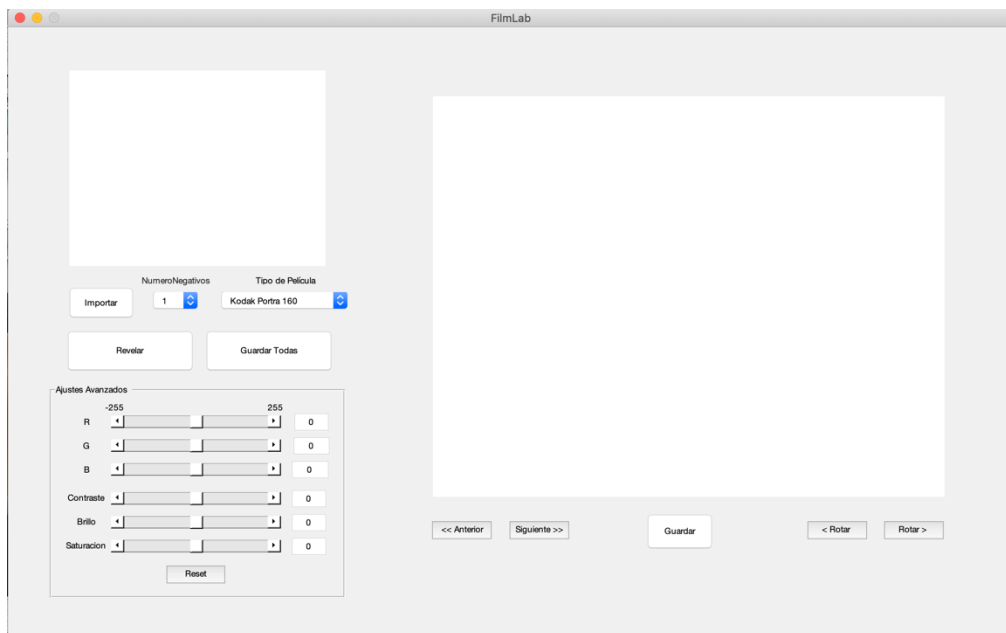


Figura 56. Interfaz gráfica FilmLab

Para comenzar a usar FilmLab se procederá a la importación de la película negativa pulsando el botón Importar.

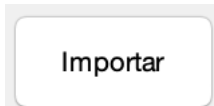


Figura 57. Botón Importar

Y seleccionamos nuestras tiras negativas.

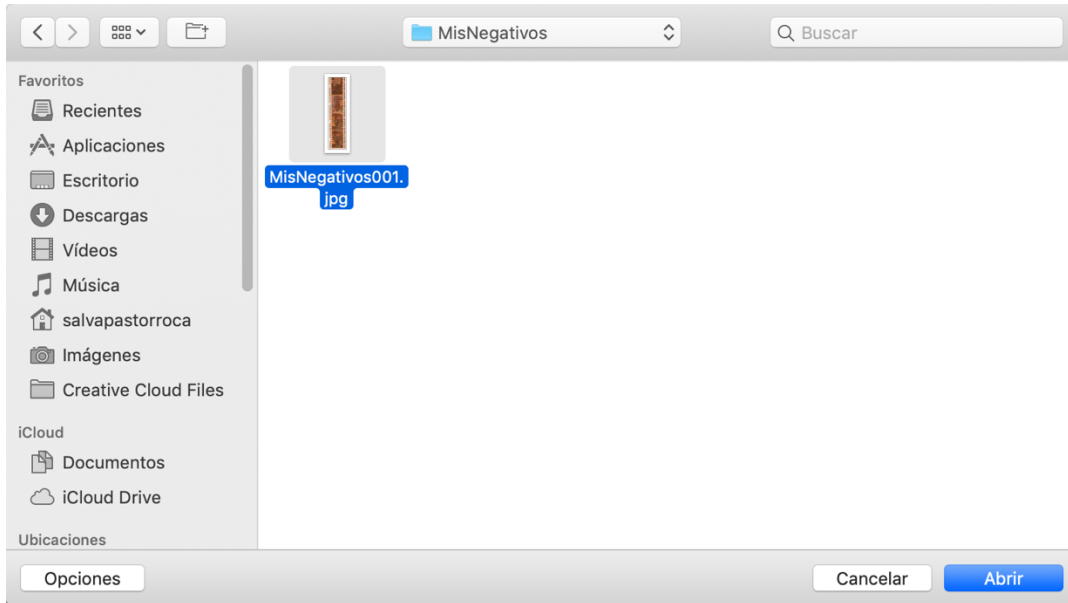


Figura 58. Selección de Tiras Negativas

La interfaz mostrará la tira negativa en el display izquierdo.

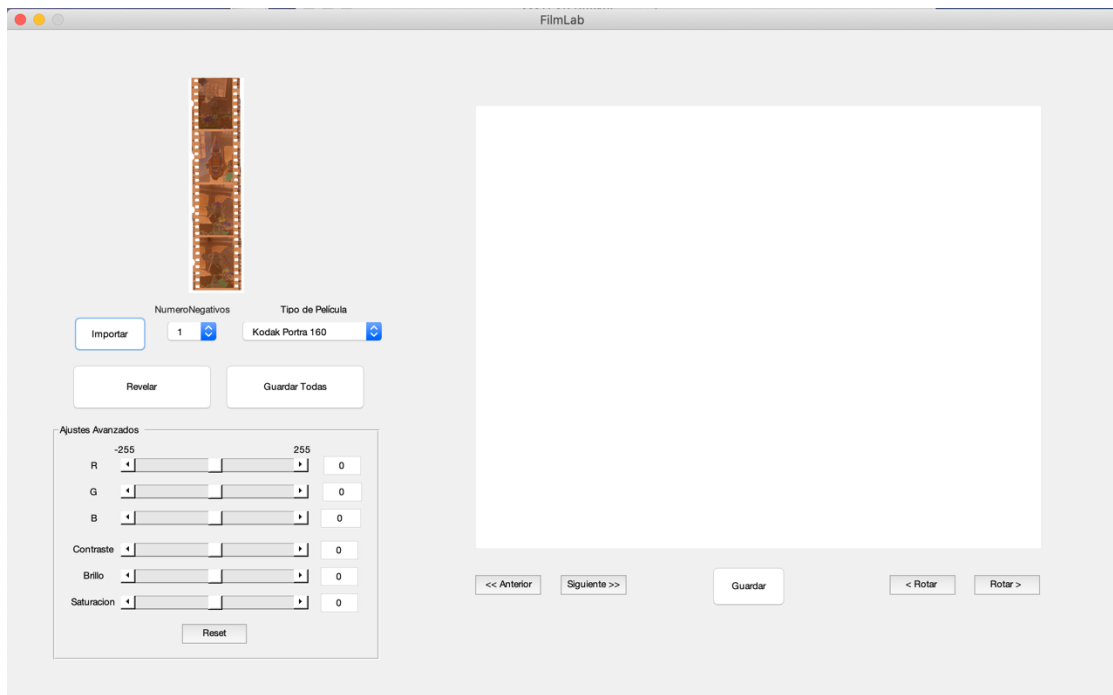


Figura 59. Interfaz una vez seleccionada la tira a procesar

A continuación se deberá elegir el número de fotografías en el menú NumeroNegativos.



Figura 60. Menú de selección NumeroNegativos

El menú presenta las opciones:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Acto seguido, se procederá a la selección del tipo de película:

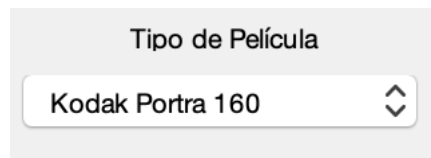


Figura 61. Menú selección Tipo de Película

El menú cuenta con las siguientes opciones:

- Kodak Portra 160
- Kodak ColorPlus 200
- Kodak Gold 200
- Kodak UltraMax 400
- Fuji 200C

El tipo de película está señalado en el borde del negativo. Puede aparecer también con la siguiente nomenclatura:

Modelo Carrete	Código
Kodak Portra 160	Kodak Portra 160
Kodak ColorPlus 200	Kodak 200-8
Kodak Gold 200	Kodak gb200-7
Kodak Ultra Max 400	Kodak gc400
Fuji 200C	Fuji 200

Figura 62. Tabla de correspondencias Tipo de Película

Una vez seleccionado el número de fotografías y el tipo de película se procederá a pulsar el botón Revelar.



Figura 63. Botón Revelar

La interfaz mostrará a continuación la primera fotografía procesada.

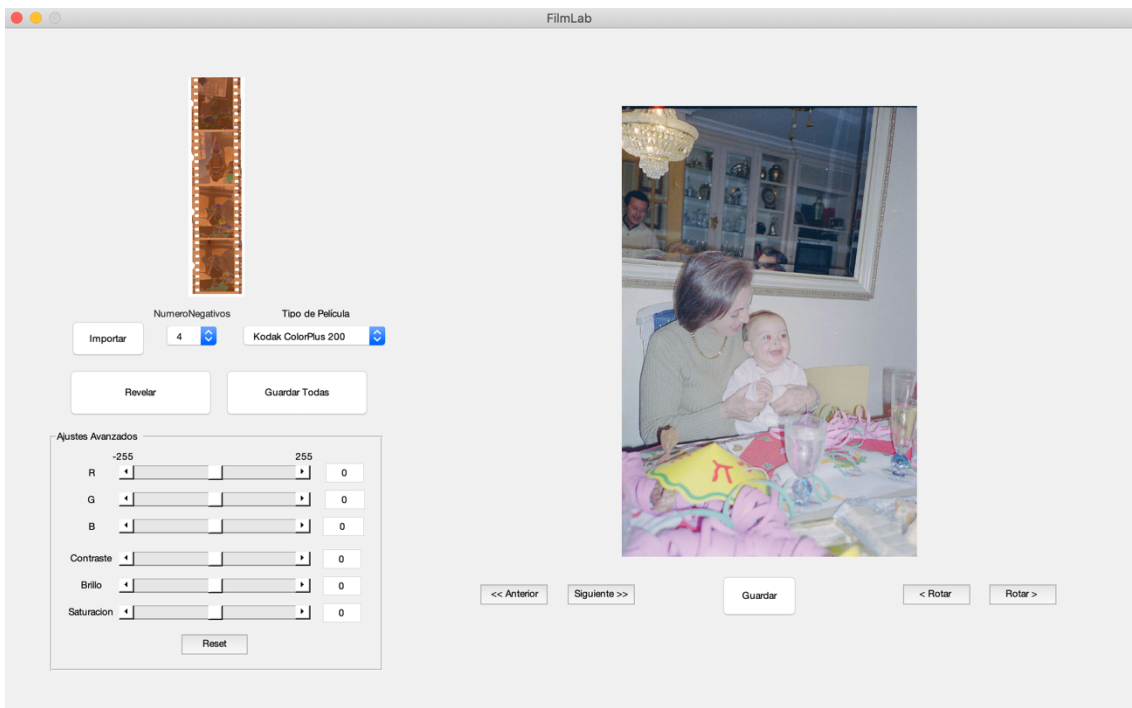


Figura 64. Interfaz FilmLab una vez pulsado el botón Revelar

Se podrán observar las imágenes una por una con los botones de navegación.

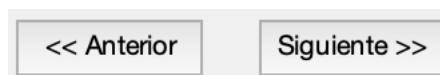


Figura 65. Botones de Navegación Anterior y Siguiente

En caso de no querer hacer modificaciones, se pulsará el botón Guardar Todas.

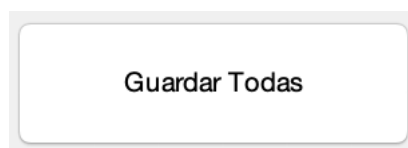


Figura 66. Botón Guardar Todas

Las fotografías se guardarán en la carpeta FotografíasReveladas con el nombre ImagenRevelada y un número de secuencia.



Figura 67. Carpeta Fotografías Reveladas

En caso de querer hacer modificaciones adicionales a alguna fotografía, se navegará hasta llegar a ella.

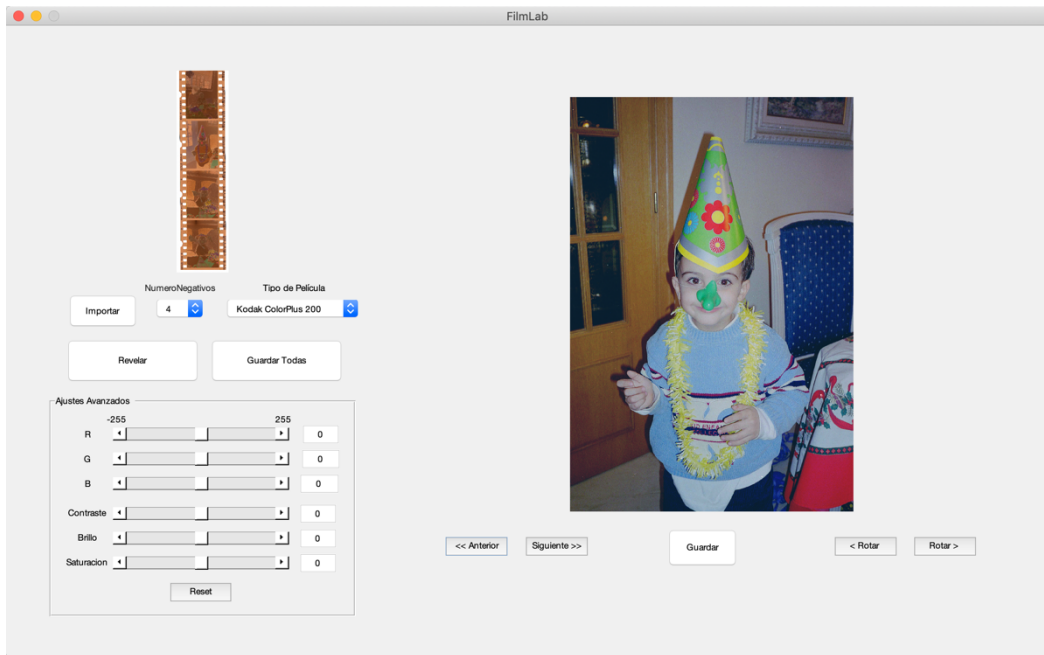


Figura 68. Interfaz FilmLab con fotografía a editar

La orientación de la fotografía se podrá modificar 90° utilizando los botones de rotación.



Figura 69. Botones de rotación

Para realizar ajustes adicionales se hará uso de los elementos situados en el área Ajustes Adicionales.



Figura 70. Ajustes Adicionales

Pulsando en las flechas en los extremos de los sliders se modificará un valor de 5

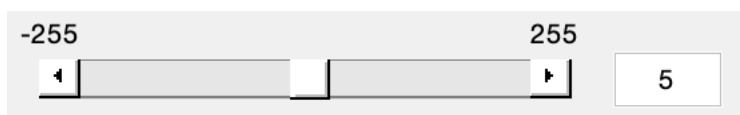


Figura 71. Resultado de pulsar 1 vez en la flecha derecha del Slider

Mientras que pulsando en el interior del slider, el valor se modificará 51



Figura 72. Resultado de pulsar 1 vez en el interior derecho del Slider

Además, se podrán insertar valores de manera manual escribiéndolos en el recuadro de la derecha.

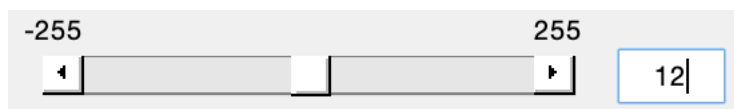


Figura 73. Introducción de valores Slider

Los sliders R, G y B modifican la ganancia de los colores Rojo, Verde y Azul respectivamente.



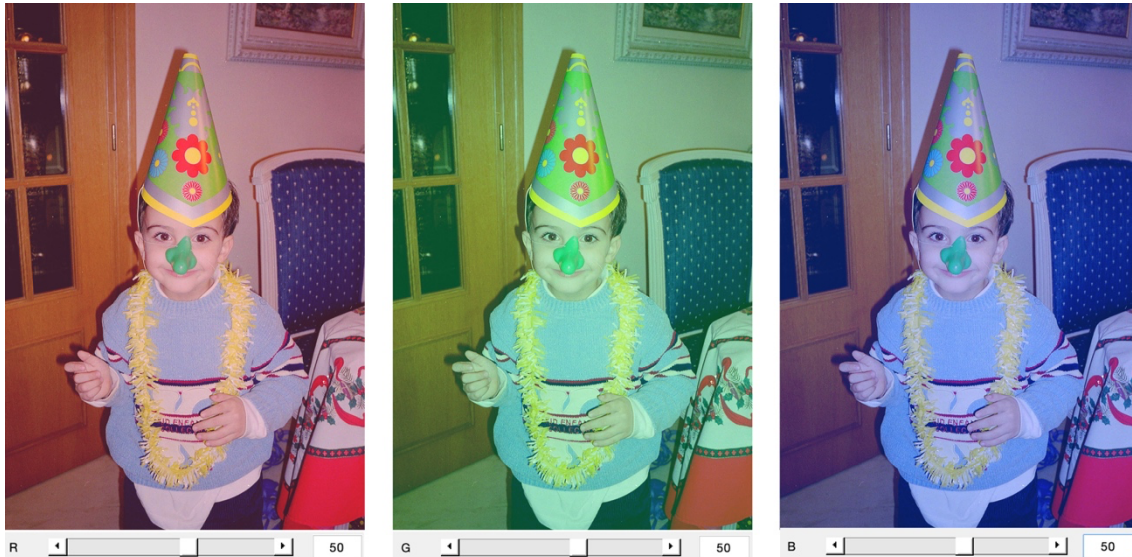


Figura 74. Modificaciones en los Sliders R, G y B

Mientras que los sliders Contraste, Brillo y Saturación modifican el valor de modificación del Contraste, Brillo y Saturación.



Figura 75. Modificaciones en los sliders Contraste, Brillo y Saturación

El botón Reset pone todos los valores a 0.

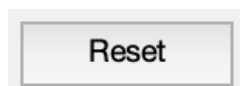


Figura 76. Botón Reset

Una vez realizadas todas las modificaciones oportunas, se guardará la imagen pulsando el botón Guardar situado entre los botones de navegación y rotación.

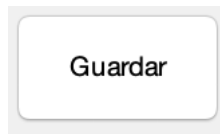


Figura 77. Botón Guardar

Una vez pulsado, se abrirá una ventana en la que se deberá elegir la ubicación y el nombre de la fotografía.

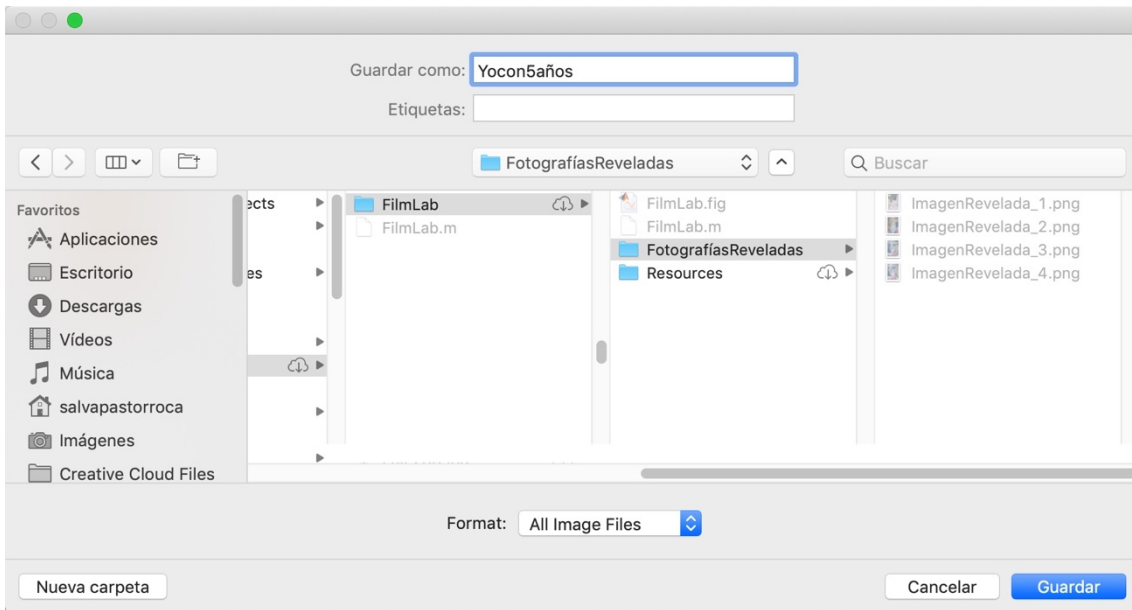


Figura 78. Ventana Guardar Como

Una vez terminado con la tira, se procederá a repetir el proceso importando la siguiente.

## Bibliografía

- [1] José Ignacio Herranz Herruzo, “Transparencias asignatura Tratamiento digital de Imagen y Video”, Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones, Sonido e Imagen, Universidad Politécnica de Valencia. 2020
- [2] Ana Carcedo y Franco, “Programa de segmentación de regiones en imágenes médicas en MATLAB”, Departamento de Ingeniería Electrónica, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. 2004
- [3] Luis Monje Arenas, “Introducción a la Fotografía Científica”, Centro de apoyo a la Investigación de la Universidad de Alcalá. 1992
- [4] <https://www.alexburkephoto.com/blog/2019/10/16/manual-inversion-of-color-negative-film>
- [5] <https://es.mathworks.com/>