

Facultad de Informática
Universidad Nacional de La Plata



Trabajo de Grado

Restauración de Imágenes y Películas en Blanco y Negro

Autores:

Estrugo, Néstor Eduardo
Analista de Computación
Sánchez, Cristian Fabián
Analista de Computación

Directores:

Russo, Claudia
Licenciada en Informática.

Codirector:

Ramón, Hugo
Licenciado en Informática.

Septiembre 2004

<p>TES 04/16 DIF-02956 SALA</p>	<p> UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA FACULTAD DE INFORMATICA Biblioteca 50 y 120 La Plata catalogo.info.unip.edu.ar biblioteca@info.unip.edu.ar</p>  <p>DIF-02956</p>
---	---



BIBLIOTECA
FAC. DE INFORMÁTICA
U.N.L.P.

DONACION... LINTI
\$.....
Fecha... 17-10-07
Inv. E.....Inv. B... **002956**

TES
04/16



Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas que de alguna forma han hecho posible la concreción de este trabajo.

En especial queremos agradecer a nuestros directores Claudia Russo y Hugo Ramón, por el tiempo, dedicación y paciencia que nos han brindado a lo largo del desarrollo.

Merecen un especial agradecimiento nuestras familias, por el apoyo incondicional, su constante preocupación y por su cariño.

A nuestros amigos por comprender, animar y confiar en nuestro esfuerzo.

Por ultimo, queremos agradecer a todas las personas que nos proporcionaron información desinteresadamente, facilitando nuestro trabajo.

A todos, muchas gracias.



Resumen

La gran variedad de material histórico y cultural almacenado en fotografías y películas antiguas corren peligro inminente de sufrir degradaciones y otras deformaciones relacionadas al paso del tiempo y factores ambientales. Por lo tanto es de suma importancia poder mantener, restaurar y almacenar dichos materiales en soportes duraderos para las generaciones futuras.

La primera parte del trabajo esta dedicado al estudio de los diferentes filtros que se pueden aplicar a una fotografía con el fin de restaurarla o realzarla en sus características más importantes.

En la segunda parte se presentará un estudio sobre el filtrado de películas, basado en el filtro de mediana temporal; el cual permite eliminar las manchas que presentan los frames de las películas; este proceso será acompañado con la compensación del movimiento existente entre distintas imágenes de la secuencia, produciendo un resultado final optimo, utilizando técnicas de segmentación, estimación y compensación por bloques.

Por ultimo se destacan los diferentes medios y formatos digitales existentes actualmente para almacenar este tipo de fotografías y películas de gran tamaño.

En todas las etapas se mostrarán los diferentes resultados obtenidos al aplicar las metodologías analizadas sobre un conjunto de muestras, con el fin de evaluar las diferentes características que las mismas poseen.



Índice de contenido

1 Composición física de fotografías y películas	
1.1 Introducción.....	1
1.2 Fotografía	1
1.2.1 Principios Básicos	1
1.2.2 Composición Física	2
1.2.2.1 La gelatina fotográfica. Estructura y composición química de la gelatina y el colágeno.....	2
1.2.2.2 Formas de obtener gelatina.....	3
1.2.2.3 Características físicas de la gelatina fotográfica.....	4
1.2.3 Factores de degradación	4
1.2.4 Factores que afectan la conservación	5
1.3 Películas.....	6
1.3.1 La evolución de los soportes filmicos su composición química	7
1.3.2 Patologías comunes de los soportes de carácter cinematográfico	9
1.3.3 El deterioro de soportes de nitrato.....	10
2 Tratamiento de imágenes	
2.1 Introducción.....	11
2.2 Definición matemática de una imagen	11
2.3 Ruido en imágenes digitales	12
2.4 Realce de Imágenes	13
2.4.1 Operaciones puntuales.....	13
2.4.1.1 Aumento de Contraste	14
2.4.1.2 Modelado del histograma	14
2.4.1.3 Ecuilización del histograma.....	14
2.4.2 Operaciones Espaciales	15
2.4.2.1 Filtro de Media	16
2.4.2.2 Filtro de Mediana	16
2.4.2.3 Estudio comparativo entre el filtro de Mediana y el filtro de Media	17
2.4.2.4 Filtro Pasa Bajo	18
2.4.2.5 Filtro Pasa Alto.....	19
2.4.2.6 Filtro Gaussiano.....	19

2.4.2.7 Filtro Unsharp.....	19
2.4.3 Detección de bordes.....	20
2.4.3.1 Operador de Roberts.....	20
2.4.3.2 Operador de Prewitt.....	21
2.4.3.3 Operador de Sobel.....	21
2.4.3.4 Erosión.....	21
2.4.3.5 Dilatación.....	21
2.5 Restauración de Imágenes.....	21
2.5.1 Filtrado de Wiener.....	22
2.5.1 Filtrado Inverso.....	22
2.6 Conclusiones.....	23
3 Restauración de imágenes por filtrado.....	
3.1 Introducción.....	24
3.2 Resultado de la aplicación.....	24
3.2.1 Brillo, contraste y ecualización.....	24
3.2.2 Filtro de Media, Mediana, Gaussiano.....	26
3.2.3 Filtro Pasa Alto, Pasa Bajo y Unsharp.....	27
3.2.4 Filtro de Robert, Sobel y Prewitt.....	28
3.2.5 Filtro de Erosión y Dilatación.....	29
3.2.6 Filtro Inverso y Wiener.....	30
3.3 Conclusiones.....	32
4 Estimación y compensación del movimiento.....	
4.1 Introducción.....	33
4.2 Método de los gradientes.....	34
4.3 Método de segmentación.....	35
4.3.1 La segmentación como base para la estimación y compensación del movimiento.....	35
4.3.2 Tipos de segmentación.....	36
4.4 Estimación del movimiento por ajuste de bloques.....	37
4.4.1 Diferencia de media absoluta (MAD).....	38
4.4.2 Diferencia de Mínimos Cuadrados (MSD).....	38
4.4.3 Diferencia de Clasificación de Pel (PDC).....	38
4.5 Métodos de búsqueda de ajuste por bloques.....	39
4.5.1 Método exhaustivo.....	39
4.5.2 Método OTS.....	39

4.5.3 Método jerárquico.....	40
4.5.4 Costo computacional	41
4.6 Modelo de movimiento por bloques.....	42
4.6.1 Movimiento simple en traslación	42
4.6.2 Movimiento con deformación 2D en los bloques.....	43
4.7 Cálculo del vector de movimiento.....	43
4.8 Compensación de movimiento	43
4.8.1 Compensación de movimiento hacia atrás	44
4.8.2 Compensación de movimiento hacia delante	44
4.8.3 Compensación de movimiento bidimensional.....	45
4.9 Conclusiones	45
5 Tratamiento de películas en blanco y negro	
5.1 Introducción.....	47
5.2 Definiciones básicas	48
5.3 Métodos de restauración y realce de fotografías aplicados a películas	49
5.3.1 Aplicación de métodos de realce de fotografías a películas.....	49
5.3.2 Aplicación de métodos de restauración de fotografías a películas.....	50
5.3.2 Problemas e inconvenientes detectados.....	53
5.4 Filtro de Mediana Temporal	54
5.4.1 Diferencias entre el filtro de Media y Mediana temporal.....	54
5.4.2 Algoritmo Mediana Temporal	54
5.4.3 Ejecución del algoritmo.....	55
5.4.4 Problemas detectados en el procesamiento	58
5.5 Detección de Escenas	58
5.5.1 Algoritmo de detección de escenas	59
5.5.2 Pruebas	59
5.6 Filtrado de escenas con filtro de Mediana Temporal	62
5.7 Detección de Ruido y Movimiento.....	63
5.8 Estimación y compensación de movimiento	64
5.9 Post-Procesamiento con filtro de Mediana (PPM)	65
5.10 Esquema general del Algoritmo de Restauración.....	65
5.11 Conclusiones	66
6 Aplicación del esquema de restauración de películas en blanco y negro	
6.1 Introducción.....	68
6.2 Película ‘América’	68
6.3 Película ‘Hombre’	69

6.4 Película ‘Canal de Panamá’	70
6.5 Película ‘Esso’	71
6.6 Conclusiones	72
7 Almacenamiento de fotografías y películas	
7.1 Introducción.....	74
7.2 Digitalización de fotografías	74
7.2.1 Compresión.....	75
7.2.2 Formatos de archivos comunes.....	76
7.3 Digitalización de películas.....	78
7.3.1 Formatos de archivos.....	79
7.3.1.1 CODEC.....	80
7.3.1.2 AVI.....	81
7.3.1.3 MOV.....	81
7.3.1.4 JPEG.....	81
7.3.1.5 MPEG.....	81
7.4 Dispositivos de almacenamiento masivo.....	82
7.4.1 Medios de almacenamiento magnético	82
7.4.2 Discos ópticos.....	83
7.4.2.1 Unidad de CD.....	83
7.4.2.2 Unidad de DVD.....	84
7.5 Conclusiones	84
8 Conclusiones y trabajo futuro	
8.1 Conclusiones.....	85
8.1.1 Tratamiento de Fotografías.....	85
8.1.2 Tratamiento de Películas	85
8.2 Trabajo futuro	86
Apéndice A - Aspectos teóricos del tratamiento de imágenes	
A.1 Ruido en imágenes digitales - Cantidad de Ruido.....	88
A.2 Realce de Imágenes	89
A.2.1 Aumento de Contraste	89
A.2.2 Ecuación del histograma.....	89
A.2.3 Filtro de Media	91

A.2.4 Filtro de Mediana.....	91
A.2.5 Filtro Pasa Bajo	92
A.2.6 Filtro Pasa Alto	93
A.2.7 Filtro Gaussiano.....	94
A.2.8 Filtro Unsharp.....	94
A.2.9 Detección de bordes.....	97
A.2.9.1 Operador de Roberts.....	98
A.2.9.2 Operador de Prewitt.....	99
A.2.9.3 Operador de Sobel	100
A.3 Restauración de Imágenes	101
A.3.1 Filtrado Inverso.....	101
A.3.2 Filtrado de Wiener.....	101

Apéndice B – Contenido del CD-Room

B.1 Capítulos	103
B.2 Sistemas	103
Requerimientos.....	103
Instalación de los Sistemas	103
Ejecución	104
B.3 Ejemplo del sistema de Fotografías	104
B.4 Ejemplo del sistema de Películas.....	104

Apéndice C – Manual del Usuario

C.1 Manual del Sistema Imágenes	105
Cargar una imagen.....	105
Emborronamiento	105
Ruido	106
Contraste.....	106
Ecuilización.....	106
Filtro de Media	107
Filtro de Mediana	107
Filtro Pasa Alto.....	108
Filtro Pasa Bajo	108
Filtro Gaussiano.....	108
Filtro Unsharp.....	109
Filtro de Roberts	109
Filtro Sobel Prewitt.....	110

Erosión.....	110
Dilatación	111
Filtro Inverso	111
Filtro de Winner	112
C.2 Manual del Sistema Películas	113
Cargar y Reproducir una Película.....	113
Generar y Reproducir Escenas	113
Filtro de Mediana Temporal - Reproducir Escenas con y sin Filtrado.....	114
Compensación de Movimiento-Post Procesamiento-Reproducir Escenas....	115
Referencias	116
Lecturas adicionales	119

Capítulo 1

Composición física de fotografías y películas

1.1 Introducción

En este capítulo se describirán los diferentes elementos químicos y físicos que componen fotografías y películas, explicando los principios básicos de su funcionamiento y las causas por las cuales pueden degradarse con el paso de tiempo u otros factores.

Se analizarán las condiciones de almacenamiento para una mejor conservación de las mismas.

1.2 Fotografía

Se define a la fotografía como “el arte de plasmar sobre una superficie preparada una imagen, mediante la oxidación de haluros de plata expuestos a la luz y sometidos posteriormente a un proceso químico” [ZON 2003].

La fotografía tiene un papel muy importante como forma de arte, medio de información, instrumento de ciencia y tecnología, además de ser imprescindible en los negocios, la industria, la publicidad, el periodismo gráfico y en muchas otras actividades.

Existen registros fotográficos desde el siglo XIX, donde el dominio de esta técnica estaba reservada a unos pocos profesionales, debido al requerimiento de cámaras y placas fotográficas de cristal. Sin embargo, durante las primeras décadas del siglo XX, con la introducción de la película y la cámara portátil, dicha técnica se puso al alcance del público en general. Actualmente la industria ofrece una gran variedad de cámaras y accesorios para uso personal y profesional. Este avance es paralelo a la de las técnicas y tecnologías utilizadas en el desarrollo de las películas.

1.2.1 Principios básicos

La luz es el componente esencial de la fotografía, basándose en las propiedades fotosensibles de los cristales de haluros de plata, compuestos químicos de plata y

halógenos (bromuro, cloruro y yoduro). Cuando la película fotográfica, que consiste en una emulsión (capa fina de gelatina) y una base de acetato transparente de celulosa o poliéster, es expuesta a la luz, los cristales de haluros de plata suspendidos en la emulsión sufren cambios químicos para formar lo que se conoce como imagen latente de la película. Luego se procesa la misma con una sustancia química llamada revelador, donde se forman partículas de plata en las zonas expuestas a la luz [ZON 2003].

La imagen resultante de este proceso se denomina negativo, ya que los valores del objeto fotografiado están invertidos, es decir que las zonas relativamente oscuras se vuelven claras y las que estaban claras aparecen oscuras. Posteriormente, estos valores son invertidos nuevamente en un último proceso de revelado o en un proceso de positivado.

La fotografía se basa en principios físicos y químicos, que se rigen por la óptica y la física de la luz. El término luz se refiere a la parte visible del espectro electromagnético, que incluye además ondas de radio, rayos gama, rayos X, infrarrojos y ultravioletas.

1.2.2 Composición física

La mayoría de los materiales fotográficos presentan la siguiente estructura básica:

- i) El soporte propiamente dicho, que puede ser vidrio, metal, película plástica, papel o papel recubierto de resina.
- ii) La emulsión (binder layer), que esta compuesta de gelatina (derivado del colágeno, proteína de origen animal), pero también puede estar formada por albumen o colodión en el caso de la fotografía fija. La función de esta capa es soportar la imagen o las sustancias que la producen.
- iii) El material de la imagen final, a base de plata, tintes colorantes o partículas de pigmento, sustancias que se encuentran suspendidas en la emulsión (binder layer)

1.2.2.1 La gelatina fotográfica. Estructura y composición química de la gelatina y el colágeno

La gelatina como portador de las sustancias fotosensibles en los materiales fotográficos, fue el resultado de una larga búsqueda de un medio aglutinante, capaz de formar una capa delgada, homogénea y transparente. Esta capa permite que la imagen final quede suspendida y protegida, favoreciendo las propiedades de la emulsión fotosensible y resistiendo las soluciones acuosas que involucra el proceso fotográfico.

Es importante conocer las cualidades que hacen que la gelatina sea un medio ideal para los materiales fotográficos, así como también sus propiedades físicas y

químicas. La gelatina es un polímero derivado de la proteína colágeno. Se verán a continuación la definición de proteína y colágeno, debido a que muchas de sus características físicas y químicas permanecen en la gelatina [PAR2003].

- **Proteínas**

Son polímeros de alto peso molecular formados por macromoléculas compuestas de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y frecuentemente azufre y fósforo, las mismas son llamadas aminoácidos y la secuencia de estos es la que determina la estructura de las distintas proteínas [PAR2003].

- **Colágeno**

Es la proteína más abundante del reino animal y es el principal constituyente del tejido conectivo, piel, hueso y tendones [PAR2003].

- **Gelatina**

Es el resultado de la separación de las cadenas que conforman la triple hélice de la molécula de colágeno. Esta separación ocurre por el rompimiento de los puentes de hidrógeno que unen a las tres cadenas del colágeno. La gelatina contiene a estas moléculas como cadenas lineales individuales. Cada cadena de la molécula de gelatina, se compone por la secuencia de amino e aminoácidos unidos por enlaces peptídicos [PAR2003] [ZON 2003].

1.2.2.2 Formas de obtener gelatina

La gelatina se obtiene de tejidos ricos en colágeno como los huesos, cartílagos, tendones y pieles de ganado porcino y vacuno. Para llevar a cabo este proceso, se requiere someter a la proteína de colágeno a procesos de desnaturalización e hidrólisis parcial, con lo que se separan las cadenas helicoidales de la molécula, a temperaturas y pH estrictamente controlados [ZON 2003].

Para que la gelatina pueda utilizarse como material fotográfico, se requiere una preparación especial que involucra una serie de pasos, con múltiples tratamientos químicos, físicos y bacteriológicos que dependen de la materia prima de donde se extrae [PAR2003].

1.2.2.3 Características físicas de la gelatina fotográfica

La gelatina es un vehículo transparente, capaz de adherir los microcristales de haluro de plata y la plata de la imagen final a soportes tales como vidrio, papel o película plástica. La misma se adhiere a la superficie de los cristales de plata, sosteniendo los microcristales de plata en suspensión coloidal y previniendo la formación de conglomerados.

Esto uno de los factores que determinan el tamaño y la forma de los cristales de plata. La gelatina promueve el crecimiento lento de los cristales de haluro de plata, por lo que estos tienden a ser planos, teniendo una mayor superficie para reaccionar. Sin el coloide, los cristales crecen rápidamente adoptando formas globulares o esféricas.

La gelatina es una sustancia que forma fácilmente una capa, cambia de sólido a líquido o viceversa con un cambio moderado de la temperatura. Es soluble en agua caliente y al eliminar la mayor cantidad de agua de la emulsión, la gelatina produce una capa flexible, no pegajosa y estable durante su almacenamiento.

La gelatina fotográfica es más pura que la gelatina comestible, lo que es importante para efectos de estabilidad de las imágenes. En el proceso de revelado, la gelatina retarda la actividad del revelador, por su absorción en la superficie del cristal de haluro de plata o por su reacción con los iones de plata del cristal. En presencia de la gelatina, la plata resultante es de forma filamentaria, teniendo un mayor poder para absorber la luz, produciendo imágenes de tonos neutros [ZON 2003] [PAR2003].

1.2.3 Factores de degradación

Los materiales fotográficos procesados presentan una estructura conformada por diversos estratos de materiales de origen orgánico e inorgánico, estos materiales se modifican o alteran ante condiciones ambientales adversas. Estas características repercuten en la estabilidad del material, por ello los componentes fotográficos son frágiles y vulnerables.

La ciencia de la conservación fotográfica a través de sus investigaciones ha reconocido y analizado la estructura de los diferentes procesos fotográficos, los factores de deterioro y los efectos en el material con el propósito de prever y detener dicho deterioro.

Las fotografías tienen básicamente dos tipos de deterioros: inducido e inherente. El primero está relacionado con las condiciones ambientales en el lugar del almacenamiento y con el manejo del material. El segundo, se manifiesta por los materiales originales y el procesado fotográfico, es decir, por el tipo del material fotográfico. Estos deterioros son de tipo físico, químico y biológico.

El deterioro físico se produce por los esfuerzos mecánicos en el material como son los dobleces, pérdida de plano, ralladuras, fisuras, craqueladuras entre otros. El deterioro químico está relacionado con las propiedades físico-químicas y con el procesado fotográfico del material. Los residuos químicos del revelador y fijador utilizados en el procesamiento de la imagen, producen el desvanecimiento o el amarillamiento de la imagen, entre otros. El deterioro biológico es el producido por microorganismos los cuales proliferan con una humedad relativa alta (60% o más). Las esporas de hongos y las bacterias se encuentran en el aire sin considerar la temperatura y la humedad, dichos hongos se alimentan de materia orgánica como lo es la gelatina fotográfica [CDG 2003].

1.2.4 Factores que afectan la conservación

Uno de los principales factores que afectan al material filmico son las condiciones ambientales de su lugar de almacenamiento. En especial la humedad relativa (grado de saturación de humedad en el aire), la temperatura, la luz y la polución atmosférica.

Con respecto a la humedad relativa –primer factor–, se ha comprobado que los materiales fotográficos son extraordinariamente sensibles a este elemento, por lo tanto, es necesario tener en cuenta que, al tratarse de materiales orgánicos (celuloide, acetatos, etc.), el agua es uno de sus componentes químicos. Una humedad relativa elevada daña las sustancias que conforman el material filmico: provoca en efecto, un reblandecimiento de la gelatina, haciéndola vulnerable a los daños mecánicos y en último término puede provocar la destrucción de la emulsión fotográfica y de la imagen por hidrólisis. Paralelamente, un grado de humedad demasiado bajo puede producir deformaciones y roturas en la película, así como también un desprendimiento de la capa de emulsión [ACP 1999] [GEA 1996].

Acerca de la temperatura –segundo factor–, se sabe que la energía térmica acelera las reacciones químicas. Así, cuanto más elevada sea la temperatura, más rápida será la degradación química de los diferentes componentes. De hecho, dos procesos de descomposición comunes, el síndrome del vinagre (Viniegra síndrome) y el ensombrecimiento de la imagen (dye fading), tienen a la temperatura excesiva como causa principal [MOR 1994] [GEA 1996].

La combinación de los factores señalados, tiene efectos muy nocivos. Cuando se combina una alta temperatura con una elevada humedad relativa, se acelera la proliferación de hongos. Estos microorganismos atacan la gelatina liberando enzimas que destruyen la emulsión y se manifiestan en forma de manchas circulares causando la destrucción de la imagen [KOD 2000].

Este tipo de ataque resulta especialmente dañino, porque una vez iniciada la colonización por hongos es prácticamente imposible detener. Además, los cambios de temperatura y humedad (cycling) producen cambios físico-químicos especialmente perniciosos: propician el movimiento de la humedad hacia dentro y hacia fuera de los materiales fotográficos, provocando daños estructurales [IPI 2000].

Sobre el tercer factor, la luz visible (se mueve en el rango de 390 a 780 nanómetros ‘nm’), hay que resaltar su incidencia, pues puede provocar daños de importancia si los materiales son expuestos durante largo tiempo. Este también se produce con la luz ultravioleta, especialmente en el rango que va de 300 a los 400 nm. Un rasgo característico de la actuación de la luz es que sus efectos son acumulables y dependen de la intensidad y tiempo de exposición. Los niveles de radiación ultravioleta no deben exceder los 75 $\mu\text{w}/\text{lm}$ (microwatios/lumen), por ello se desaconsejan las lámparas fluorescentes y cuando no sea posible la sustitución de este tipo de iluminación, se recomienda la utilización de filtros [ZON 2003].

Respecto del cuarto factor –polución atmosférica–, cabe distinguir diversos agentes contaminantes:

- i) Gases oxidantes;
- ii) Partículas en suspensión;
- iii) Gases ácidos y sulfurosos; y
- iv) Humos.

Los gases oxidantes son producto de la utilización de combustibles fósiles y también pueden ser el resultado de los procesos de degradación de soportes de nitrato; entre ellos, el óxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno son particularmente agresivos sobre los materiales fotográficos. Atacan principalmente a los compuestos químicos con base de plata que están presentes en las emulsiones fotográficas. Las partículas en suspensión, cenizas y hollines son también productos químicamente activos que pueden degradar las sustancias sobre las que se acumulan. También dañan severamente todos los materiales fotográficos los gases ácidos y sulfurosos (nitrógeno y dióxido de azufre) que proceden de la combustión de carbón y del petróleo, pero también pueden ser subproductos de la degradación de las películas de acetato (ácido acético, ácido butírico, ácido propiónico) [ACP 1999] [ADB 2003].

1.3 Películas

Una película se define como una sucesión de fotografías ubicadas en un soporte continuo, que son proyectadas una tras otra a una velocidad constante, esta proyección produce un efecto que, ante el ojo humano, nos da la ilusión de movimiento.

Etimológicamente, la palabra película tiene el significado de piel delgada. De hecho, la piel y la película pueden maltratarse de manera semejante, la piel puede rasguñarse, ampollarse por efectos de sustancias químicas o del calor, dañarse por la exposición prolongada al sol, al igual que la película [OAG 2002].

La piel también se seca y se hace quebradiza con el frío y es susceptible de poblarse de hongos y bacterias por el calor y la humedad relativa excesiva, estos factores afectan también a la película, además la piel puede quemarse tal como la película.

1.3.1 La evolución de los soportes filmicos: su composición química

Los soportes cinematográficos han desarrollado importantes cambios a lo largo de sus más de cien años de vida. Estas modificaciones propician, en lo que concierne a las tareas de conservación, diversos procesos de degradación. Este fenómeno exige un

mayor conocimiento de los distintos materiales que han sido utilizados para la grabación de obras cinematográficas. Así, desde el punto de vista de la naturaleza química de los materiales, existen tres tipos principales de soportes filmicos:

- i) Nitrato de celulosa;
- ii) Acetatos de celulosa (diacetato, triacetato, propionato de acetato y butirato de acetato); y
- iii) Poliéster.

Sobre el primero –nitrato de celulosa-, hay que resaltar algo fundamental: con la invención del celuloide o nitrato de celulosa comienza la historia del soporte material cinematográfico. El descubrimiento de este primer plástico sintético, que tuvo lugar en 1869 (se trata de un polímero sintético, inventado en 1869 por J. Wesley Hyatt, el cual se componía de una dispersión coloidal homogénea a base de nitrato de celulosa y alcanfor), y la posterior incorporación de la emulsión fotográfica a ese celuloide realizada por J. Carbutt, prepara el camino para el nacimiento de la película cinematográfica transparente. Este proceso lo lleva a cabo G. Eastman Kodak en 1889, y lo hace utilizando procedimientos industriales. En efecto, en la última década del siglo XIX, se dispone de la tecnología necesaria para aplicar el fenómeno de la persistencia retiniana, que dará origen a la imagen cinematográfica (fenómeno por el que el cerebro humano percibe la sensación de movimiento continuo a partir de una sucesión de imágenes). En 1895 los hermanos August y Louis Lumière realizan la primera proyección cinematográfica pública. Utilizan para ello película en soporte de nitrato. Este material fue producido comercialmente en los Estados Unidos entre 1889 y 1951, aunque su fabricación continuó en otros países hasta la década de los años 60. Esta película transparente con base de nitrato de celulosa tuvo una rápida difusión, y se caracterizaba por una fuerte tendencia a rizarse [MYS 2002].

Era, además, extraordinariamente inflamable, siendo utilizada hasta mediados de los años cincuenta. En 1903 esta película fue mejorada incorporando al soporte, por ambas caras, gruesas capas de gelatina; este producto reducía la tendencia al ondulamiento y disminuía la velocidad de descomposición de la película base, con lo que se redujo parcialmente su inflamabilidad.

Acerca del segundo soporte –acetatos de celulosa-, hay que señalar su aparición en 1923 con la introducción de la película de seguridad (acetato de celulosa). Se reemplaza así el nitrato de celulosa por el acetato de celulosa; que a su vez, y hacia 1937, fue sustituido por el diacetato de celulosa. Las características de los acetatos y de los poliésteres como soportes documentales están definidas por las normas ISO 543 y ANSI PH1 25-1.976. Según la ANSI, la base es “una tira flexible de plástico, con unas dimensiones normalizadas, cuyo uso es específico para el procesado y fabricación de películas de proyección”. Deben presentar las siguientes características:

- a) Transparencia.
- b) Ausencia de imperfecciones.

- c) Químicamente estable.
- d) Insensible a la luz.
- e) Resistente a la humedad.
- f) Resistente a productos químicos durante la etapa de procesado.
- g) Resistencia mecánica a la tracción y a los desgarros.
- h) Flexibilidad.
- i) Libre de distorsiones físicas.
- j) Inflamable.

Los nuevos materiales supusieron mejoras al reducirse la inflamabilidad del soporte, puesto que la temperatura de ignición para la película de seguridad está entre los 800° F (426.24C°) y 1000° F (537.78C°), en lugar de los 300° F (148.89C°) de las películas de nitrato de celulosa (P. Messier señala que se han descrito casos de autocombustión de películas de nitrato deteriorado a temperaturas de 41°C.).

Por su parte, el diacetato presentaba bastantes problemas: contracción del soporte, pérdida de color y una progresiva tendencia al quebramiento. Esto provocó, hacia 1947, la sustitución gradual del diacetato por el triacetato de celulosa, que todavía permanece en uso pese a los problemas de estabilidad que plantea [MES 2002].

Por lo que respecta a la introducción del sonido, conviene resaltar que la primera película con sonido, de tipo óptico fue exhibida en el año 1923, si bien será en 1929 cuando el cine sonoro se convierta en un estándar. De este modo, en la década de los años treinta, las películas sonoras consiguieron sustituir rápidamente al cine mudo. La lectura de este tipo de grabación se realiza por medio de una fuente de luz que atraviesa la banda sonora e incide sobre una fotocélula conectada a unos altavoces por medio de un amplificador.

Durante mucho tiempo el panorama estuvo dominado por la imagen en blanco y negro. La introducción del color, en un intento inicial en 1897, ha de esperar hasta 1922 para tener un procedimiento estable. En ese año se introduce el sistema Technicolor, que consistía en la adhesión de dos películas (verde y roja). Este sistema se perfecciona en 1941 con la aparición del sistema Monopack Technicolor que introduce una película en tres capas.

Paralelamente, en 1936 la empresa alemana Agfa-Wolfen comercializa el sistema Agfacolor, orientado a las grabaciones domésticas. Posteriormente, en 1952, se introdujo el negativo Eastmancolor de Kodak. Este sistema no requería de cámaras especiales ni tampoco de equipos de revelado complejos, siendo más económico que el Technicolor, pero mucho menos duradero. En los años 70 se abandona el procedimiento de transferencia de color utilizado por Technicolor. Esto creó problemas porque, este sistema garantiza una mayor solidez de los colores originales. Desde entonces no han cesado de producirse mejoras, especialmente en los sistemas de proyección obteniéndose una mayor calidad de imagen (a este respecto, cabe destacar el sistema

Cinerama introducido en 1952 el cual utilizaba tres proyectores sobre una pantalla curva).

En 1953 aparece el CinemaScope que aplicaba un sistema óptico anamórfico. Otros logros fueron los nuevos formatos de película como el utilizado en 1955 por el sistema Todd-AO que utilizaba positivos de proyección de 70 mm. Ya en los años 80 se destaca el sistema Showscan que opera a 60 fotogramas por segundo y los procedimientos IMAX y FutureVision que incrementan la imagen de proyección, cuyas bandas sonoras suelen estar impresas en cintas magnéticas independientes.

Respecto del tercer soporte –Poliéster–, hay que resaltar la mejora que supuso su introducción en 1955. Este nuevo soporte material se denomina polietilertephtalato (polyethylene terephthalate o PET), y existe otra variante comercial conocida como Mylar®. Se trata de un producto que es más estable químicamente que los materiales precedentes, el nitrato de celulosa o los acetatos. En efecto, las pruebas de laboratorio de envejecimiento acelerado han mostrado una durabilidad entre cinco y diez veces mayor que los acetatos bajo condiciones ambientales de almacenamiento semejantes. A pesar de estas ventajas, la implantación de este producto ha sido irregular, dada la confianza depositada en la durabilidad y permanencia de los triacetatos [REI 2002].

1.3.2 Patologías comunes de los soportes de carácter cinematográfico

La mayoría de los tipos de película están formados principalmente por materiales orgánicos, siendo susceptibles de sufrir procesos de degradación. Las películas en blanco y negro presentan cuatro o cinco capas de diferente composición química; el film en color también se compone de una serie de capas que sólo tienen unas cuantas micras de espesor [VOL 1986].

En ambos tipos de película, el principal componente es la gelatina, un producto extraordinariamente sensible, porque reacciona fácilmente con el agua y, es además, un excelente campo de cultivo para hongos y bacterias. Las sustancias que forman la imagen son también especialmente inestables en entornos húmedos. A esto hay que añadir dos elementos: tanto la emulsión como la base tienen diferentes coeficientes de expansión, lo que puede llevar al desprendimiento de la emulsión por variaciones de temperatura.

La velocidad de degradación depende en un alto grado de las condiciones de temperatura y humedad, debido a las reacciones químicas que desencadenan.

Los mecanismos de deterioro de las películas de nitrato y acetato tienen su origen en reacciones de tipo autocatalítico. Esto significa que los productos de degradación química acumulados generan más deterioro, por lo que, una vez que se inicia el proceso degenerativo, la velocidad de la actividad química aumenta, incrementándose la emisión de gases. De esta manera se acelera, a veces de forma irreversible, el proceso de destrucción de los documentos fílmicos [REI 1993].

1.3.3 El deterioro de soportes de nitrato

El deterioro de los materiales con base de nitrato consta de las siguientes etapas:

- i) Se produce una decoloración de la película base y un desvanecimiento acusado de la imagen, que toma un color ambarino;
- ii) La película se vuelve quebradiza y pegajosa, tendiendo a adherirse al papel de los envases o a otros negativos;
- iii) El film se vuelve extremadamente pegajoso, mostrando burbujas en su superficie y emitiendo un olor desagradable;
- iv) El film se ablanda y adhiere al envase de papel y a otros negativos (el fuerte olor que desprende se hace más evidente);
- v) El film base finalmente se desintegra en un polvo castaño.

Como consecuencia de lo anteriormente dicho, las películas que muestran algunas de estas condiciones deben ser aisladas de otros negativos; las películas en las fases i) y ii) son todavía utilizables, aunque se recomienda su copiado inmediato, mientras que las que se encuentran en las fases iii) y iv) son absolutamente inutilizables.

Cuando el nitrato de celulosa se degrada produce ácido nítrico, óxido nítrico y dióxido de nitrógeno, productos todos ellos destructivos para otros negativos fotográficos.

Son, al mismo tiempo, potencialmente peligrosos para la salud, causando irritaciones respiratorias y daños en la piel y ojos. El manejo de este tipo de películas ha de ser realizado en locales bien ventilados, y el personal habrá de protegerse con guantes de neoprene y ropas adecuadas. Además, deberá evitarse el uso de lentes de contacto e incluso, deberán usarse máscaras respiratorias. Otros materiales, los metales por ejemplo, pueden ser dañados por su proximidad a soportes de nitrato en mal estado [CUM 1950].

Capítulo 2

Tratamiento de imágenes

2.1 Introducción

En la actualidad, los avances tecnológicos han permitido que las gráficas y el procesamiento de imágenes por computadora sean muy populares transformando a la computadora en una herramienta útil en diferentes áreas de investigación y en la vida diaria.

Procesamiento de imágenes es el término utilizado para denominar las operaciones desarrolladas sobre un conjunto de datos que conforman una imagen, a fin de mejorarla de alguna forma, para ayudar a su interpretación o para extraer algún tipo de información útil de ella.

El procesamiento digital de imágenes se efectúa en cuatro etapas; en la primer etapa se divide la imagen en un arreglo rectangular de elementos, donde cada elemento se conoce con el nombre de píxel.

El siguiente paso es la asignación de un valor numérico a la intensidad de la luminosidad promedio de cada píxel. De este modo los valores de luminosidad de cada píxel junto con su posición, definen completamente la imagen, concluyendo así que la posición de una imagen mas su luminosidad es igual a un píxel.

La tercer etapa comprende la alteración de los valores de la luminosidad de los píxeles mediante operaciones o transformaciones matemáticas, con el fin de resaltar u obtener los detalles deseados de la imagen.

Por último, se deberá representar y visualizar la imagen procesada.

2.2 Definición matemática de una imagen

Una imagen puede definirse matemáticamente como una señal bidimensional, que es la aplicación de $R \times R$ en R , en la forma:

$$g = f(x,y)$$

Donde f es una función que asocia el valor g al par (x,y) . Esta definición aunque es muy general y cumple con los requisitos de definir una imagen es poco adecuada porque es una representación de dominios continuos con infinitos valores lo cual es imposible de representar en una computadora; por lo que es necesario una definición menos general y más operativa. Entonces se considera una imagen monocromática en donde los elementos representan intensidades en forma de tonalidades de grises. Para ello se considerará el espacio discreto $N \times N$ en el cual existen los pares (i,j) , i y j son números naturales acotados (no pueden tomar valores menores que un mínimo ni sobrepasar un valor máximo) [AMT 1997].

Además el valor de g pertenece al dominio de los naturales N y así también se acota g , pudiendo definir una imagen como:

$$g = p(i,j) \quad i_{min} \leq i \leq i_{max} ; j_{min} \leq j \leq j_{max}$$

En donde el par (i,j) corresponde a una posición en el espacio bidimensional, g corresponde al nivel de gris asociado a ese punto y p es una función que asocia el valor g al par (i,j) .

Con esto se puede redefinir la definición de una imagen orientada al análisis y al procesamiento de la siguiente manera:

Una imagen es un arreglo de números en el cual la posición dentro del arreglo esta asociada a una posición geométrica del escenario representado y cada valor en esta posición del arreglo es un número al que se asocia un tono de gris correspondiente al nivel de intensidad reflejado por el escenario original

En forma esquemática se tiene:

$$P = \begin{bmatrix} p(1,1) & p(1,2) & p(1,3) & \dots & p(1,M) \\ p(2,1) & p(2,2) & p(2,3) & \dots & p(2,M) \\ p(3,1) & p(3,2) & p(3,3) & \dots & p(3,M) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ p(N,1) & p(N,2) & p(N,3) & \dots & p(N,M) \end{bmatrix}$$

En los que los valores altos de p corresponden a grises claros y los valores bajos a grises oscuros [AMT 1997].

2.3 Ruido en imágenes digitales

Durante el proceso de la digitalización de las imágenes, se introducen píxeles con niveles de grises diferentes a los de sus vecinos (claros u oscuros) que no son parte de la imagen original y aparecen distribuidos en forma aleatoria [TRU 1998].

Se clasifica el ruido en cuatro tipos principales:

- i) Frecuencial o aditivo: La imagen resultante es la suma entre la imagen original y otra señal, la interferencia o ruido, caracterizada por ser una senoide de frecuencia determinada.
- ii) Gaussiano: La imagen presenta pequeñas variaciones debido al ruido en la digitalización o perturbaciones en la transmisión.
- iii) Impulsional: El valor que toma el píxel no tiene relación con el valor real sino con el valor del ruido, tomando valores muy altos o bajos.
- iv) Multiplicativo: La imagen se obtiene de la multiplicación de dos señales.

El modelo común es el aditivo, aleatorio e independiente de la señal [DEL 2001].

Sea G la imagen observada, I la imagen original y n el ruido.

$$G(i,j) = I(i,j) + n(i,j)$$

Donde i,j denotan la coordenada de un píxel.

2.4 Realce de Imágenes

La principal característica del realce de imágenes es posibilitar la acentuación de ciertas características o cualidades de la imagen, por ejemplo el realce del contraste y brillo, la eliminación del ruido, el mejoramiento de la nitidez, etc. Este proceso por sí solo no incrementa la información que se encuentra en la imagen original, solamente enfatiza ciertas características de la misma [JAI 1989].

Para lograr este objetivo se utilizan técnicas basadas en la aplicación de filtros, los cuales dependen tanto del nivel de gris de un píxel determinado como los niveles de su vecindad. Este proceso utiliza matrices llamadas máscaras o ventanas, las cuales son aplicadas a las imágenes.

El resultado de esta operación será una imagen con la eliminación de las columnas iniciales y finales con respecto a la imagen original.

2.4.1 Operaciones puntuales

Este tipo de procesamiento realiza operaciones donde el nivel de gris dado $u[0,L]$ se mapea en un nivel de gris $v[0,L]$ de acuerdo con una transformación del tipo:

$$v = f(u)$$

2.4.1.1 Aumento de Contraste

Este tipo de procesamiento consiste fundamentalmente en la reasignación de los niveles de gris píxel a píxel, a través de una función de transformación de la forma

$$s = T(r).$$

En esta función, los niveles de gris de la imagen de entrada están representados por la variable r , mientras que la variable s representa los niveles de gris de la imagen de salida [RAM 2000].

2.4.1.2 Modelado del histograma

El histograma es una de las formas de representar la distribución de los niveles de grises de una imagen y también es utilizado en el procesamiento de imágenes. El histograma ofrece la información de cuantos píxeles poseen un determinado nivel de gris en la imagen, en un intervalo definido entre 0 (negro) y 255 (blanco) para una imagen cuantificada en 8 bits. Además el histograma no presenta ninguna información espacial de la imagen y es una función de probabilidad para encontrar un nivel de gris referente a un objeto de la imagen. Generalmente, la distribución de los niveles de grises se presenta en el eje X y la frecuencia en que ocurren, en el eje Y [JAI 1989].

2.4.1.3 Ecualización del histograma

El histograma de una imagen digital con niveles de grises en la amplitud de $[0; L - 1]$, es la función discreta

$$p(rk) = \frac{nk}{n}$$

donde:

rk es el k -ésimo nivel de gris,

nk es el número de píxeles de la imagen con tal nivel de gris,

n es el número total de píxeles, y

$k = 0; 1; 2; \dots; L - 1$ nivel de gris.

$p(rk)$ da una estimación de la probabilidad de ocurrencia del nivel gris rk . Una gráfica de esta función para todos los niveles de k provee una descripción global de la apariencia de la imagen, lo cual no proporciona información específica acerca del contenido de la imagen.

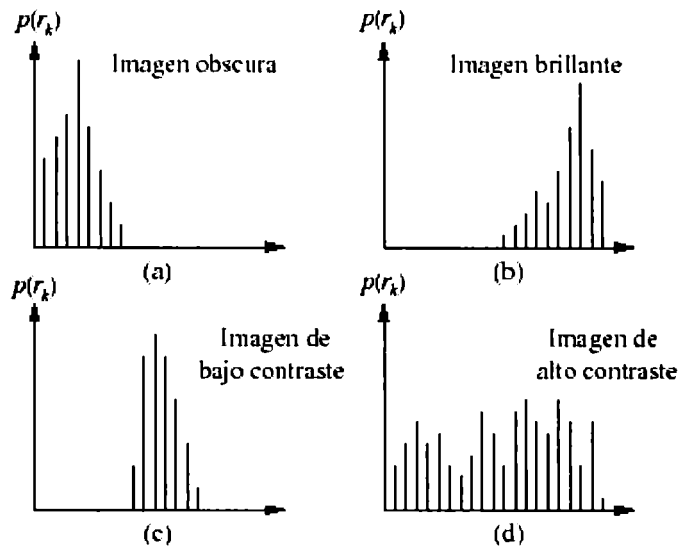


Fig. 2.1) Histogramas correspondientes a cuatro tipos básicos de imágenes

La técnica de nivelación del histograma manipula el histograma de una manera útil. Sea r la variable para representar un nivel de gris, que en una imagen de 8 bits por nivel, tomará valores de 0 a 255. Se han representado los niveles de grises en la imagen modificada por q en la misma amplitud de valores. Entonces la ecuación de transformación es:

$$q = T(r)$$

Donde T es algún operador de transformación. Esto significa que para cada píxel en la imagen original con el nivel de gris r , el píxel con la misma localidad en la imagen modificada estará dado por el nivel de gris $T(r)$.

En la ecualización de histograma, el resultado deseado es que la densidad de probabilidades de q (niveles de grises en la imagen modificada) sea uniforme para toda la amplitud de valores de q . La función de densidad de probabilidades puede obtenerse de los valores del histograma de la imagen original [GAW 1977].

2.4.2 Operaciones Espaciales

Este tipo de procedimiento no solo utiliza la información de un píxel particular de una imagen, sino que también toma la información de aquellos píxeles que se encuentran en un área cercana al mismo, es decir, el entorno del píxel seleccionado ayudará al cálculo de la operación de transformación.

2.4.2.1 Filtro de Media

La forma más sencilla de calcular la media espacial es: sumar el valor del brillo del píxel en cada pequeña región de la imagen dividido por el número de píxeles de su vecindad y utilizar el valor resultante para construir una nueva imagen, esto produce como resultado una imagen con un número menor de niveles de grises [RUS 1995].

Este tipo de método puede reducir el ruido visible en la imagen, pero también produce una falta de definición de los bordes, desfasa los límites y reduce el contraste de la misma.

2.4.2.2 Filtro de Mediana

Este filtro es similar al de media estudiado anteriormente, en donde el píxel filtrado es obtenido a través de la media de los valores de los píxeles adyacentes de la imagen original. Sin embargo, en el filtro de mediana, el valor del píxel filtrado es obtenido por la mediana de los píxeles adyacentes, que son cercanos al promedio. La mediana es mucho menos sensible que la media en valores extremos, lo cual permite eliminar ruidos sin agregar nuevos valores de intensidad a los píxeles originales.

Este filtro cuenta con las siguientes propiedades:

- Es un filtro no lineal. Así para dos secuencias de números $x(m)$ y $y(m)$:
 $\text{Mediana}\{x(m) + y(m)\} \neq \text{Mediana}\{x(m)\} + \text{Mediana}\{y(m)\}$
- Es útil para remover píxeles aislados preservando la resolución espacial.
- Su desempeño disminuye cuando el número de píxeles con ruido en el vecindario es mayor a la mitad del número total de píxeles en la vecindad.

Para realizar una mejor preservación de los bordes de los objetos se puede aplicar la mediana solo a unos cuantos píxeles del entorno cuadrado. Así, una máscara del estilo:

	X	
X	X	X
	X	

preservaría los bordes verticales y horizontales. Si se desea preservar las diagonales se debería utilizar la siguiente máscara:

X		X
	X	
X		X

La mediana presenta el inconveniente frente a los filtros lineales de ser más lenta. Por lo tanto, el criterio general es que si el ruido es Gaussiano y la rapidez es un factor importante se utilizaría la media, y si el ruido es del tipo sal y pimienta o la rapidez no un factor crítico, deberíamos optar por la mediana [DEL 2001] [GAW 1992] [JAI 1989].

2.4.2.3 Estudio comparativo entre el filtro de Mediana y el filtro de Media

- El filtro de media presenta problemas en los bordes.
- El filtro de mediana preserva los bordes. Este hecho es muy importante en el procesado digital de imágenes ya que, debido a las propiedades de la visión humana, los bordes son lo que ofrece mayor información en las imágenes.
- El filtro de media atenúa el ruido aditivo Gaussiano de manera efectiva y la atenuación no depende de la señal.
- El filtro de mediana atenúa ruido aditivo Gaussiano al menos tan bien como el filtro de media, pero la atenuación es dependiente de la señal. Por ejemplo, tiende a formar patrones de escaleras cuando filtramos señales de ruido en forma de rampa.
- En la presencia de ruido Impulsivo, el filtro de mediana es mejor que el filtro de media. En el caso de un impulso simple, el filtro de media propaga el impulso pero reduce la amplitud, mientras que el filtro de mediana elimina totalmente este tipo de ruido.
- El funcionamiento ideal del filtro de mediana se mantiene únicamente cuando se tiene un impulso sobre una señal constante. Por ejemplo, si el impulso está encerrado sobre un borde, se puede eliminar pero al mismo tiempo, el borde se mueve hacia el impulso. Esto es llamado el *efecto jitter*.

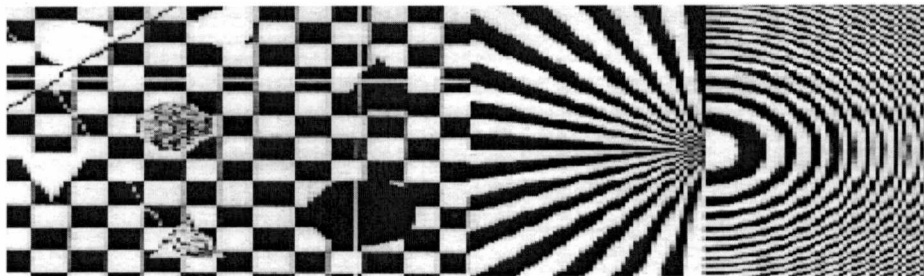


Fig. 2.2) Imagen original

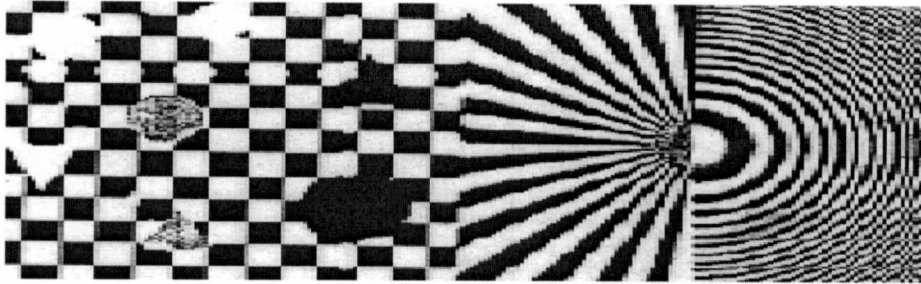


Fig. 2.3) Imagen resultante por el filtro de mediana.

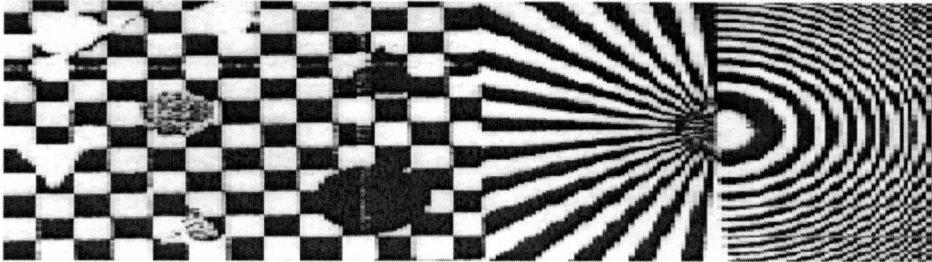


Fig. 2.4) Imagen resultante por el filtro de media.

En las comparaciones entre el filtro de mediana y de media, utilizando una máscara de 5×5 , se obtuvieron los siguientes resultados:

- Como el filtro de media no es capaz de preservar los bordes, y la imagen contiene un gran número de ellos, la apariencia visual total después del filtrado de media es muy borrosa o difusa.
- El resultado del filtrado de mediana presenta una buena definición, pero muchos detalles importantes se pierden.
 - Las esquinas se pierden.
 - Las líneas finas no se pierden pero su lugar original puede quedar con perturbaciones.
- Visualmente, la imagen con el filtrado de mediana es preferible al filtrado de media.

2.4.2.4 Filtro Pasa Bajo

Este tipo de filtro es utilizado para producir un efecto de suavización de la imagen, junto con la reducción del número de niveles de grises de la misma.

Las altas frecuencias que corresponden a las transiciones abruptas son atenuadas. La suavización tiende a minimizar ruidos y origina una imagen menos nítida, con niveles de grises mas difuminados.

Esta clase de filtros, utiliza la media entre sus puntos vecinos para calcular el valor del píxel central.

El filtro más sencillo e intuitivo es el que tiene coeficientes unidad (uno) para todos los elementos [DEL 2001].

2.4.2.5 Filtro Pasa Alto

Este tipo de filtro se utiliza para agudizar una imagen, produciendo el realzado de los detalles de la misma (“sharpering”). Generalmente es utilizado para realzar ciertas características de la imagen como bordes, líneas, curvas o manchas, sin embargo produce un efecto indeseado que es el de enfatizar el ruido que pudiera existir previamente en la imagen.

Este filtro posee características inversas a las del filtro paso bajo, es decir, permite pasar las componentes de alta frecuencia y diluir las de baja. Al igual que el filtro pasa bajo, este también es utilizado en el suavizado de imágenes [GAW 1992] [JAI 1989].

2.4.2.6 Filtro Gaussiano

Este filtro es usado para remover el ruido de una imagen, implementando máscaras que intentan imitar la forma de una gaussiana.

El problema asociado con este filtro es que además de remover el ruido también empaña la imagen y pierde los detalles mas finos [NUB 2001].

2.4.2.7 Filtro Unsharp

Este filtro es un operador de nitidez simple utilizado para realzar los bordes, junto con otros componentes de alta frecuencia en una imagen a través de un procedimiento que resta una versión suavizada o alisada de una imagen a la original.

El filtro Unsharp es un operador basado en ventanas, es decir, se apoya en un núcleo de convolución para realizar el filtrado espacial. Puede ser implementado usando un filtro pasa bajo definido para producir una versión de la imagen suavizada, que es entonces restada de la imagen original para producir una descripción de sus bordes.

La manera más común de implementar este filtro es a través del operador de Laplace negativo para extraer la información de paso alto directamente [GAW 1992] [JAI 1989].

2.4.3 Detección de bordes

La imagen original contiene datos útiles como son los bordes, ya que al delimitar los objetos definen los límites entre ellos y el fondo, como así también con los objetos

entre sí. Las técnicas de detección de bordes tienen por objeto la localización de los puntos en los que se produce una variación de intensidad, utilizando métodos basados en los operadores de derivadas. Básicamente se tienen dos posibilidades: aplicar la primera (gradiente) o la segunda derivada (laplaciana) [DEL 2001].

La detección de bordes es útil en cuanto a la eliminación de ruido, ya que permite realizar una comparación entre los filtros de ruido, observando de una manera mas clara y precisa las cantidades de ruido eliminado por cada algoritmo así como los detalles que fueron degradados en la imagen. Esto se logra gracias a que los detectores de bordes utilizan un umbral para definir si un píxel forma parte de un borde o no; y al tener píxeles con ruido en la imagen se verán reflejados en la imagen generada puesto que ellos toman valores extremos.

2.4.3.1 Operador de Roberts

Este operador se utiliza para el reconocimiento de poliedros sólidos donde las superficies son muy homogéneas y contrastan con el color del fondo de la imagen.

Se trata de un operador en el que se toman máscaras pequeñas de dimensión 2x2, donde una representa la rotación en 90° de la otra, realizando un cálculo con la suma de los cuadrados como la diferencia de los valores diagonales.

Cabe destacar que este operador funciona bien cuando se tiene mucha calidad en las imágenes y no existe distorsión en los segmentos ni puntos aislados. También presenta desventajas, ya que el uso de una máscara tan pequeña lo hace muy sensible al ruido. Así también produce una respuesta desfavorable cuando se trata de los bordes reales, a menos que estos se encuentren muy afilados, en este aspecto es mejor el operador de Sobel [PAV 1982].

2.4.3.2 Operador de Prewitt

Este operador expande la definición de gradiente en un entorno de 3x3 para ser más inmune al ruido [MOL 1998].

2.4.3.3 Operador de Sobel

Este operador le asigna mayor importancia a los píxeles centrales que el operador de Prewitt.

El filtro permite realzar líneas verticales y horizontales más oscuras que el fondo, sin realzar puntos aislados [MOL 1998].

2.4.3.4 Erosión

Ocasiona efectos de erosión de las partes claras de la imagen (niveles de grises altos), creando imágenes más oscuras [NUB 2001].

2.4.3.5 Dilatación

Realiza el proceso de dilatación de las partes oscuras de la imagen (niveles de grises bajos), resultando en imágenes más claras [NUB 2001].

2.5 Restauración de Imágenes

La principal característica de la restauración de imágenes es la eliminación o minimización de las degradaciones de una imagen, incluyendo la mejora del emborronamiento de imágenes distorsionadas producidas por las limitaciones de un censor o de su propio ambiente, y el filtrado de ruido. La restauración de imágenes difiere del realce de imágenes en que esta última se preocupa más por la acentuación o extracción de las cualidades de la imagen que por restaurar sus degradaciones.

Una imagen emborronada viene dada por una expresión del tipo:

$$g(m, n) = f(m, n) * h(m, n)$$

o en el dominio de la frecuencia:

$$G(u, v) = F(u, v) \cdot H(u, v)$$

donde $g(m, n)$ es la imagen emborronada, $f(m, n)$ la original y $h(m, n)$ el filtro pasa bajo causante del emborronamiento o la función de ensanchamiento de un punto (PSF point-spread function).

En el proceso de restauración de una imagen emborronada es necesario conocer la PSF que causó el emborronamiento. Si no se dispone de dicha información la restauración de la imagen emborronada consiste en crear un filtro pasa bajo que aproxime la PSF que produjo el emborronamiento [JAI 1989].

2.5.1 Filtrado Inverso

Si se conoce o se puede saber que causó el emborronamiento de la imagen, la manera más sencilla de repararla es mediante el método de filtrado inverso.

Se conoce como filtrado inverso porque se considera $H(u,v)$ como una función filtro que multiplica a $F(u,v)$ para producir la transformada de la imagen degradada $g(m,n)$. Así, la división de $G(u,v)$ por $H(u,v)$ constituye una operación de filtrado inverso.

Existen dos variantes del método de filtrado inverso: el filtro pseudo-inverso y el procedimiento iterativo.

El filtro pseudo-inverso ofrece una muy buena respuesta en el caso de imágenes sin ruido, sin embargo, en el caso de imágenes que presentan ruido es inviable su utilización.

La otra variante del sistema de filtrado inverso es utilizar un procedimiento iterativo que pueda calcular el valor de $f(m,n)$ basándose en $g(m,n)$ y en sucesivas actualizaciones.

Una de las ventajas de este método es que podemos decidir el número de iteraciones que serán aplicadas y controlar como mejora la imagen paso a paso, y así poder decidir parar el proceso en el mejor momento.

En general el método de procedimiento iterativo otorga peores resultados que el método del filtrado inverso, pero es menos sensible al ruido [MOL 1998].

2.5.2 Filtrado de Wiener

Una de las técnicas más importantes para eliminar el ruido añadido y restaurar el emborronamiento en una imagen es el filtro de Wiener, el cual está basado en una estimación lineal de la imagen original.

Se define una imagen emborronada en el dominio de frecuencia como:

$$G(u, v) = F(u, v) \cdot H(u, v)$$

En el caso de no existir ruido en la imagen, este filtro se comporta exactamente igual que un filtro inverso, aunque existen dos problemas con el filtro inverso. Primero H no es siempre conocida, es decir se supone una función de emborronamiento que haya producido el deterioro en la imagen, pero esto requiere un proceso de prueba y error para corregirla. Segundo, el filtrado inverso falla en algunas circunstancias cuando el H se hace muy pequeño, además las imágenes generalmente contienen algún tipo de ruido, el cual es amplificado por el proceso de reconstrucción del filtrado inverso.

Una mejor solución a este problema es usar el filtro de Wiener, el cual estima el valor de F a partir de la siguiente ecuación.

$$F_{est}(u, v) = \frac{|H(u, v)|^2 \cdot G(u, v)}{(|H(u, v)|^2 \cdot H(u, v) + K(u, v))}$$

Siendo K una constante elegida para optimizar la estimación. Esta ecuación deriva del método de mínimos cuadrados. Como se ha visto anteriormente, la PSF siempre corresponde a un filtro pasa bajo, el cual ha hecho perder las componentes de alta frecuencia de la imagen, provocando una pérdida de información, lo que genera una imagen borrosa [MOL 1998].

2.6 Conclusiones

De las investigaciones realizadas sobre realce y restauración de imágenes se puede concluir que dichos procesos dependen de cada fotografía en particular, del tipo de ruido o degradación que esta posea, como así también de la necesidad que el usuario desee resaltar o restaurar.

Sobre las técnicas de realce de imágenes se observa que cada una de ellas realiza una transformación específica, lo que puede llevar a una degradación sobre otras cualidades de la imagen; un ejemplo de esto sería la aplicación del filtro paso bajo para suavizar el ruido con la consecuencia de emborronar la imagen original.

Con respecto a las técnicas de restauración se concluye que para obtener un resultado óptimo es necesario conocer información relacionada al ruido de la imagen original.

Este estudio será de gran utilidad en los siguientes capítulos, ya sea para la aplicación desarrollada sobre fotografías, como así también en la restauración de películas.

Capítulo 3

Restauración de imágenes por filtrado

3.1 Introducción

En este capítulo se describirá la aplicación que se ha desarrollado como muestra de los diferentes tipos de filtros investigados en el capítulo anterior, permitiendo observar y modificar las diferentes variantes y características que cada uno de ellos posee.

Para la implementación de la aplicación se combinaron dos lenguajes; el Visual Basic con la que se obtiene una interface visual y amigable, y el ambiente MathLab, el cual permite utilizar técnicas avanzadas para el manejo interno de fotografías permitiendo una mayor velocidad de cálculo y tiempos de respuestas inferiores.

Además, este capítulo ha sido desarrollado con el fin de ser una introducción en la investigación de un filtro de restauración de películas, permitiendo dar una perspectiva sobre la utilización de filtros de imágenes en video; pero como se verá mas adelante, las películas no se comportan de la misma manera, ya que estas poseen características adicionales que hacen que los filtros no tengan la misma eficiencia que su aplicación sobre fotografías.

3.2 Resultado de la aplicación.

Se ha seleccionado un conjunto de fotografías que contienen características diversas para evaluar las ventajas y desventajas del sistema de procesamiento de imagen. Los resultados obtenidos surgen de la aplicación de los filtros descritos en el capítulo anterior, los cuales se encuentran agrupados por el tipo de procesamiento a aplicar.

3.2.1 Brillo, contraste y ecualización

La siguiente fotografía ha sido seleccionada debido a las características de los niveles de grises, pues se puede apreciar que estos están localizados en su mayoría en

los extremos, lo que da la perspectiva de una imagen con claros y oscuros bien diferenciados, ocultando los pequeños detalles.



Fig. 3.2) Imagen original



Fig. 3.3) Imagen con brillo alto (0.20) y contraste original

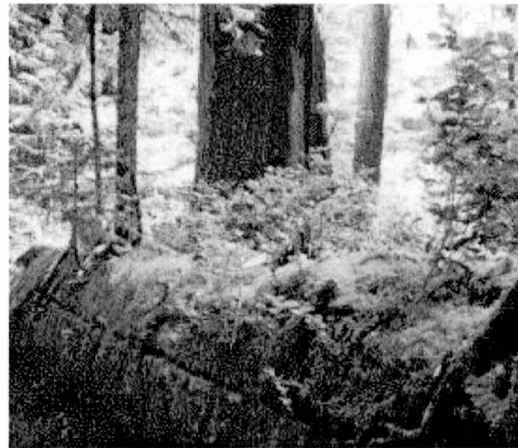


Fig. 3.4) Imagen ecualizada

Luego de elevar el brillo en 0.20 unidades y manteniendo el contraste original sobre la fig. 3.2 se obtuvo la imagen procesada de la fig. 3.3.

Se observa una mejora sobre la fotografía al aumentar el brillo en 0.20 unidades, pero esto depende de la intensidad que se elija en cada caso particular. Para obtener un mejor resultado se puede realizar una ecualización, debido a que este proceso distribuye uniformemente los niveles de intensidad de la fotografía (fig. 3.4), resaltando detalles existentes que en la imagen original se encontraban ocultos por los niveles extremos de grises.

3.2.2 Filtro de Media, Mediana, Gaussiano

Con el fin de observar el funcionamiento del filtro de Media, Mediana y Gaussiano, se ha escogido una imagen microscópica de una muestra de tejido, la cual contiene cierto grado de pixelado en algunas células, distorsionando las diferentes formas. Esto se debe a la falta de definición creada en el proceso de digitalización.

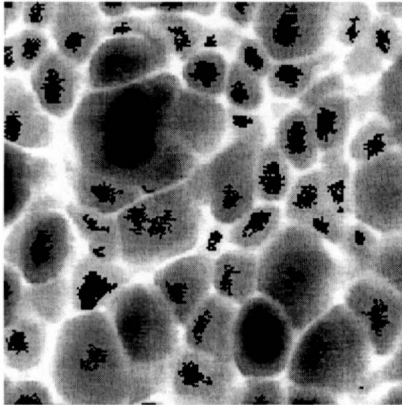


Fig. 3.5) Imagen original

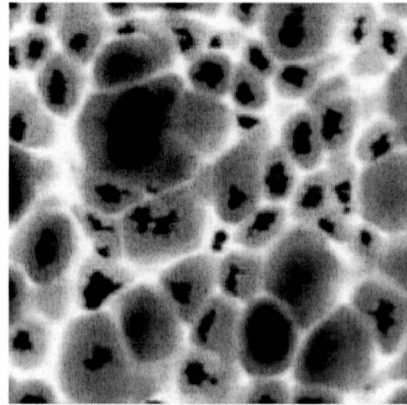


Fig. 3.6) Imagen filtro Media, radio 3.

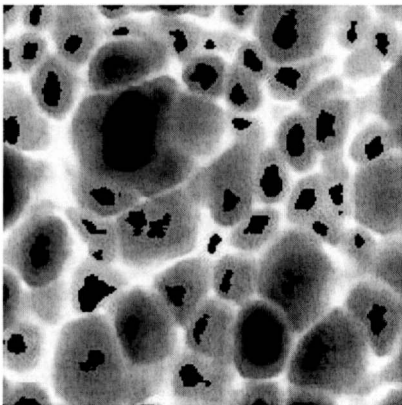


Fig. 3.7) Imagen filtro Mediana, radio 3.

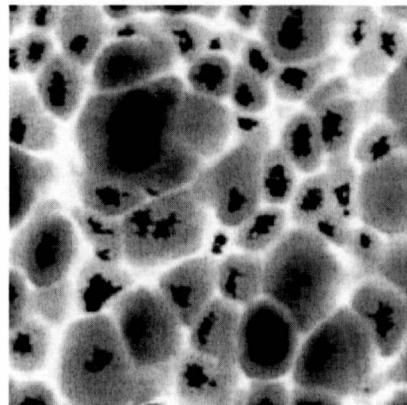


Fig. 3.8) Imagen filtro Gaussiano, $\delta = 0.8$.

Luego de ser aplicado el filtro de Media con radio 3, se puede apreciar que la imagen ha sido atenuada, reduciendo la diferencia de colores en los píxeles mas altos, pero esto trae aparejado el problema de la reducción en la claridad de los bordes que limitan las células, mostrada en la fig. 3.6. La tercera imagen es el resultado del filtro de Mediana con radio 3, donde se ha obtenido una reducción en el pixelado al igual que en el filtro de Media, pero a diferencia de este, los bordes de las células permanecen bien definidos, logrando una imagen de mayor nitidez, fig. 3.7. En la fig. 3.8 se ha aplicado el filtro Gaussiano con desviación estándar de 0.8, el que produce una imagen que con respecto al filtro de Media no presenta diferencias.

3.2.3 Filtro Pasa Alto, Pasa Bajo y Unsharp

Para la aplicación del filtro Pasa Alto, Pasa Bajo y Unsharp se ha utilizado una imagen con tonos de grises claros, pero con poca nitidez sobre los objetos que la componen (monedas), Fig.3.9, y así poder observar en detalle las características que producen dichos filtros.

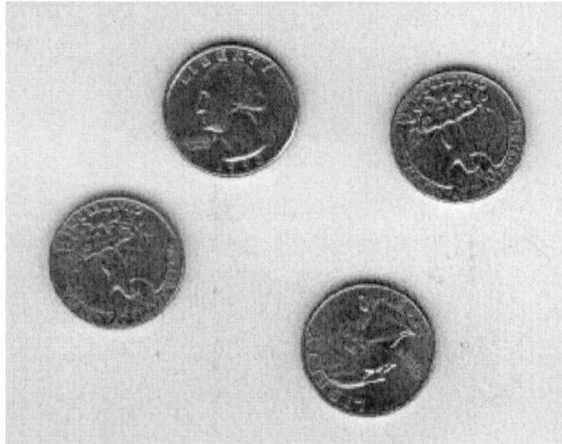


Fig. 3.9) Imagen original

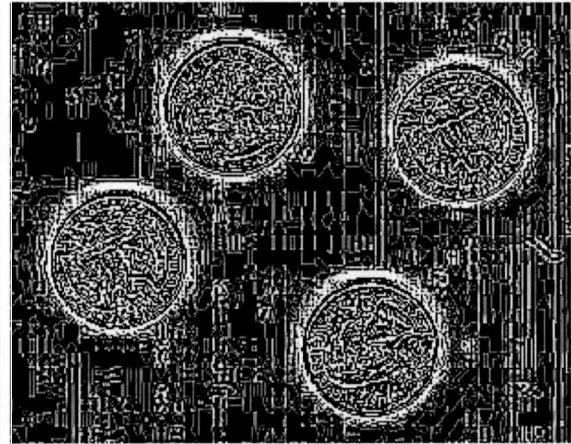


Fig. 3.10) Imagen filtro Pasa Alto

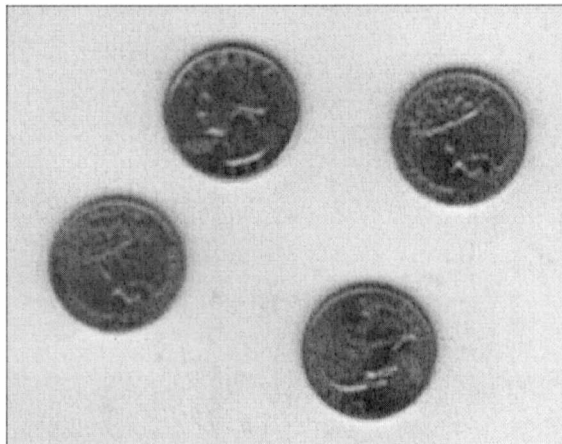


Fig. 3.11) Imagen filtro Pasa Bajo

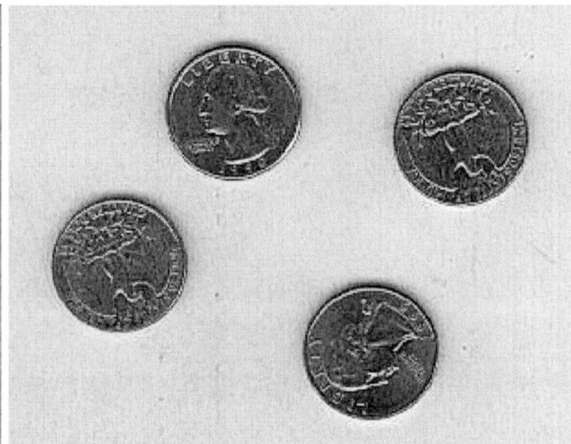


Fig. 3.12) Imagen filtro Unsharp

Como se puede apreciar, el filtro Paso Alto, Fig. 3.10, produce el efecto de negativizar la imagen original; el filtro Paso Bajo, Fig. 3.11, genera como resultado un efecto de suavizamiento y opacamiento de la misma y aunque decrementa el ruido presente, también reduce aun más la nitidez general de la imagen; por último, el filtro Unsharp al ser aplicado realiza una agudización de la imagen, Fig. 3.12, lo que permite

obtener un mayor grado de detalle, mejorando la calidad y nitidez, pero también tiende a generar una mínima ampliación sobre el ruido existente.

3.2.4 Filtro de Robert, Sobel y Prewitt

Como el propósito de los filtros de Robert, Sobel y Prewitt es realzar los bordes de los elementos componentes en una imagen, se ha elegido una imagen microscópica de un tipo de bacteria, donde no se pueden apreciar la forma de los detalles ocultos de su estructura.

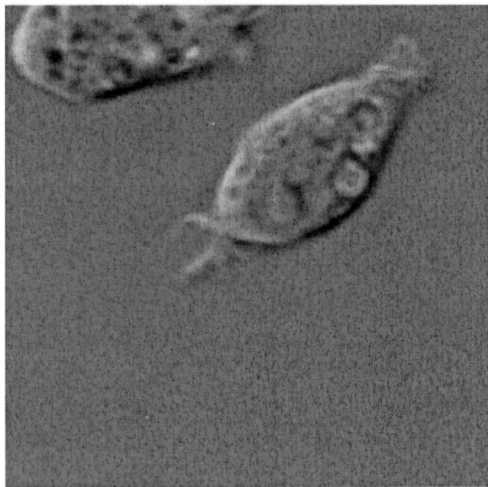


Fig. 3.13) Imagen original

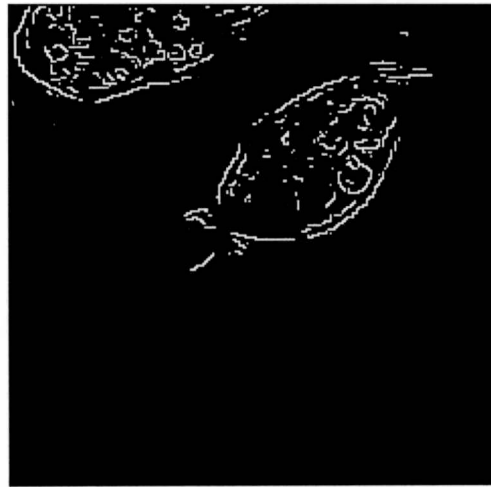


Fig. 3.14) Imagen filtrada Robert, (threshold automático)

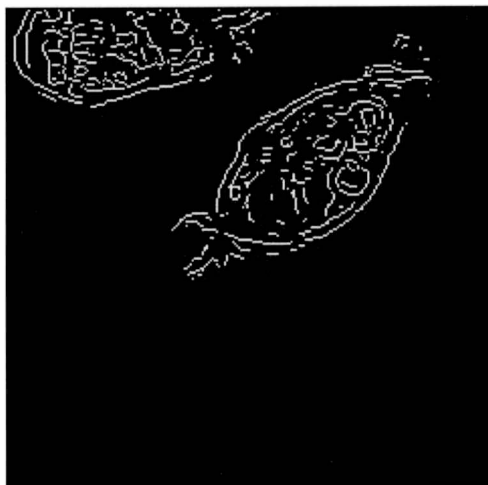


Fig. 3.15) Imagen filtrada Sobel, (threshold automático)

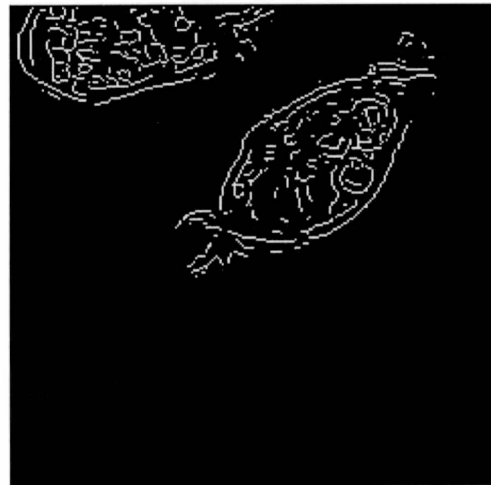


Fig. 3.16) Imagen filtrada Prewitt, (threshold automático)

Se puede apreciar que la imagen filtrada por Robert, Fig. 3.14, genera una suma considerable de bordes y líneas discontinuas, por lo que de este filtro se puede concluir

que no otorga un resultado satisfactorio; en cambio las imágenes filtradas por Sobel y Prewitt, Fig. 3.15 y Fig. 3.16, producen una imagen similar pero con una mejor definición de bordes y líneas, obteniéndose un detalle mas completo de la estructura de la misma.

3.2.5 Filtro de Erosión y Dilatación

Con el fin de realizar pruebas con el filtro de Erosión y Dilatación se ha optado por una imagen microscópica que contiene glóbulos sanguíneos, presentando un nivel de nitidez bajo, con alto nivel de ruido.

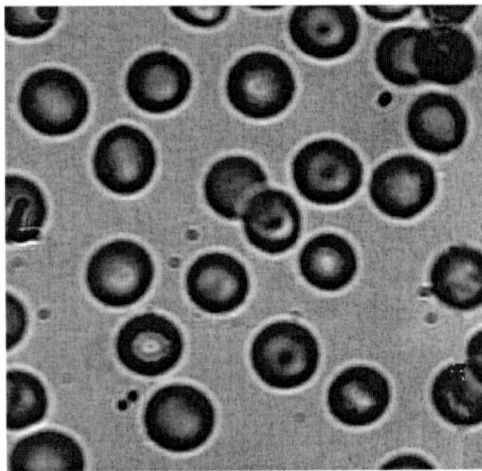


Fig. 3.17) Imagen original

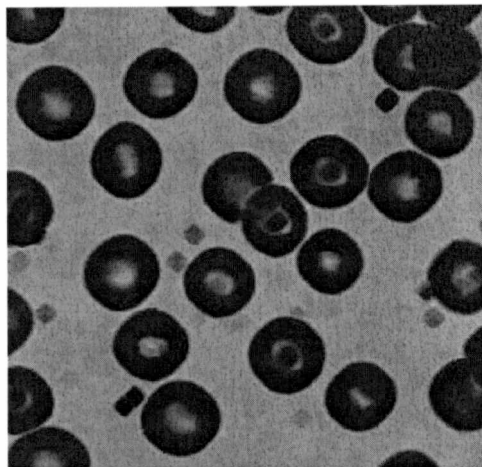


Fig. 3.18) Imagen Erosión, elem. estruc. diamante tam. 3

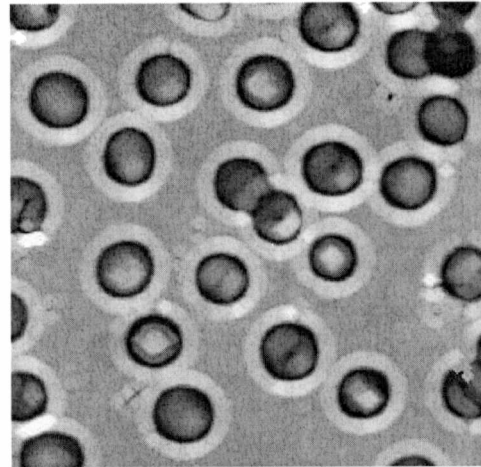


Fig. 3.19) Imagen Dilatación, elem. estruc. diamante tam. 3

Al aplicar el filtro de Erosión sobre la imagen original, Fig. 3.17, con un elemento estructural tipo diamante de tamaño tres(3), Fig. 3.18, se nota que esta tiende a transformar en más agudas las zonas oscuras, ampliando el nivel de ruido, como así también su nitidez; en cambio al aplicar Dilatación, Fig. 3.19, se observa un aumento en la claridad de las zonas claras propiamente dicha, disminuyendo la nitidez de la imagen en forma apreciable.

3.2.6 Filtro Inverso y Wiener

Para analizar el funcionamiento del filtro Inverso, se ha tomado la siguiente fotografía, Fig. 3.20, a la cual se le ha agregado un proceso de emborronamiento, Fig.3.21.



Fig. 3.20) Imagen original



Fig. 3.21) Imagen emborronada



Fig. 3.22) Imagen filtro Inverso

El resultado del filtro Inverso, se puede apreciar en la Fig. 3.22, la cual muestra que este filtro no obtiene un resultado satisfactorio ya que este filtro no funciona de manera adecuada sobre imágenes que contengan un alto nivel de ruido, como en este caso.

Para el filtrado por Wiener, se ha seleccionado la siguiente fotografía, Fig. 3.23, a la cual se le ha aplicado una máscara para simular el efecto de fuera de foco de una cámara fotográfica, Fig. 3.24.

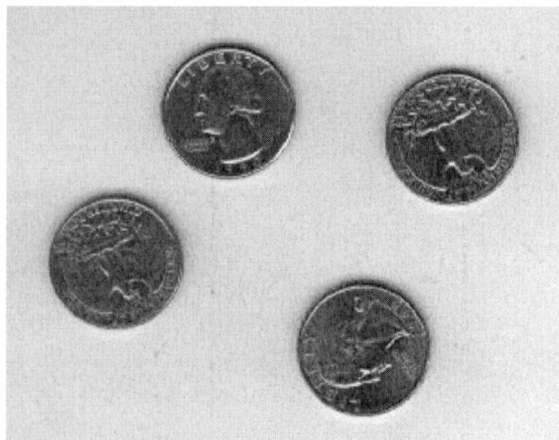


Fig. 3.23) Imagen original

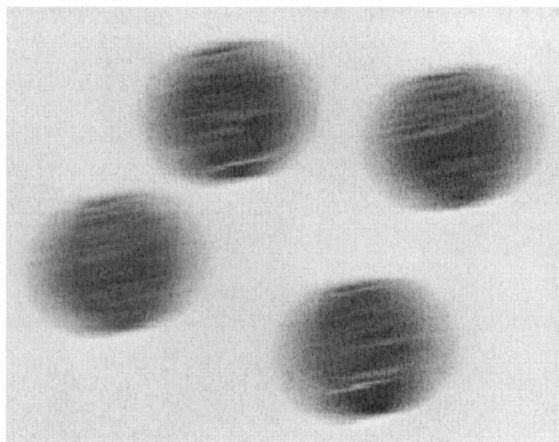


Fig. 3.24) Imagen fuera de foco

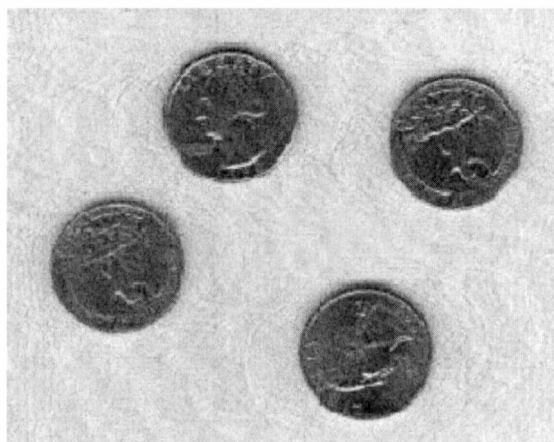


Fig. 3.25) Imagen filtrada por Wiener.

El resultado de la aplicación del filtro de Wiener, mostrado en la Fig. 3.25, podría considerarse como satisfactorio, ya que ha podido corregir la distorsión provocada por el fuera de foco, pero agregando cierto ruido de fondo que la imagen original no contenía, como así también la falta de definición de los bordes.

3.3 Conclusiones

El desarrollo de la aplicación para el filtrado de imágenes permite tomar conciencia de la magnitud y eficacia de cada uno de los filtros en situaciones reales, como así también de las desventajas que cada uno de ellos posee en determinadas situaciones.

Por otra parte, el diseño de la aplicación ha sido una buena experiencia para el desarrollo de conocimientos sobre el lenguaje MathLab, el cual es ideal para el manejo de este tipo de aplicaciones, generando resultados eficientes desde el punto de vista del costo computacional, junto con la facilidad de uso del lenguaje Visual Basic para el desarrollo de la interface del sistema.

Es importante remarcar que para que una imagen sea restaurada en forma eficaz, es prioritario examinarla previamente para obtener toda la información que sea posible, a fin de realizar la elección correcta del filtro a aplicar y los posibles parámetros a asignar a cada tipo de filtro, esta es una de las partes más difíciles de este tipo de procesos.

Además, se aprecia la importancia de este tipo de aplicaciones no solo para la restauración de imágenes, sino también para otro tipo de procesos relacionados con la toma de datos, reconocimiento de objetos y patrones existentes en una imagen, los cuales podrían ser utilizados en una gran variedad de aplicaciones, como por ejemplo astronomía, medicina, industria y demás disciplinas que necesitan del uso de filtros sobre imágenes para la obtención de resultados específicos.

Este capítulo ha sido de suma importancia en el desarrollo del trabajo, permitiendo la utilización de estos conocimientos para el tratamiento de películas, el cual es el siguiente tema a desarrollar.

Capítulo 4

Estimación y compensación del movimiento

4.1 Introducción

Se presentará un estudio de los métodos y procesos asociados a la restauración de películas, los cuales se diferencian de las fotografías e imágenes fijas por el movimiento continuo que ellas poseen y que hacen que una secuencia de imágenes proyectadas a una determinada velocidad, genere en el ojo humano sensación de movimiento continuo.

El desarrollo de métodos eficientes para calcular el movimiento y la estructura a partir de secuencias de imágenes, es una de las áreas de mayor investigación en el campo de la restauración de imágenes y películas, teniendo una amplia gama de aplicaciones en otras áreas (Medicina, Arquitectura, Ingeniería, etc.). La importancia de este proceso se encuentra fundamentalmente en la modelización del movimiento real de los objetos de una película, con el objetivo de poder restaurar los objetos que se encuentran degradados de la misma.

La estimación del movimiento se define como el proceso de describir el movimiento de un objeto que esta ubicado en el mundo tridimensional a partir de su proyección bidimensional en una secuencia de imágenes. En este caso esta información puede ser utilizada para restaurar zonas degradadas de una imagen basándose en las imágenes que se encuentran en su cercanía. La idea de estimar el movimiento se utiliza como una forma de predecir el movimiento real que sufren los objetos de una secuencia de imágenes. Esta predicción puede ser representada por la posición actual del objeto y un vector que indica donde esta el objeto en la imagen de referencia, con esta información se puede predecir hacia donde se desplazan los objetos en la secuencia [NUN 1994].

La estimación se encuentra muy ligada a la compensación posterior, lo que a veces hace difícil de separarlas en el momento de hablar de restauración.

La recuperación del campo de movimiento es una de las tareas esenciales de la restauración de imágenes y películas, tratando de extraer información a partir de una secuencia de imágenes. Sin embargo, el único dato disponible es la variación espacial y temporal del patrón de brillo de la imagen. De ellas es posible obtener una aproximación del campo de movimiento denominado flujo óptico. El campo de movimiento y el flujo óptico son iguales sólo en el caso de que las variaciones

espaciales del patrón de brillo correspondan a características estructurales de las superficies [VPO 1989].

Básicamente hay dos formas de determinar el movimiento a partir de secuencias de imágenes, el método de los gradientes y el método de segmentación.

4.2 Método de los gradientes

El método de los gradientes espacio-temporales consiste en determinar los cambios (gradientes) espaciales y temporales del patrón de grises de la imagen y a partir de ellos obtener el flujo óptico. Este método tiene como base el hecho de que en los cambios de intensidad de la imagen está contenida la información del movimiento de los objetos, por lo que genera un campo vectorial muy denso (un vector por píxel) que resulta muy útil en algunas aplicaciones. Sin embargo, este método es muy sensible al ruido en las imágenes y no puede determinar el flujo bajo ciertas circunstancias.

En la mayor parte de los algoritmos de interpretación de secuencias de imágenes, es necesario obtener el flujo óptico y la mayoría de ellos hace uso de la ecuación restringida del flujo óptico, que relaciona el flujo óptico (u, v) con los gradientes o variaciones espacio-temporales del brillo de la imagen (E_x, E_y, E_t) :

$$E_u + E_v + E_t = 0$$

pero esta ecuación contiene dos incógnitas (u, v) , por lo que no es posible obtener una única solución a partir de ella. No puede ser determinada la componente del movimiento perpendicular al gradiente del brillo, y tampoco puede ser determinada en los casos de zonas de igual brillo (iso-brillo). Esto se conoce con el nombre de “problema de apertura” [HOS 1981], [VPO 1989].

La determinación del flujo óptico requiere por tanto otra condición adicional a la establecida en la ecuación anterior. Esta condición puede ser definida en el sentido que los cambios en el flujo óptico deben ser suaves. Es decir, no hay cambios bruscos en el movimiento entre puntos cercanos de la imagen.

En función de ello, la determinación del flujo óptico por gradientes requiere, en primer lugar la determinación de los gradientes temporales y espaciales de la secuencia de imágenes y luego la determinación del flujo óptico mediante un proceso iterativo que involucra los valores de flujo óptico obtenidos en instantes previos y de posiciones diversas dentro de la imagen.

Debido a las condiciones expuestas anteriormente y a los requerimientos que este método posee, se ha decidido poner énfasis en el siguiente método descrito a continuación.

4.3 Método de segmentación

La segmentación de las imágenes consiste en identificar una serie de características locales (objetos, bloques, líneas, etc.) en una imagen de forma tal que cada píxel en la misma se relacione únicamente con alguna de estas características, para obtener las correspondencias con otra imagen y, por último, determinar los movimientos que se producen entre las dos imágenes. Estas técnicas no generan un campo vectorial muy denso, lo cual puede ser un problema para ciertas aplicaciones, además es una ventaja para otras, donde se busca la simplicidad. Tiene el inconveniente de que su complejidad crece con el número de particularidades con que cuenta la imagen. Al resultado de la segmentación se la denomina “partición” [SCH 1995].

De cualquier forma se debe considerar que la segmentación no tiene un fin último en sí mismo, sino que es un proceso intermedio en el procesamiento de la restauración que nos servirá como base en el proceso de estimación y compensación de movimiento.

Para obtener una segmentación útil en el procesamiento, es necesario un proceso de regulación el cual se realiza mediante la introducción de condiciones a la segmentación, derivadas del campo de aplicación al cual va dirigida. Además, se tendrá en cuenta los requisitos y condiciones que el campo de aplicación impondrá a la segmentación, analizando sus principales ventajas y desventajas.

4.3.1 La segmentación como base para la estimación y compensación del movimiento

Como se indicó anteriormente la segmentación tiene como objetivo específico el de asistir a las tareas de estimación y compensación de movimiento que se realizarán sobre la secuencia de imágenes que conforman la película que va a ser restaurada.

Derivadas de esta aplicación, las condiciones que se impondrán serán las siguientes:

- 1) La segmentación tiene que favorecer la estimación y compensación de los objetos en la escena, ya que esto permitirá una mejora en la calidad de la imagen restaurada. Una partición adecuada en este sentido es aquella que logre dividir la imagen en regiones tales que cada una representará un objeto o parte de un objeto de la escena que experimentase un movimiento susceptible de ser estimado.
- 2) La información concerniente al proceso de la segmentación no tiene que ser excesiva, es decir, se prestará especial atención a la posibilidad de aumentar la eficiencia de técnicas que generalmente suponen costosos procesos iterativos, procurando mantener las características relevantes de las segmentaciones obtenidas.

- 3) La escalabilidad, entendida como la capacidad de representar el contenido de la imagen con diferentes grados de resolución, permitiendo establecer los parámetros que sean convenientes, controlando de una forma sencilla el número final de bloques o regiones obtenidas mediante la segmentación.

4.3.2 Tipos de segmentación

Los métodos para la determinación del movimiento por segmentación separan la imagen en partes y luego calculan el movimiento de cada una de estas partes entre las diferentes imágenes de la secuencia.

A diferencia de los métodos de determinación de movimiento por gradientes espacio-temporales, los métodos de determinación por segmentación de imágenes son mucho más variados. Sin embargo, se pueden establecer tres métodos básicos:

- 1) Algoritmos de segmentación en líneas que extraen el contorno de los objetos, modelan éstos como segmentos de líneas y determinan los parámetros de movimiento sobre la base del desplazamiento de los segmentos entre las sucesivas imágenes [GUS 1996], [ZHA 1995].
- 2) Algoritmos de segmentación en bloques que modelan las imágenes dividiéndolas en rectángulos de tamaños variables que se adaptan a áreas de nivel de gris o color más o menos homogéneo. El movimiento se determina sobre la base del desplazamiento de los centros de los rectángulos entre las sucesivas imágenes [SCH 1995].
- 3) Algoritmos de segmentación de grupos (clusters) que modelan las imágenes como áreas amorfas adaptadas a áreas de la imagen de características más o menos homogéneas en cuanto a color, nivel de gris o textura. El movimiento se determina sobre la base del desplazamiento de los centros “de masa” de cada una de las áreas correspondientes entre dos imágenes consecutivas [KOS 1994].

Tal y como se mencionó con anterioridad, los algoritmos de segmentación generan un campo vectorial de flujo óptico poco denso: un vector por línea, bloque o grupo. Es posible asignar el mismo vector a todos los píxeles dentro de un cuadro o área, pero es una generalización que puede no ser útil en todos los casos. También estos algoritmos tienen el problema de que son computacionalmente muy exigentes. Los procesos de búsqueda de correspondencias entre segmentos, bloques o áreas de una imagen a otra no son sencillos. Además, cuando una imagen está compuesta por múltiples objetos, las segmentaciones suelen ser numerosas y, por tanto, el cálculo es extremadamente laborioso.

4.4 Estimación del movimiento por ajuste de bloques

Los algoritmos por ajuste de bloques determinan para cada una de las regiones o bloques rectangulares de $M \times N$ de la imagen actual, aquellos bloques de idénticas dimensiones sobre una imagen anterior, los cuales se encuentran situados en una área cercana de la misma localización espacial de cada bloque y que se ajustan mas correctamente de acuerdo a un determinado criterio de ajuste o selección. Este área cercana se denomina área de búsqueda y sus dimensiones determinan el rango de los vectores de desplazamiento. La siguiente figura muestra un área de búsqueda de tamaño $(M + 2p) \times (N + 2q)$ de la muestra, siendo el rango de los vectores de movimiento de $[\pm p, \pm q]$ de la muestra.

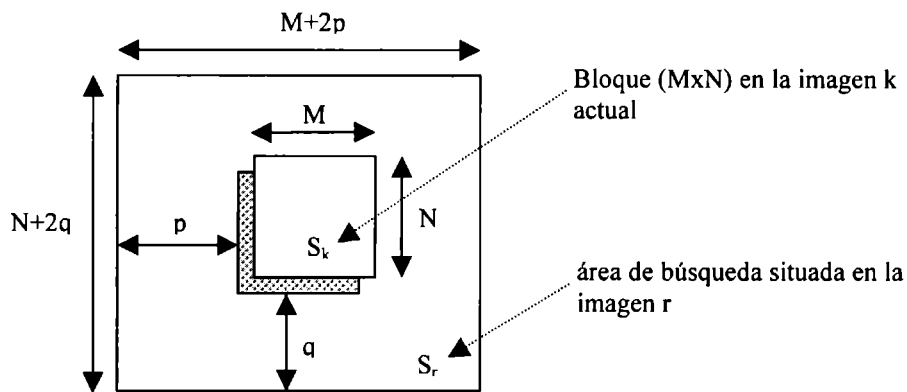


Fig. 4.1) Área de búsqueda (tamaño $(M+2p) \times (N+2q)$) en un ajuste de bloques, rango de movimiento $[\pm p, \pm q]$.

Existen muchos criterios de selección o ajuste con diferentes grados de complejidad computacional y de implementación, por lo tanto, los más utilizados son aquellos que introducen una menor complejidad computacional. Entre ellos se destacan aquellos basados en la minimización de una medida del error medio basada en valores de luminancia de las muestras en la imagen actual ($I(x,y,k)$) y en una imagen de referencia ($I(x,y,r)$), todos ellos responden a la siguiente expresión genérica:

$$D(u,v) = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N g[I(m,n;k) - I(m+u,n+v;r)]$$

$$-p \leq u \leq p ; -q \leq v \leq q$$

Donde g es el criterio de selección elegido, alguno de los cuales se describen a continuación. La búsqueda exhaustiva del mínimo o máximo absoluto de los criterios de selección utilizados es una estrategia que asegura el resultado, aunque el costo

computacional es bastante elevado, también se han hecho investigaciones sobre otros algoritmos de búsqueda.

4.4.1 Diferencia de media absoluta (MAD)

La diferencia de la media absoluta (MAD) es uno de los criterios de selección por bloques más utilizados, debido a su bajo costo computacional. Los píxeles de cada bloque son comparados y sus diferencias sumadas, como se describe en la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |A[p, q] - B[p, q]|$$

Donde A y B son dos bloques de igual tamaño $n \times m$. $A[p, q]$ es el valor del píxel en la fila p , columna q del bloque A.

El menor valor de diferencia es utilizado para la búsqueda, por ello el bloque candidato con mínimo MAD será el elegido. Esta función es también llamada error medio absoluto (MAE) [SOR 1999].

4.4.2 Diferencia de Mínimos Cuadrados (MSD)

Esta función es similar a la diferencia de la media absoluta (MAD), excepto que la diferencia entre píxeles es elevada al cuadrado antes de la sumatoria, como se describe en la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (A[p, q] - B[p, q])^2$$

Donde A y B son dos bloques de igual tamaño $n \times m$. $A[p, q]$ es el valor del píxel en la fila p , columna q del bloque A.

La diferencia de mínimos cuadrados es usualmente llamada error cuadrático medio (MSE) y su menor valor de diferencia será utilizado en la búsqueda [SOR 1999].

4.4.3 Diferencia de Clasificación de Pel (PDC)

Esta función compara la diferencia de cada píxel de los bloques con un valor límite (umbral), como se describe en la siguiente ecuación:

$$\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [\text{ord}(A[p, q] - B[p, q] \leq t)]$$

Donde t es el umbral elegido y la función $\text{ord}(\text{exp})$ retorna uno(1) si exp es verdadero o cero(0) en caso contrario. Esta función es utilizada cuando las condiciones de comparación pueden variar a lo largo de la búsqueda, variando el umbral en forma arbitraria [SOM 1998].

4.5 Métodos de búsqueda de ajuste por bloques

Existen distintas formas de buscar un bloque determinado con los demás bloques que componen el área de búsqueda, esta búsqueda esta determinada por la forma de recorrer dicha área la cual influirá en el tiempo de procesamiento utilizado para el reconocimiento del mismo; a continuación se describirán algunos métodos para realizar dicha búsqueda.

4.5.1 Método exhaustivo

El método de estimación exhaustivo realiza una comparación de un bloque de tamaño $M \times N$, con todos los demás bloques de tamaño $M \times N$ que pertenecen al área de búsqueda, eligiendo el bloque que se considere el mejor ajuste sobre la base de un criterio de selección o función de costo. Suponiendo una precisión de una muestra, el número de ajustes que se ha de realizar en la figura 4.1 es de $(2p + 1) * (2q + 1)$.

Este método obtiene teóricamente la mejor estimación que se puede realizar mediante el esquema de ajuste de bloques, pero tiene una gran desventaja que es su alto costo computacional, lo que representa un problema muy importante en secuencias de imágenes grandes.

En este trabajo se utilizó este método para encontrar el mejor ajuste de bloques y realizar la mejor restauración posible, aunque el costo computacional sea considerablemente alto, y considerando que es un problema experimental, se puede mejorar dicho costo con técnicas de procesamiento paralelo, parcializando la comparación de un bloque con el área de búsqueda.

4.5.2 Método OTS

La idea principal de este método es restringir la búsqueda de determinados puntos del área de búsqueda, sin tener que examinar todos los puntos que componen dicha área.

Los métodos de búsqueda no exhaustivos son algoritmos heurísticos que intentan minimizar el valor de alguna función objetivo (función de costo) a través de comprobaciones cercanas a una estimación de la solución. La idea es buscar en una dirección, en la cual se supone se encuentra el mejor ajuste (mínimo de la función de costo). Como existe el riesgo de no encontrar la solución óptima, este proceso se realiza en forma iterativa, después de cada paso de minimización se comprueba el nuevo valor de la función de costo, finalizando el proceso cuando se ha alcanzado un mínimo de dicha función. Estos métodos consiguen una importante reducción del costo computacional a cambio de una peor eficacia en el ajuste.

El método OTS (one at a time search) es un algoritmo bastante sencillo de búsqueda que incrementalmente busca horizontalmente el mejor ajuste, posteriormente, utilizando la nueva posición horizontal como una coordenada fija, busca verticalmente el mejor ajuste. Este método orthogonaliza la búsqueda bidimensional en dos búsquedas unidimensionales [SOM 1998].

Este proceso puede no detenerse después de realizar una búsqueda horizontal y una vertical y continuar iterativamente el proceso hasta que ya no se consigue un nuevo mínimo. La figura 4.2 muestra un ejemplo de cómo funciona este método en una función de costo convexa de dos variables.

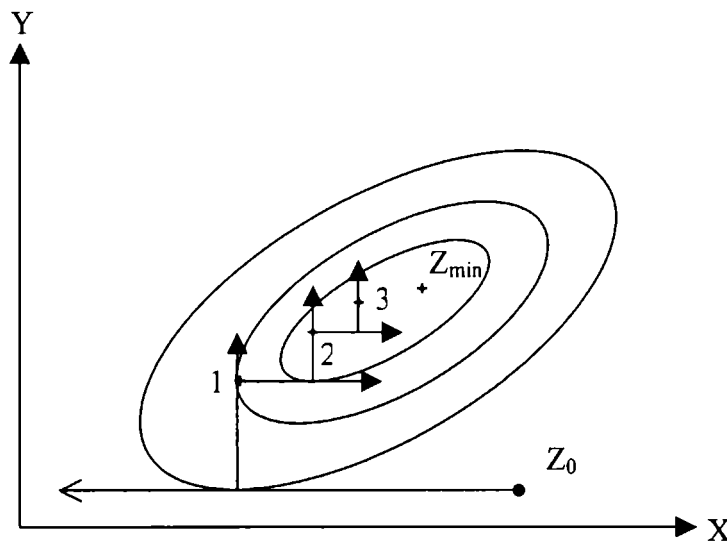


Figura 4.2) Estimación del movimiento por ajuste de bloques con OTS iterativo.

4.5.3 Método jerárquico

Este método utiliza un algoritmo de búsqueda piramidal (o jerárquica) sobre toda la imagen. El ajuste de bloques se realiza en varios pasos o niveles sucesivos en los que se involucran unas posiciones (vectores de movimiento) predeterminadas en el área de

búsqueda, tomando en cada nivel el mejor ajuste de bloques de los realizados en el mismo.

Si tomamos el método jerárquico de dos niveles, asumiendo una precisión de media ($\frac{1}{2}$) muestra en los vectores de movimiento, el primer nivel busca el mejor ajuste solo en unas posiciones predeterminadas situadas a una distancia de C medias muestras en dirección horizontal y a una distancia de F medias muestras en dirección vertical, siempre empezando a contar a partir del vector $[0;0]$. En el segundo nivel se realiza un refinamiento a la máxima precisión ($\frac{1}{2}$ muestra) de todas las posiciones de un subárea centrada en el mejor ajuste del nivel anterior, y rodeada por los puntos mas cercanos del primer nivel. El mejor ajuste del segundo nivel será el vector de movimiento final [SOM 1998].

En la figura 4.3 se tiene un ejemplo de un método jerárquico en un área de búsqueda de $[\pm 5,0 ; \pm 2,5]$ muestras y con una precisión del vector de movimientos de media($\frac{1}{2}$) muestra en cada dirección. Este método tiene en su primer nivel una distancia entre ajustes de 1,5 y 1 muestra en cada uno de los ejes respectivamente, y en el segundo nivel una distancia de 0,5 muestra en cada eje. A este método jerárquico se lo denomina Jerar[3;2] (se indica en unidades de máxima precisión del vector en cada eje; en este caso en unidades de $\frac{1}{2}$ muestra).

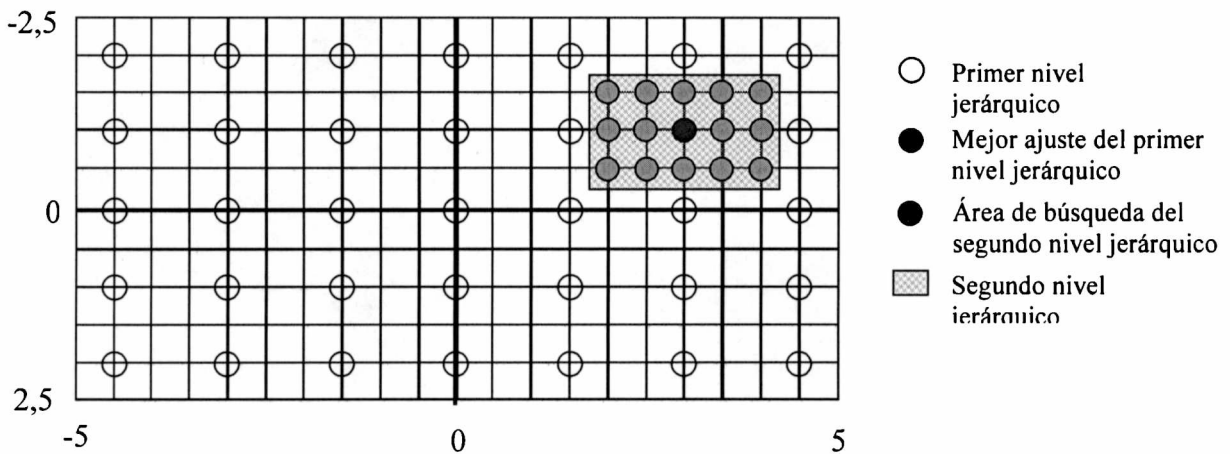


Figura 4.3) Estimación del movimiento por ajuste de bloques jerárquico Jerar[3;2] en un área de búsqueda de $[\pm 5,0 ; \pm 2,5]$ muestras con precisión de $\frac{1}{2}$ muestra.

4.5.4 Costo computacional

Los métodos de búsqueda estudiados anteriormente tienen un alto costo en tiempo de calculo a cambio de mejorar la calidad de la secuencia de imágenes.

El método de estimación que presenta un mayor costo computacional es el exhaustivo, llegando a utilizar mas del 80% del tiempo de CPU en una simulación con un ordenador secuencial, este porcentaje depende mucho del tamaño del área de búsqueda de la precisión del vector de movimiento. En el lado opuesto esta el método

OTS, que requiere muy pocas operaciones en comparación con el método exhaustivo, pero a cambio de perder efectividad.

4.6 Modelo de movimiento por bloques

El estudio del movimiento sobre secuencias de video es un trabajo muy complejo debido a que está directamente relacionado con el tipo de secuencias utilizadas en el mismo. Un estudio completo debería comenzar por la modelización del movimiento. Sobre la base de los estudios realizados solo se han obtenido modelos incompletos y muy ligados al tipo de movimiento de casos concretos, se supone que esto se debe a la elección de una serie de secuencias que se cree, son representativas de todo el universo pero que en realidad no contemplan todos los casos posibles de movimiento en una secuencia de imágenes, debido a que estos son demasiados. Por este motivo la literatura sobre estimación y compensación del movimiento esta llena de resultados que a primera vista parecen correctos y fiables, pero que al ser observados en detalle son engañosos y solo reflejan la visión de una perspectiva en particular.

El modelo de movimientos por bloques asume que la imagen puede estar compuesta por dos tipos de movimientos que se describen a continuación, ambos necesitan un solo movimiento por bloque y no son muy eficientes en procesos como el zoom, movimientos rotacionales y deformaciones.

4.6.1 Movimiento simple en traslación

El movimiento de cada bloque consiste en una traslación directa, es decir, sea B uno de los bloques de tamaño $N \times M$ en el frame k centrado en $n = (x_1, y_2)$ modelados con desplazamiento del mismo tamaño a el frame $k+1$, siendo d_1 y d_2 las coordenadas de desplazamiento. Por lo tanto, el movimiento se calcula simplemente encontrando una correlación entre bloques en los frames k y $k+1$. Esto es posible ya que no existe superposición de píxeles dentro del bloque en el frame $k+1$. En la figura 4.4 tenemos un ejemplo de este de tipo de movimiento [SOR 1999].

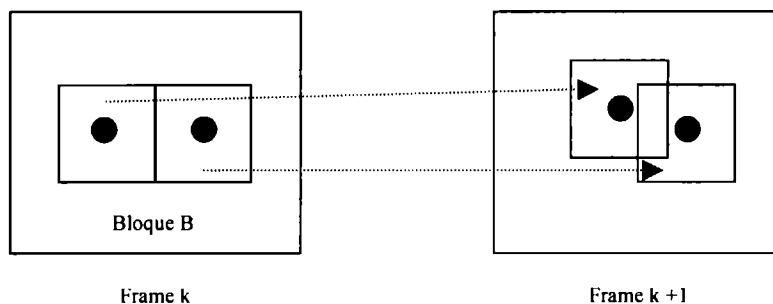


Fig. 4.4) Movimiento sin superposición de píxeles en bloques

4.6.2 Movimiento con deformación 2D en los bloques

A diferencia del caso anterior, aquí existe una superposición de píxeles de dos bloques luego de calcular su movimiento, en este caso se calcula el movimiento promedio en la región de solapamiento [SOR 1999].

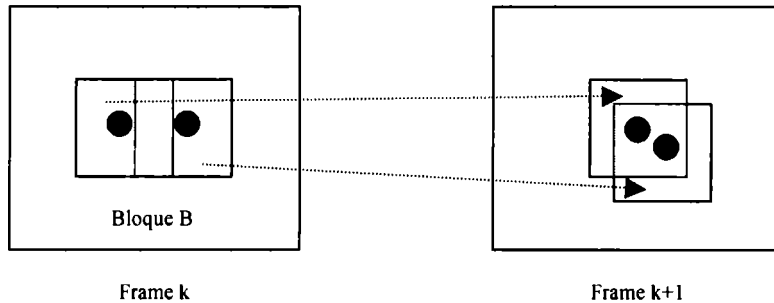


Fig. 4.5) Movimiento con superposición de píxeles en bloques

4.7 Cálculo del vector de movimiento

Una vez que el bloque original ha sido encontrado en el bloque destino se deberá calcular el vector de movimiento, el cual describe la localización del bloque original en el frame anterior con referencia al bloque destino en el frame actual. La localización del bloque similar en el frame anterior puede ser diferente a la localización del bloque destino en el frame actual. La diferencia relativa en posiciones es conocida como vector de movimiento.

Si el bloque destino y el bloque original son encontrados en la misma posición en sus respectivos frames entonces el vector de movimiento que describe su diferencia será un vector nulo o cero. En caso contrario, el vector de movimiento contendrá la posición detallada en el frame anterior del bloque destino del frame actual.

4.8 Compensación de movimiento

La compensación de movimiento de una imagen de la secuencia $I(k)$ consiste en la generación de una imagen intermedia $\hat{I}(k)$, a partir de los datos de una o varias imágenes en la secuencia (imágenes de referencia), junto con el movimiento sufrido en los píxeles de $I(k)$ respecto a estas imágenes de referencia. La imagen intermedia $\hat{I}(k)$ se denomina imagen compensada o estimada, debido a que constituye una estimación de la imagen original $I(k)$.

El proceso de compensar requiere el conocimiento de dos tipos de información; las imágenes de referencia y la información de movimiento asociada a los puntos de la imagen $I(k)$ que se desea compensar.

En este caso, el número de imágenes de referencia involucradas en la compensación se reduce a una. A esta imagen se le asigna el identificador temporal r , por lo que será la imagen $I(r)$.

La información de movimiento necesaria para la compensación presenta las siguientes características:

- Para cada píxel de coordenadas $(x, y; k)$ de la imagen $I(k)$, el movimiento se describe a través de un vector $v'(x, y; k)$ de coordenadas $(v_x(x, y; k), v_y(x, y; k))$.
- Este vector nos indica el punto de la imagen de referencia $I(r)$ ($r < k$) a partir de cuya intensidad se obtiene la predicción del valor de intensidad del píxel de coordenadas $(x, y; k)$ en $I(k)$. Esta predicción se identifica como $\hat{I}(k)$

Por lo tanto, la determinación de la predicción de un píxel responderá a la siguiente expresión:

$$\hat{I}(x, y; k) = I(x - v_x(x, y; k), y - v_y(x, y; k); r) \quad (4.7)$$

El conjunto de todos los vectores de movimiento asociados a los píxeles de una imagen $I(k)$ se denomina “campo denso de vectores”, el cual se representa por $v_{I(k)}$ [CUE 1998].

Por lo tanto para realizar la compensación en forma correcta sobre $I(k)$ será necesario recorrer todos los bloques de dicho frame junto con su información de movimiento asociada.

4.8.1 Compensación de movimiento hacia atrás

La generación de la imagen compensada $\hat{I}(k)$, estimación de la imagen actual $I(k)$, se realiza a partir del conocimiento de un bloque de dicha imagen y de su movimiento asociado $v_{I(k)}$. La compensación así definida contendrá el valor compensado de cada píxel de $I(k)$, quedando unívocamente definido a partir de la segmentación y del movimiento. La característica fundamental de este tipo de compensación es permitir la reconstrucción directa del campo denso de vectores $v_{I(k)}$. Para cada punto $(x, y; k)$, la predicción $\hat{I}(x, y; k)$ se obtiene siguiendo la expresión (4.7).

4.8.2 Compensación de movimiento hacia delante

Aquí, la compensación de movimiento se realiza empleando información del movimiento de los bloques que forman parte de la imagen de referencia $I(r)$ posterior a la actual. La información de movimiento se representa como $v_{I(r)}$ y permitirá determinar para cada punto de la imagen de referencia, cual será su posición en la imagen compensada $\hat{I}(k)$.

La compensación hacia delante se plantea como un problema no unívocamente definido pues, partiendo de datos iguales para realizar la compensación (bloque y vector de movimiento), es posible generar diferentes imágenes compensadas, este problema surge por el hecho de que únicamente se conocen las proyecciones bidimensionales de los objetos de la escena y por consiguiente, de las proyecciones sobre la imagen del movimiento real de los objetos de la escena.

4.8.3 Compensación de movimiento bidimensional

La generación de la imagen compensada $\hat{I}(k)$, es realizada combinando los dos modos de compensación presentados anteriormente, con lo cual cada bloque de $\hat{I}(k)$ utiliza la información del bloque de la imagen anterior $I(k-1)$ y la imagen posterior $I(k+1)$ y sus correspondientes vectores de movimiento [CUE 1998].

De esta forma se permite obtener una mejor definición de la imagen compensada $\hat{I}(k)$, pero se debe utilizar la información de dos imágenes en lugar de una para realizar la compensación, con su correspondiente uso de recursos computacionales.

Este método es más eficaz y preciso que los anteriores, debido a que utiliza la información de movimiento del frame anterior y posterior al actual, por lo que el frame estimado $\hat{I}(k)$ se calcula en base a información real del frame $(k-1)$ y $(k+1)$, lo cual es muy útil para compensar los bloques o secciones del frame que tienen movimientos o solapamientos, permitiendo obtener un mejor resultado que los métodos anteriores.

4.9 Conclusiones

De las investigaciones realizadas se puede concluir que el método de segmentación permite determinar el movimiento a partir de una secuencia de imágenes de una forma más eficiente que el método de los gradientes, pues este último presenta dos incógnitas a resolver, con lo cual no se obtiene una única solución

En cuanto al criterio de selección por bloques, no existen diferencias apreciables en cuanto al resultado obtenido entre los métodos descritos, pero la diferencia de la media absoluta (MAD) aventaja al resto desde el punto de vista de su bajo costo computacional.

Respecto a los tres(3) métodos de búsqueda por ajuste de bloques estudiados, se puede afirmar que el proceso de búsqueda exhaustivo, a pesar de su alto costo computacional, obtiene el mejor resultado posible. Por otro lado los métodos restantes disminuyen el costo computacional como así también la eficiencia de la búsqueda.

En cuanto a la compensación de movimiento, es evidente que la compensación bidimensional obtiene un mejor resultado, ya que utiliza la información de sus dos frames adyacentes aumentando con esto su costo computacional.

Debido a que este trabajo esta orientado a lograr la mayor calidad de restauración de las secuencias de imágenes, dejando en un segundo plano el costo computacional, se han seleccionado para la estimación y compensación de movimiento los siguientes métodos:

- Para la determinación del movimiento el método de segmentación.
- Para el criterio de selección por bloques se utilizará la diferencia de la media absoluta (MAD).
- Para la búsqueda por ajuste de bloques el método exhaustivo.
- Para la compensación del movimiento el método bidimensional.

Capítulo 5

Tratamiento de películas en blanco y negro

5.1 Introducción

En este capítulo se analizará la estructura y las diferentes características que poseen las películas a restaurar, como así también los inconvenientes y detalles inherentes al proceso de restauración.

En un primer paso se aplicarán las técnicas de realce y restauración de imágenes sobre secuencias de video, tales como: Ecuilización, Aumento de brillo y contraste, filtro Unsharp, de Media, de Mediana y Pasa Bajo. Este estudio se ha realizado con el fin de analizar la posible aplicación de dichos filtros para la restauración o mejora de los frames de las películas. Los resultados obtenidos no han sido satisfactorios debido a las características adicionales que poseen las películas con respecto a las fotografías. Lo que ha obligado a tomar un camino diferente para la búsqueda del objetivo.

Posteriormente, se describirá el desarrollo de un “nuevo esquema” para la restauración de películas, el cual tomará las características propias de las películas, como son el tiempo y la velocidad de reproducción. Dicho esquema consta de varias etapas:

- La detección de escenas de una película; proceso que detecta a través de un umbral los cambios bruscos entre frames, creando grupos de frames que se denominan escenas.
- Filtro para la eliminación de ruido sobre secuencias de video, el cual utiliza la función matemática Mediana y la característica temporal que poseen las películas para la realización del proceso.
- Búsqueda y detección de ruido y movimiento de los diferentes objetos que han sufrido cambios en una escena como consecuencia del proceso de filtrado de Mediana temporal.
- Aplicación de un método de estimación y compensación de movimiento, con el fin de reestablecer las modificaciones detectadas en la etapa anterior.
- Por ultimo, se debe modificar la secuencia filtrada para eliminar objetos generados en la etapa de compensación, sin reintroducir manchas

Se plantearán los diferentes inconvenientes y obstáculos encontrados para lograr la restauración de la película y las condiciones necesarias para que el proceso sea exitoso, analizando en detalle los fundamentos que lo comprenden, así como también las principales ventajas e inconvenientes que presenta.

5.2 Definiciones básicas

Las secuencias de video consisten en una sucesión ordenada de imágenes que representan la evolución temporal de una escena captada por una cámara. El orden de las imágenes responde a los instantes de tiempo en que estas han sido adquiridas, siendo el intervalo de tiempo entre la adquisición de dos imágenes sucesivas Δt un valor cuyo inverso define el número de imágenes capturadas por unidad de tiempo (frame rate).

Asumiendo $I(t)$ como la imagen en el instante actual t , las imágenes anterior y posterior en la secuencia corresponden a $I(t-\Delta t)$ e $I(t+\Delta t)$ respectivamente. Para simplificar la notación, las referencias a las imágenes se realizarán empleando índices enteros k , Fig.5.1(a). De esta forma siendo $I(k)$ la imagen actual, $I(k-1)$ la imagen anterior e $I(k+1)$ la imagen posterior. [MOR 1999]

Además, las coordenadas de los puntos de las imágenes se representarán respecto a los ejes x,y , Fig.5.1(b), conteniendo siempre valores positivos cuyo origen se encuentran en el vértice inferior izquierdo de la imagen. Otro parámetro característico es la dimensión de la imagen representada, siendo N_f el número de filas y N_c el número de columnas.

El valor de intensidad de un punto de la imagen es otro parámetro fundamental, el cual se encuentra representado mediante la notación $I(x,y;k)$, la cual expresa el valor de intensidad correspondiente al píxel de coordenadas (x,y) de la imagen $I(k)$.

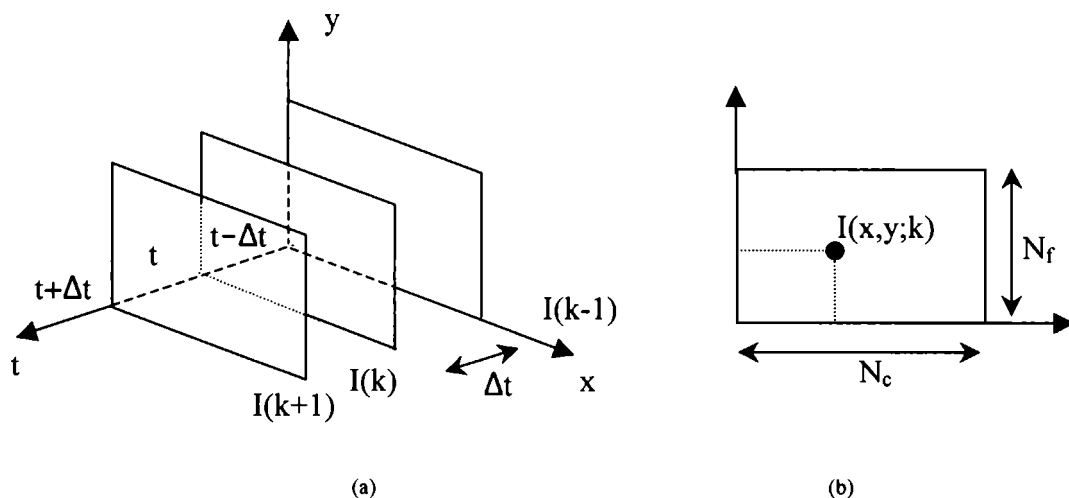


Fig. 5.1) Representación del sistema de referencia y coordenadas para una secuencia de imágenes

5.3 Métodos de restauración y realce de fotografías aplicados a películas

Como se ha expresado anteriormente, las películas están formadas por una sucesión de imágenes o frames que se suceden a determinada velocidad; estos frames pueden ser tratados como imágenes individuales a los cuales se les pueden aplicar los filtros y procesos utilizados en las fotografías para el realce y restauración de su calidad. A continuación se describen en detalle dichos procesos.

5.3.1 Aplicación de métodos de realce de fotografías a películas

Con el objetivo de evaluar los diferentes efectos que producen los procesos de realce de fotografías, se ha seleccionado una secuencia de película para poder aplicar el filtro Unsharp, la ecualización y el aumento de brillo y contraste. Las siguientes figuras muestran un frame con las transformaciones que se produjeron por el paso de los métodos de realce.

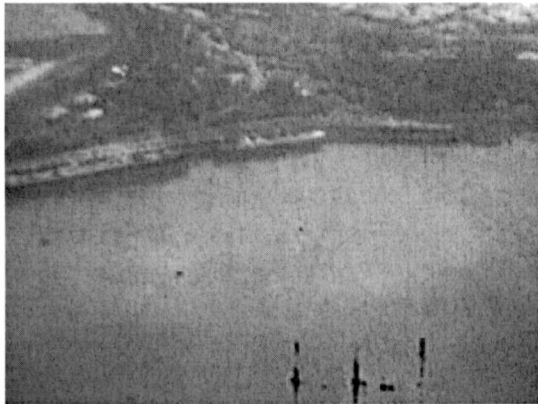


Fig. 5.2) Frame original.

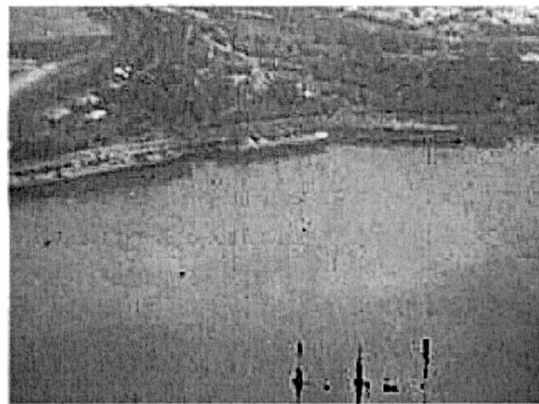


Fig. 5.3) Frame filtro Unsharp con $\gamma = 0.5$.



Fig. 5.4) Frame ecualizado.



Fig. 5.5) Frame brillo = 0.3 y contraste = 0.15.

La Figura 5.3 muestra la aplicación del filtro Unsharp, donde se puede apreciar una mejoría en la nitidez del frame, pero además ha aumentado el nivel de ruido en forma considerable. Al observar el procesamiento en la ejecución de la película, es notorio el cambio de luminosidad, lo que empeora la calidad visual, como así también el aumento del ruido y la pérdida de bordes correspondientes a los objetos que componen la secuencia.

La Figura 5.4 corresponde a un frame perteneciente a la ecualización de la película, donde se observa una disminución notoria y el deterioro de la calidad visual, obviamente esto se agudiza aun más al visualizar el proceso de ecualización sobre todo el film.

La Figura 5.5 contiene un frame al que se le ha elevado su brillo en 0.30 unidades y el contraste en 0.15 unidades. Se puede apreciar la pérdida visual de los elementos que componen el frame y esto se prolonga a lo largo de toda la película procesada.

De las pruebas realizadas, se puede deducir que los tres filtros de realce de fotografías no funcionan en forma adecuada sobre las películas seleccionadas, pues perjudican la calidad visual, aumentan el ruido considerablemente, producen una degradación sobre los bordes y disminuyen la nitidez de los objetos.

5.3.2 Aplicación de métodos de restauración de fotografías a películas

Luego del estudio realizado sobre los diferentes métodos de imágenes desarrollados en los capítulos anteriores, se ha decidido aplicar estos métodos en los frames de una película. Al observar detenidamente dichos frames se han encontrado una amplia variedad de ruidos, manchas, sombras y otros aspectos concernientes al deterioro de la película sufrido a causa de los diferentes agentes que tienden a la degradación de la misma, los cuales se han descrito en el primer capítulo. Este es un aspecto que tiende a hacer más compleja la difícil tarea de la restauración.

Los distintos tipos de manchas y ruidos pueden ser de varias clases, constantes o variables en el tiempo y como estos pueden cambiar rápidamente entre los diferentes frames, se hace difícil detectar el tipo de filtro a aplicar para cada frame en particular.

Para mostrar esta dificultad, se ha decidido tomar como ejemplo un frame de una película que contiene un deterioro particular y de difícil restauración.



Fig. 5.6) Frame con mancha producida por la acumulación de humedad.

En la zona inferior derecha de este frame, se puede apreciar un fenómeno producido por la acumulación de humedad, conteniendo el resto del frame una calidad visual aceptable. La mancha afecta a una importante área del mismo, por lo que la aplicación de cualquier filtro o proceso para eliminarla afectará a la totalidad de la imagen.

Para verificar esta dificultad, se ha decidido aplicar sobre este frame tres filtros correspondientes a fotografías: Media, Mediana y Pasa Bajo. Por lo visto anteriormente, este tipo de mancha se corresponde con un ruido Impulsional, el cual puede ser eliminado o disminuido mediante la aplicación de dichos filtros.

Con la supuesta idea que podrían tener algún efecto positivo en la eliminación o disminución de la mancha en forma sustancial, se han aplicado estos filtros sobre el frame y los resultados de estas pruebas se muestran a continuación.



Fig. 5.7) Frame filtro Media, radio 3.



Fig. 5.8) Frame filtro Mediana, radio 3.



Fig. 5.9) Frame filtro Pasa Bajo.

Se puede deducir que los tres frames procesados con los diferentes filtros no han eliminado la mancha, simplemente la han atenuado o disminuido en una mínima proporción, además han deteriorado o modificado la calidad del resto de la imagen, con lo cual se concluye que este tipo de manchas no puede ser procesado con algún tipo de filtro de restauración de imágenes, por lo que se deberá encontrar o desarrollar otro tipo de filtro o proceso que trabaje en forma diferente con relación a los filtros investigados hasta este momento, permitiendo la disminución o eliminación del ruido presente sin deteriorar las partes de la imagen que no contengan ruido.

Por último se ha decidido aplicar una ecualización y un aumento de contraste a esta imagen con el objeto de verificar si a través de estos procesos, la mancha más importante tiende a desaparecer, pero lamentablemente estas transformaciones afectan en forma considerable al resto del frame y la disminución en la intensidad de la mancha ha sido en un nivel mínimo.

En la imagen a la cual se le ha aplicado el proceso de ecualización, es posible apreciar la distribución entre los distintos niveles de grises, lo cual contribuye en una mínima proporción a la desaparición de la mancha, pero modificando en forma sustancial la calidad visual de todo el frame. En el frame con aumento del contraste también se observa una mínima disminución de la mancha, persistiendo aun en toda su forma, por lo cual tampoco se logra un resultado óptimo.

Los resultados de estas pruebas se muestran en la figura 5.10 y 5.11.



Fig. 5.10) Frame ecualizado.



Fig. 5.11) Frame con aumento del contraste.

5.3.3 Problemas e inconvenientes detectados

En la búsqueda de un método que permita mejorar la calidad visual de una película, se ha tomado una sucesión de diferentes frames que contienen poca nitidez, oscuridad, manchas y ruidos no deseados, a los cuales se le han aplicado filtros utilizados normalmente en las fotografías, pero a pesar de que a veces se obtuvo buenos resultados en algunos frames, en otros no era satisfactorio. Esto se debe a que todos estos frames están conectados en el tiempo y al observar la película filtrada, vemos demasiados cambios entre los frames, lo que contribuye a distorsionar la película original. Estas distorsiones o cambios bruscos se producen debido a que cada frame es tratado con un método aplicable a fotografías en forma individual, sin tener en cuenta ninguna otra información de los frames adyacentes a él, lo cual no permite tener información o patrón de referencia entre varios frames en el tiempo.

Se puede notar que los diferentes tipos de manchas y ruidos encontrados en estos frames no siempre pueden ser tratados con un filtro de fotografía conocido, debido a que el tipo de mancha o ruido que poseen, no se pueden eliminar o disminuir con los filtros tratados hasta el momento, lo cual hace dudar sobre la eficacia de estos métodos para el procesamiento de secuencias de imágenes.

Además, existen frames que pueden tener manchas o ruidos que no son continuos en el tiempo, es decir, pueden aparecer en alguno de ellos y no en los adyacentes, con lo cual el método de restauración que se debería aplicar dependería fuertemente del tipo de ruido que cada cuadro posea, y la identificación de que ruidos o manchas contienen, no se podría realizar en forma automática, tornándose demasiado difícil la etapa de reconocimiento del tipo de ruido y la posterior aplicación del filtro específico para dicho ruido sobre todos los frames de la película a restaurar.

Por lo visto anteriormente, se puede concluir que los filtros de fotografías no funcionan siempre de una manera adecuada en los frames de las películas, por lo tanto, se debería comenzar a pensar en la necesidad de diseñar algún filtro especial que

incluya las características de tiempo, es decir que al recorrer toda la secuencia de frames, por cada uno de ellos se aplique un filtro que utilice la información de cada píxel del frame actual, junto con la de los frames que se encuentran en su adyacencia para obtener el valor del píxel del frame filtrado y poder mantener la relación temporal que existía entre los frames originales antes de comenzar el proceso.

5.4 Filtro de Mediana Temporal

Debido a las dificultades existentes en la aplicación de los filtros de realce y restauración de fotografías explicadas anteriormente, sería conveniente comenzar a pensar en extender las propiedades de filtros de imágenes, como lo son el filtro de Media y Mediana. Dicha ampliación ha de ser desde el punto de vista temporal, es decir estos filtros deberían tener la capacidad de utilizar la información que contienen los frames adyacentes (anterior y posterior) a él.

5.4.1 Diferencias entre el filtro de Media y Mediana temporal

En el estudio comparativo entre el filtro de Media y Mediana realizado en el capítulo 2, se pueden observar las ventajas y desventajas de cada uno de los filtros, por lo cual se ha decidido seleccionar a la mediana como función matemática para el filtro temporal, ya que esta preserva los bordes y disminuye el ruido Impulsional y Gaussiano.

5.4.2 Algoritmo Mediana Temporal

El algoritmo se basa en el principio de cálculo de mediana entre un píxel del frame actual, un píxel del frame anterior y un píxel del frame posterior, permitiendo mantener una relación temporal entre los valores de los puntos de los tres frames, es decir se utiliza la información que contienen los píxeles de sus frames adyacentes. Dicho proceso se realiza sobre todos los píxeles que conforman un frame, como así también para todos los cuadros que componen la película a restaurar.

Es posible ampliar este concepto con la utilización de más de dos frames adyacentes para el cálculo de la mediana, es decir, por cada frame de la escena, se calcula la mediana entre el valor de cada píxel del frame actual, con el píxel de los dos frames anteriores y el píxel de los dos frames siguientes, de esta manera se aumenta el rango de valores a utilizar y con esto la información temporal que contiene el píxel. La cantidad de frames tomados para realizar el proceso se conoce con el nombre de ventana.

El primer frame de la escena presenta un inconveniente práctico debido al hecho de no tener otro frame anterior con quien poder calcular la mediana, por lo que una

posible solución a esto sería duplicar el frame inicial en una cantidad de ventana dividido dos(2), agregando estos al comienzo de la secuencia para que puedan hacer un cálculo válido de la mediana entre el original y el resto. Este mismo problema se presenta en el último frame de la escena y la solución sería la misma que lo anteriormente expuesto.

5.4.3 Ejecución del algoritmo

Luego de implementar el algoritmo y ser aplicado en una secuencia de una película con una ventana igual a 3 (frame anterior, actual y siguiente para el cálculo de la mediana), se observa que el resultado es ampliamente satisfactorio, manteniendo la calidad de la imagen y eliminando ciertas manchas o ruidos no deseados, exceptuando en aquellas zonas donde las manchas tienen una alta intensidad y donde aún se puede apreciar ciertos vestigios de las mismas.

El resultado obtenido es muy alentador, aunque podría decirse que no es óptimo, por ello se ha decidido continuar probando con el mismo criterio, pero esta vez, aumentando el valor de la ventana en un número de frames igual a cinco(5), de modo de obtener mayor información para el proceso de mediana.

Una vez modificado el tamaño de la ventana, se ha aplicado el algoritmo en la misma secuencia de la película, pero esta vez las manchas que no habían sido eliminadas con la ventana de tres(3) han desaparecido completamente sin crear diferencias con el fondo del frame. Además, se mantuvo una buena calidad de imagen, sin degradar las zonas que no contenían manchas ni ruidos, con lo cual se ha solucionado en cierta forma uno de los principales problemas de las películas, las manchas aleatorias que estas contienen.

El fragmento de película seleccionado anteriormente presentaba una diferencia de luminosidad notoria entre cada par de frame, es decir, la imagen continua se veía muy cambiante. Luego de aplicar el algoritmo se puede apreciar una mejora en la luminosidad, ya que disminuyó los picos de intensidad en cada uno de los píxeles que conforman los frames, permitiendo una mejor estabilización de la luminosidad de todos los cuadros de la película.

En un último paso, se ha decidido ampliar la ventana del filtro a siete(7), pero el resultado que se obtuvo no fue mejor que el anterior, pues aunque se han eliminado los ruidos y manchas, se ha generado emborronamiento, degradando en cierta forma la calidad visual del film.

Las siguientes figuras muestran un frame de una película procesadas con el algoritmo Mediana Temporal, con ventana 3, 5 y 7.



Fig. 5.12) Imagen original de un frame de película con manchas.



Fig. 5.13) Imagen filtro de mediana temporal de longitud 3.



Fig. 5.14) Imagen filtro de mediana temporal de longitud 5.



Fig. 5.15) Imagen filtro de mediana temporal de longitud 7.

Como se puede observar, la figura 5.13 contiene la imagen aplicando el filtro de mediana temporal de longitud 3, este filtro a eliminado casi la totalidad de la mancha, quedando un leve vestigio en las zonas más intensas de la misma, sin dañar la nitidez del resto de la imagen. En la figura 5.14 se observa que se ha eliminado todo rastro de la mancha, mediante la aplicación de este filtro con ventana 5. En la figura 5.15 se aprecia la imagen obtenida aplicando el filtro con ventana 7, la cual también ha eliminado la mancha en su totalidad pero en ella se puede distinguir cierta degradación de los bordes de los objetos que la componen, lo que afecta a la calidad visual de la misma.

Con el fin de comprobar la efectividad del algoritmo en otras películas, se ha decidido tomar otra secuencia de frames con características distintas a la anteriormente vista, aplicando el algoritmo con ventana 3, 5 y 7.

La siguiente figura contiene un frame con un tipo de mancha bien definida, oscura y bastante notable, junto con una mancha más pequeña, las cuales se pueden apreciar en el recuadro de la Figura 5.16. En este caso la nitidez de la imagen no es tan buena como en el ejemplo anterior, por lo que se ha decidido utilizar esta imagen para

comprobar que el algoritmo no produzca un deterioro excesivo en la nitidez de la imagen en general y mantenga la capacidad de eliminar las manchas en forma suave.



Fig. 5.16) Imagen original de un frame de película con manchas. Fig. 5.17) Imagen filtro de mediana temporal de longitud 3.



Fig. 5.18) Imagen filtro de mediana temporal de longitud 5.

Fig. 5.19) Imagen filtro de mediana temporal de longitud 7.

En la Figura 5.17 se muestra el resultado de la aplicación del algoritmo Mediana Temporal con ventana 3, el cual ha eliminado la totalidad de la mancha pequeña, y si bien la mancha mayor ha disminuido su intensidad, quedan aun rastros de ella. En la Figura 5.18 se ha aplicado el algoritmo con ventana 5 obteniendo el resultado esperado, es decir, la supresión total de la mancha sin modificar el resto del frame. Por último, la Figura 5.19 muestra la aplicación del filtro con ventana 7, en la que se puede observar que la mancha ha desaparecido y a diferencia del ejemplo anterior, la imagen no ha sido degradada fuertemente, esto se debe a que esta película prácticamente no tiene movimientos en la imagen, por lo tanto la mediana no ha sufrido grandes variaciones y por lo cual se obtiene un film con una calidad visual aceptable.

A partir de los estudios realizados se puede concluir que el mejor resultado es obtenido al aplicar el algoritmo de Mediana Temporal con ventana 5, ya que este

elimina las manchas y ruidos existentes permitiendo obtener un buen resultado visual de la película sin producir deterioros o emborronamientos.

5.4.4 Problemas detectados en el procesamiento

El primer problema en la búsqueda del algoritmo fue detectado en los límites de los conjuntos de frames similares desde el punto de vista de los objetos, del fondo y las variaciones que estos puedan llegar a tener, produciendo diferencias de valores de intensidad de los píxeles del último frame de un conjunto de frames con respecto a los píxeles del frame inicial del siguiente conjunto. Por lo tanto, la mediana de los frames límites genera como resultado un frame totalmente degenerado de la película original, lo cual hace pensar que la solución a este problema consiste en encontrar un procedimiento o algoritmo encargado de dividir la película en conjuntos de frames similares, lo que permitirá aplicar el algoritmo de Mediana Temporal a rangos de frames definidos previamente, utilizando de esta manera solo la información concerniente a cada conjunto de frames de la película.

Como se puede apreciar, este algoritmo elimina las manchas en forma efectiva bajo ciertas condiciones, como pueden ser movimientos suaves de los objetos y la cámara. Sin embargo, se han detectados algunos inconvenientes con ciertas partes de los objetos del interior de la película, en especial, cuando la sucesión de frames contiene elementos que se mueven rápidamente, como así también cuando el paneo de cámara es muy violento. Esto produce un emborronamiento sobre los elementos involucrados en los movimientos, pudiendo llegar al extremo de desaparecer si el objeto es muy pequeño o delgado; por ejemplo, una línea podría desaparecer completamente. Este inconveniente se debe a la falta de compensación de movimiento.

5.5 Detección de Escenas

Con el fin de encontrar una solución al primer problema asociado al procesamiento de películas, se ha decidido la construcción de un algoritmo que detecte las diferentes escenas que componen el film, entendiéndose como escena a una sucesión de frames consecutivos que tienen características similares exceptuando aquellas zonas donde se produce movimientos o cambios sobre los objetos que la conforman. Es importante poder detectar estas escenas antes de realizar el proceso de filtrado, ya que permite tener limitado el rango de frames a los cuales se puede aplicar algún proceso en forma uniforme a estos frames, sin tener en cuenta los frames que correspondan a otras escenas, los cuales pueden introducir información errónea en el proceso de Mediana Temporal.

Luego de examinar detenidamente los frames que componen una escena de una película, se puede apreciar que cada par de frames tienen una diferencia mínima entre

los píxeles que componen estos frames, es decir, solamente algunos objetos del frame a procesar se mueven o desplazan sobre el frame siguiente, pero el resto del mismo permanece prácticamente sin alteraciones; en cambio cuando estamos en presencia de dos frames que forman el final de una escena y el comienzo de otra, las diferencias que se pueden observar entre ambos son importantes.

5.5.1 Algoritmo de detección de escenas

Con el objetivo de detectar la cantidad de frames que forman parte de cada escena, se ha decidido utilizar la media de los píxeles que componen el frame como valor de referencia del mismo, es decir, el algoritmo se basa en el cálculo de la diferencia de las medias entre el frame actual y el siguiente de todos los frames que componen la película, si este valor es menor a una constante (umbral de referencia que depende de la película y es arbitrario), el frame siguiente corresponde a la escena actual, caso contrario el frame siguiente formara parte de una nueva escena.

La elección de la media como función matemática se debe a la rapidez y simpleza que la misma posee a nivel computacional, lo que permite obtener un rápido resultado de la misma, sin tener que utilizar excesivos recursos que son necesarios en las distintas etapas de la restauración.

Debido a la importancia que tiene la detección de escenas para el éxito del filtrado, los valores del umbral de referencia dependerán fuertemente del tipo y características de la película, en especial existirán ciertos inconvenientes en aquellas imágenes con luminosidad inestable o movimientos continuos, ya que esto produce que la media de dos frames de la misma escena produzcan resultados superiores al umbral asignado, lo que generaría varias escenas pequeñas por cada escena visualmente reconocida por la percepción humana. En el caso de que esto suceda, el algoritmo de Mediana Temporal no tomara todos los frames que correspondan a la escena real (percepción humana), debido a que esta se encuentra dividida en escenas más pequeñas, con lo cual se aplica el algoritmo de Mediana Temporal sobre cada una de las escenas generadas.

La división de escenas diferente a la percepción humana se lleva a cabo debido a que en aquellas escenas que superen un cierto nivel de movimiento (umbral asignado), la aplicación del algoritmo de Mediana Temporal generaría un nivel de emborronamiento muy alto, en el cual la estimación y compensación no serían capaces de restaurarlo.

5.5.2 Pruebas

A fin de tener una idea precisa del resultado obtenido en el algoritmo de detección de escenas, se han realizado pruebas con una película compuesta por 172

frames, en la cual se observan desde el punto de vista de la percepción humana, dos escenas bien definidas, una de las cuales contiene un movimiento constante de cámara.

Las pruebas se han realizado variando el valor del umbral utilizado como limite de cambio de escena, cuyos resultados se muestran a continuación:

Umbral = 10

Frame Inicial	Frame Final
1	7
8	8
9	27
28	28
29	35
36	36
37	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76

Umbral = 15

Frame Inicial	Frame Final
1	27
28	28
29	35
36	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	75
76	78
79	79
80	80
81	85
86	105
106	106
107	172

Umbral = 20

Frame Inicial	Frame Final
1	40
41	43
44	45
46	46
47	47
48	50
51	55
56	60
61	65
66	105
106	172

77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	90
91	91
92	97
98	105
106	106
107	107
108	172

Fig. 5.20) Vectores de escenas con umbrales 10, 15, 20.

Cabe destacar que la película tomada como ejemplo contiene dos escenas bien definidas al inicio y final. En la mitad de la primera escena existe un movimiento continuo, lo cual hace que se generen muchas escenas, creando un vector de escenas con una cantidad pequeña de frames por escena, lo cual es uno de los inconvenientes más importantes en este tipo de películas. Al final de la película existe una escena sin movimiento que va desde el frame n° 108 hasta el n° 172, la cual fue correctamente detectada.

Como se aprecia en el ejemplo, la detección de escenas no es una tarea sencilla debido a la complejidad de los movimientos que la película contiene. Con la información que se ha obtenido en este proceso será necesario tener en cuenta otras condiciones que se analizarán mas adelante para realizar un correcto proceso de restauración.

Como se puede observar en la Figura 5.20, cuanto más pequeño sea el valor del umbral de la diferencia de las medias de cada par de frames, se detectaran una mayor cantidad de escenas que pueden no ser real desde el punto de vista del ojo humano, debido a que este valor es constante y el cambio de escena puede ocurrir por efectos de luminosidad, movimientos o diferentes tipos de ruidos que perturban el cálculo de las medias.

Por otra parte, cuanto mayor sea el valor del umbral, se detectara una menor cantidad de escenas, con mayor número de frames por cada una y esto puede ser peligroso debido a que es posible no detectar escenas distintas, lo cual acarrearía problemas en la posterior etapa de filtrado.

5.6 Filtrado de escenas con filtro de Mediana Temporal

Una vez obtenido el vector de escenas, que contiene el frame inicial y final de cada una de las escenas de una película, se procederá a aplicar a cada una de estas escenas el filtro de Mediana Temporal.

En este proceso pueden existir escenas con una cantidad mínima de frames, las cuales no se consideran como escenas desde el punto de vista humano, por lo cual, se deberá tomar la decisión de cómo aplicar el filtro sobre la base de la cantidad de frames que cada escena posea; para ello, se seguirán los siguientes pasos:

- i) Si contiene un único frame, este no será tomado en cuenta para el tratamiento del filtro, debido a que puede afectar el tratamiento de sus adyacentes, como así también el propio, por lo cual solo se agregará este frame original al conjunto de frames filtrados que formarán la película procesada.
- ii) Si contiene entre dos y cuatro frames, se le aplicará correspondientemente el filtro de Mediana Temporal especificando el valor de la ventana de acuerdo a la cantidad de frames que posea cada escena (dos, tres o cuatro).
- iii) Mas de cuatro frames, se utilizará el filtro de Mediana Temporal con ventana igual a cinco, debido a que este es el valor que mejor resultados produce, según lo analizado en la ejecución del algoritmo de Mediana Temporal.

Inicialmente se tendrá el conjunto de frames filtrados sin elementos, el cual se incrementará con los diferentes frames de cada escena a medida que son filtrados. Una vez terminado el proceso de filtrado de las escenas se obtendrán dos conjuntos de frames, el original y el filtrado, los cuales serán utilizados para realizar la etapa posterior de compensación y estimación del movimiento.

Uno de los inconvenientes que se presenta en esta etapa es el hecho de no haber filtrado aquellas escenas con una cantidad de frames igual a uno. Esta decisión fue tomada para mantener la película original con su movimiento continuo, dejando para una etapa posterior el desarrollo de algún tipo de tratamiento por separado para estos frames.

En las escenas que contienen mas de cuatro frames, se ha decidido utilizar siempre el filtro de Mediana Temporal con ventana igual a cinco y no seguir aumentando el valor debido a que, a mayor cantidad de frames adyacentes utilizados para el cálculo de la mediana, se obtiene un resultado con menor nitidez, perjudicando la visión general que se tendría del frame filtrado.

5.7 Detección de Ruido y Movimiento

Con la sola aplicación del filtro de Mediana Temporal el resultado es satisfactorio en cierta medida, pues para frames sin movimiento la restauración es óptima, pero en presencia de movimientos rápidos, se produce emborronamiento, llegando al extremo de existir objetos que han desaparecido de la secuencia de frames procesados a causa del filtrado.

En esta etapa se tratarán de detectar los movimientos existentes en la película original, para así poder disminuir o eliminar los deterioros causados por el filtro de Mediana Temporal. Debido a que este proceso es demasiado costoso en términos de CPU, se procurará encontrar aquellas zonas en las cuales existió este movimiento y no perder tiempo en las zonas donde no los hubo para continuar rápidamente con la siguiente etapa. Además, se puede apreciar que el movimiento existe solo en ciertas regiones del frame, por lo que el resto del frame no es necesario que sea tomado en cuenta.

Para detectar las regiones de movimiento se procederá a dividir el frame en secciones de $[n, m]$ píxeles no solapados (en este proyecto la sección es de $[8, 8]$), que son examinados a la vez.

Cada frame es analizado en forma paralela, comparando cada uno de ellos con la sección del frame anterior y el posterior de la película original, lo mismo se hace con las secciones filtradas por el filtro de Mediana Temporal. Luego de reconocer las diferencias entre las tres secciones del frame actual, anterior y siguiente, la decisión de que valores contendrá la sección del frame actual se tomará en dos pasos:

- a) Detectar si existe un cambio notable entre la secuencia original y la filtrada. Si no existe un cambio significativo, entonces esta diferencia es solamente ruido, por lo que a esta sección no es necesaria procesarla posteriormente.

Para realizar esta detección se verifica la diferencia de la media absoluta de la sección actual (A) y la sección filtrada (B). Para excluir el caso donde exista demasiado ruido alrededor, se ha decidido agregar un criterio, el cual indica cual es el porcentaje de píxeles que difieren de la sección A con respecto a la sección B, este valor debe ser mayor al 5% de toda la sección. Dicho umbral puede ser ajustado para favorecer cualquier sensibilidad al movimiento o inmunidad al ruido. En este proyecto se ha elegido un valor de 15% debido a que a lo largo de las pruebas realizadas sobre películas con diferentes características, es el que mejor resultados ha generado.

- b) Si se obtiene una diferencia mayor al valor del umbral seleccionado, se debe verificar si esta diferencia es consecuencia de un movimiento o un ruido.

El criterio para decidir si este error es producto de un ruido en lugar de un movimiento, es comparar la diferencia de la sección original (A) y la sección filtrada (B), la cual debe ser consistente para ambos bloques, ya que por naturaleza el filtro utilizado tiene características Pasa Bajo, por lo tanto la media

de las dos secciones debe ser similar si es un movimiento. En caso contrario, la diferencia de la sección original y filtrada, indica que en esa sección existe una mancha.

El siguiente criterio fue utilizado para localizar una mancha en lugar de un movimiento.

$$\text{abs}(\text{errorACOriginal} * \text{errorASMediana} / \text{errorASOriginal} / \text{errorACMediana} - 1) < \text{Umbral} \quad \text{y} \\ \text{abs}(\text{errorSCOriginal} * \text{errorASMediana} / \text{errorASOriginal} / \text{errorSCMediana} - 1) < \text{Umbral}$$

Donde errorACOriginal es la media absoluta entre la sección anterior y la sección actual para los frames originales, errorASMediana es la media absoluta entre la próxima y la sección actual, errorSCOriginal es la media absoluta entre la anterior y la próxima sección, y errorACMediana , errorASMediana , errorSCMediana con los valores correspondientes a la versión filtrada. Nuevamente el valor del umbral puede ajustarse para variar la complejidad del proceso computacional de estimación del movimiento, pero con el riesgo de perder textura espacial en regiones con movimientos pequeños.

5.8 Estimación y compensación de movimiento

Una vez que el movimiento se ha descubierto, la estimación del vector de movimiento se lleva a cabo para cada píxel de la sección con movimiento. Para la búsqueda completa de la sección el método elegido es el Exhaustivo pues obtiene teóricamente la mejor estimación que se puede realizar mediante el esquema de ajuste de bloques. Dicho método es utilizado con rango de búsqueda (-16, +16), por lo cual éste es uno de los principales problemas a nivel computacional debido al excesivo uso de recursos de CPU utilizados, convirtiéndose en el cuello de botella de todo el programa.

Una elección adecuada del tamaño de la sección que componen un frame es de suma importancia, debido a que si el tamaño de la misma es muy grande, se demorará mucho el tiempo en comparar cada píxel con su bloque adyacente con el fin de realizar la estimación, en caso contrario, si el bloque es pequeño, se obtendrán muchos vectores de movimiento a manejar, lo cual se traduce en un excesivo uso de recursos, con la consiguiente pérdida de tiempo.

Para cada píxel su bloque de vecinos de $[n+1, m+1]$ (en este proyecto $[9, 9]$) se asume que tendrán el mismo campo del vector. El algoritmo toma ventaja de la suposición de la suavidad del vector de movimiento y resulta en un cambio en la suavidad del vector de movimiento para la sección procesada.

Desde que se ha verificado cada frame con sus adyacentes y al tener acceso a sus dos vecinos temporales, es conveniente hacer una estimación de movimiento bidireccional y una compensación para obtener un resultado más completo en beneficio

de promediar la trayectoria de movimiento para posteriores reducciones del ruido. El precio a pagar, por supuesto, es calcular dos veces la estimación de movimiento.

Para mejorar la exactitud y robustez de la estimación de trayectoria de movimiento, el criterio de selección escogido es la diferencia de media absoluta (MAD), es decir la media pesada de la diferencia absoluta de las secciones. Este peso es recíproco a la diferencia entre la media del píxel filtrado y el píxel original más 1, la cual impide la división por 0.

5.9 Post-Procesamiento con filtro de Mediana (PPM)

Una vez realizada la estimación y compensación de movimiento, se llega al paso final donde se debe modificar la secuencia filtrada para eliminar objetos sin reintroducir manchas. La estimación y compensación bidireccional se ha calculado para cada sección detectada que tenga movimiento, por consiguiente se aplica el filtro de Mediana sobre las tres versiones diferentes de cada frame que contenía secciones con movimiento: original, filtrado por Mediana Temporal y el frame con la compensación de movimiento.

Existen varias formas de combinar estos frames para crear un nuevo frame sin ruidos ni manchas, mediante la utilización de la información que dichos frames contienen.

El filtrado lineal es posiblemente una mala idea ya que las manchas pequeñas pueden volver a ser mostradas como parte de la suma pesada, y este puede verse como un filtro espacial pudiendo introducir más emborronamiento que el filtro temporal, y desde que se ha obtenido una versión sin ruido de la secuencia, el emborronamiento causado por el filtrado espacial es no deseado e innecesario. Por consiguiente se ha optado nuevamente por el filtro de Mediana, debido a que es posible aplicarlo a la compensación de movimiento sin la introducción de ruido o emborronamiento.

Cabe destacar que los frames o secciones de un frame donde no hay compensación de movimiento no es necesario este proceso de filtrado; y en las regiones con movimiento se debe intentar mantener la textura espacial original mientras las manchas son eliminadas.

5.9 Esquema general del Algoritmo de Restauración

En forma general se puede definir al proceso desarrollado para la restauración de películas con el siguiente esquema, el cual permite visualizar la secuencia de pasos y las relaciones entre los diferentes procesos descritos en los incisos anteriores.

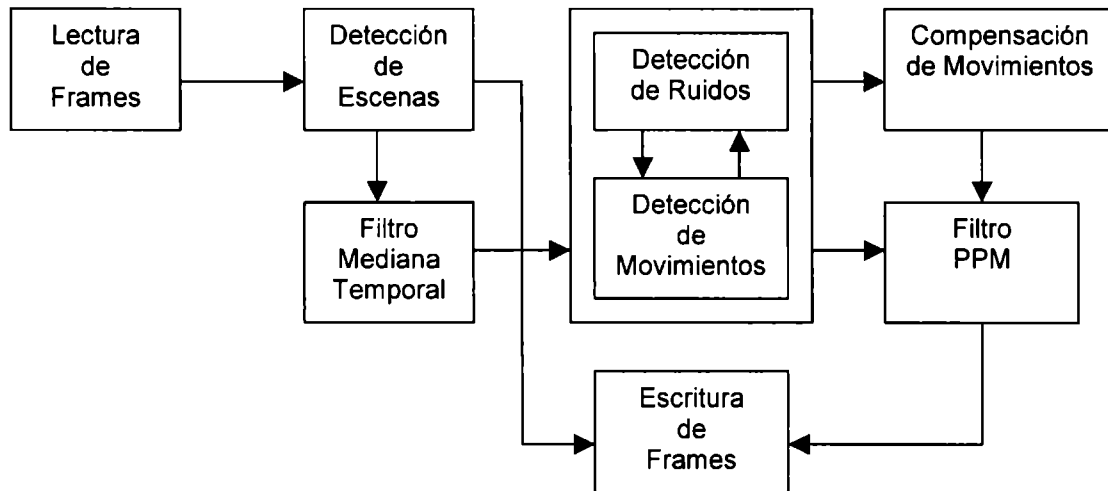


Fig. 5.21) Esquema del algoritmo de restauración de películas

5.10 Conclusiones

En el estudio de los diferentes aspectos que componen una película se pueden apreciar las grandes dificultades que existen a la hora de la restauración, la complejidad que poseen los diferentes objetos que componen la secuencia de imágenes, la velocidad del movimiento, la superposición de imágenes, manchas, ruidos y degradaciones junto con los diferentes aspectos de la percepción humana demuestra que esta no es una tarea sencilla de realizar.

Referente a las técnicas de realce y restauración de imágenes, se puede concluir que en la mayoría de los casos no obtienen un resultado satisfactorio debido a que no tienen en cuenta las características de tiempo y velocidad existentes en una película.

La detección de escenas es indispensable para que el filtrado de Mediana Temporal funcione adecuadamente, debido a que el filtro utiliza los frames que contienen cierta similitud para disminuir la intensidad de los ruidos, presentando en caso contrario frames desvirtuados por la utilización de información que no corresponde a una misma escena. Además, debido a las pruebas realizadas se puede concluir que este filtro funciona de una manera óptima cuando la cantidad de frames que contiene cada escena es superior a cinco(5).

Cabe destacar que si la película presenta movimientos rápidos, ya sea de cámara o de los objetos que la conforman, el filtro de Mediana Temporal crea emborronamiento sobre este tipo de escenas.

Respecto a la estimación y compensación de movimiento, se puede observar que no existe una mejora en aquellas secuencias de video que contienen movimiento muy rápidos, siendo este un posible punto a tratar en futuras investigaciones.

A causa del excesivo tiempo utilizado para la búsqueda exhaustiva y la compensación bidireccional, se puede concluir que este es el cuello de botella del proceso de restauración de películas desarrollado.

Debido a que no se cuenta con una estructura optima para la ejecución de procesos relacionados con secuencias de imágenes, se ha tenido la necesidad de probar solamente con secuencias pequeñas de video, y como los procesos que se han implementado utilizan mucho tiempo y recursos computacionales, lamentablemente no se ha podido abarcar todo el universo de características que poseen las películas, ya que este es muy amplio.

La poca información existente sobre la restauración de películas, se advierte que esta es un área de aplicación con muchas oportunidades de crecimiento y se observa que las posibilidades de desarrollo son importantes.

Finalmente, a pesar de los inconvenientes y temas aun no desarrollados, cabe destacar que se ha avanzado en muchos aspectos y que en posteriores investigaciones se podrían lograr excelentes resultados en áreas que aun no tienen soluciones optimas, este hecho genera un fuerte impulso a seguir investigando y avanzar en este tipo de aplicaciones.

Capítulo 6

Aplicación del esquema de restauración de películas en blanco y negro

6.1 Introducción

En este capítulo se describirá la ejecución de la aplicación construida para la restauración de películas estudiada en el capítulo anterior, permitiendo observar y modificar las diferentes variantes y características que el sistema posee.

Esta aplicación ha sido construida de la misma forma que la de restauración de imágenes, es decir, se utilizó el lenguaje MathLab junto con Visual Basic.

A fin de mostrar la aplicación del algoritmo desarrollado y determinar sus ventajas y desventajas, se han tomado diferentes fragmentos de películas. Cada una de ellas posee características disímiles respecto a:

- El movimiento de los objetos: velocidad de desplazamiento a través de los frames;
- El movimiento de la cámara o paneo;
- La intensidad del ruido; y
- Los tipos de ruido.

6.2 Película “América”

Esta película muestra un grupo de soldados norteamericanos junto a la bandera de su país, festejando el posible “triumfo” en una batalla. Las imágenes de la misma son poco nítidas debido a la escasa resolución de la cámara y al deterioro que el transcurso del tiempo ocasionado sobre la cinta.

Los movimientos rápidos que se han identificado en este film son: la oscilación de la bandera norteamericana, y el movimiento pendular de los cascos de los soldados.

El movimiento de la cámara es suave, es decir que no hay cambios bruscos en las escenas.

Se puede apreciar la aparición del ruido Impulsional en una intensidad considerable sobre los sectores que conforman el cielo de la película.

Se tomaron cinco valores diferentes de umbral (10, 12, 15, 17 y 20) para la **Detección de Escenas**, obteniéndose los resultados que se describen a continuación:

- **Umbral de 10.** En este umbral el resultado fue poco satisfactorio porque el ruido Impulsional no fue deseado. Esto se debe a que se generó un conjunto de escenas muy amplio (cuarenta escenas) con poca cantidad de frames para cada una de ellas, impidiendo el reflejo real de la película. En conclusión los procesos de **Mediana Temporal** y **Compensación de Movimiento** no se realizaron sobre un vasto grupo de frames a fin de eliminar el ruido.
- **Umbral de 12.** Los resultados obtenidos en este umbral desde el punto de vista del ruido Impulsional, no difieren ampliamente de los del caso anterior. Con objeto de eliminar el ruido se originó una menor cantidad de escenas siendo tan solo para este umbral veintiocho(28).
- **Umbral de 15.** En este caso el ruido Impulsional se ha reducido, pero se han acentuado la falta de nitidez y el emborronamiento. La escasa nitidez se observa en el mástil (objeto estático) y se origina en el movimiento de la cámara y las condiciones originales de la película. Mientras que el emborronamiento surge de la rapidez de los movimientos en la oscilación de la bandera y de los cascos.
- **Umbral de 17 y 20.** Cabe destacar que para este umbral, el ruido Impulsional fue eliminado completamente, aunque se agudizó el problema que comenzaba a vislumbrarse en el proceso con umbral de 15. Es decir el emborronamiento y la falta de nitidez se han acentuado aun más.

Para este film en particular se concluye que la solución dada por el algoritmo no es satisfactoria, dado que cuando se elimina el ruido Impulsional se agudizan el emborronamiento y la falta de nitidez.

6.3 Película “Hombre”

Este fragmento de película muestra en primer plano a un hombre parado mirando hacia el cielo; mientras que en segundo plano o fondo se observa la bandera norteamericana y un grupo de árboles. En las imágenes se puede advertir la falta de nitidez, sobre todo en los ojos del individuo y de las ramas de los árboles.

Sobre el primer plano se observa el pequeño recorrido que realiza el personaje con sus brazos; mientras que en el segundo plano se percibe el movimiento de la bandera, el cual es oscilatorio y de mayor rapidez.

Este film presenta diferentes grados de ruido Impulsional. En el primer plano la intensidad del ruido es tenue, agudizándose el mismo en el segundo plano de la muestra.

La prueba se realizó sobre tres valores diferentes de umbral (5, 7 y 10) para la **Detección de Escenas**, obteniéndose los siguientes resultados:

- **Umbral de 5.** En este umbral el resultado fue poco satisfactorio, porque el ruido Impulsional continuo presente aunque se distingue una leve mejoría. El ruido persiste debido a que se generó un vector de escenas muy amplio (ocho escenas) contando cada una de ellas con pocos frames. En conclusión, al igual que con la película América los procesos de **Mediana Temporal** y **Compensación de Movimiento** no se realizaron sobre el conjunto de frames necesarios para eliminar en su totalidad el ruido.
- **Umbral de 7.** En el presente caso el ruido fue eliminado casi en su totalidad, ya que el grupo de escenas obtenido disminuyó a cuatro. Además, se observa que la falta de nitidez identificada en los ojos del hombre y en las ramas de los árboles no se ha intensificado.
- **Umbral de 10.** En esta prueba se obtuvo una única escena, lo que refleja la apreciación que el ojo humano puede hacer respecto al grupo de frames del fragmento de película. Aquí, el ruido desapareció en su totalidad y este umbral también cuenta con la ventaja de que la nitidez ausente en la bandera y los árboles no se ha incrementado.

Por lo anteriormente visto podemos concluir para esta película que el umbral 10 es el que satisface todas las mejorías buscadas, pues elimina el ruido Impulsional y no crea un deterioro en los frames recorridos.

6.4 Película “Canal de Panamá”

Este film muestra una vista aérea panorámica del canal de Panamá, en la cual se pueden distinguir sobre la parte superior de las imágenes dos barcos amarrados en la costa y en la parte inferior se observa el canal.

En este segmento no se identifican movimientos rápidos en ninguno de los objetos que la componen y el paneo que nos da la cámara es muy lento; aunque la inestabilidad de la cámara posee es notoria.

Sobre todo el fragmento de película se puede advertir en una intensidad muy alta el ruido Impulsional, también se observa ruido Gaussiano en toda la longitud del film.

Cuatro valores distintos de umbral (10, 20, 25 y 30) formaron las muestras sobre esta película, obteniéndose los resultados descritos a continuación:

- **Umbral de 10.** En este umbral se obtuvo poca mejoría respecto a la eliminación del ruido Impulsional pues, como se dijo anteriormente, al

generarse un conjunto amplio de escenas (treinta y ocho) se ven afectados los algoritmos de **Mediana Temporal** y **Compensación de Movimiento**. Solo se eliminó este tipo de ruido en aquellas escenas compuestas por al menos cuatro frames. Respecto al ruido Gaussiano se puede apreciar un leve incremento, por las razones anteriormente explicadas.

- **Umbral de 20.** En este umbral se generó un conjunto de escenas mucho más reducido (cinco) y aunque el film presenta en ciertos sectores apariciones de ruido Impulsional, se mejoró el resultado respecto a la muestra anterior. De la misma manera que en el ejemplo anterior respecto del ruido Gaussiano no se identifican variables.
- **Umbral de 25.** En el presente caso el ruido Impulsional fue completamente eliminado porque el grupo de escenas que se generaron (tres) contienen un número considerable de frames para el desarrollo del algoritmo. El ruido Gaussiano presenta una mejoría respecto a los ejemplos anteriores y se va acercando a la calidad que poseía la película originalmente.
- **Umbral de 30.** Como en el umbral 25 el ruido impulsional fue eliminado, pero en esta muestra se originó una única escena que compone toda la película, reflejando lo que a simple vista indica el film respecto al número de escenas. Además, al tener la película las características mencionadas, se revela una mejora respecto al ruido Gaussiano.

Se puede concluir para esta muestra que el ruido Impulsional fue eliminado en su totalidad y el ruido Gaussiano obtuvo mejoras, cuando las escenas están compuestas por un número de frames considerable, como es el caso del umbral de 25 y 30.

6.5 Película “Esso”

Esta propaganda de la empresa “Esso” muestra dos empleados de una estación de servicio en la atención a un cliente. En la misma se distingue a los empleados y los dos surtidores en un primer plano, y sobre un segundo plano, cruzando la calle una casa.

Se identifica en este film el movimiento rápido que realiza un empleado al tomar la manguera del surtidor.

El movimiento de la cámara presenta dos características: es rápido en el seguimiento que realiza al empleado cuando realiza la atención y al ir con el pánico de un surtidor al otro. Es estático cuando se captura el primer plano sobre el surtidor de “Esso”.

Hay revelaciones de ruido Impulsional sobre toda la longitud de la película en una intensidad bastante leve, pero sobre ciertos frames esta intensidad se agudiza de una manera considerable, por ejemplo en el frame noventa y tres (93).

La calidad que presenta este film es buena en todos frames salvo en aquellos en los cuales hay movimiento observándose en estos cierto emborronamiento, un ejemplo de esto es cuando la cámara se desplaza hacia la derecha en busca del próximo surtidor.

Se crearon tres películas con diferentes valores de umbral (10, 15 y 20) en la **Detección de Escenas**, las cuales se describen a continuación:

- **Umbral de 10.** En este umbral se produjeron sesenta y tres (63) escenas y aunque el ruido Impulsional disminuyo, quedan ciertos indicios de este. El emborronamiento sobre los frames que intervienen para crear movimiento no se vio incrementado.
- **Umbral de 15.** Se puede distinguir que el ruido Impulsional desapareció en su totalidad, generándose un grupo de cuarenta y un (41) escenas; observándose que el algoritmo responde de una manera particular cuando el film presenta movimientos rápidos, es decir que se producen escenas de un solo frame en respuesta a esta propiedad. Con respecto al emborronamiento comienza a incrementarse en una mínima proporción.
- **Umbral de 20.** De la misma manera que en el umbral de 15 el ruido Impulsional fue eliminado, creándose en este caso un conjunto de once (11) escenas. En este proceso en particular aumento notoriamente el emborronamiento sobre las escenas con movimiento.

Se concluye que en este fragmento de película el mejor resultado se obtuvo con el umbral de 15, pues se elimino el ruido Impulsional que esta presentaba y el emborronamiento no se vio incrementado durante el procesamiento como se produjo en la prueba con el umbral de 20.

6.6 Conclusión

A través de las diferentes pruebas realizadas se puede concluir que el valor del umbral depende del tipo de movimiento de los objetos y de cámara que posea cada película. La obtención del parámetro ideal es difícil de obtener a simple vista y solo por medio de prueba y error se llega a un resultado satisfactorio. Por ejemplo para la película “Hombre” el umbral ideal toma el valor 10, mientras que en “Canal de Panamá” el umbral es de 25 para la obtención de resultados óptimos.

Para la eliminación del ruido Impulsional es necesario que cada escena que conforma la película este compuesta por un conjunto considerable de frames (preferentemente mayor o igual a cuatro) para que el proceso de **Mediana Temporal y Compensación de Movimiento** funcione correctamente.

Con respecto al ruido Gaussiano, se puede apreciar la disminución del mismo en aquellas escenas con una cantidad de frames mayor o igual a cinco, lo que permite que el filtro de Mediana Temporal funcione efectivamente.

En referencia a las diferentes clases de movimientos que las películas poseen, se puede distinguir que en aquellas que contienen movimientos rápidos, la estimación y compensación de movimiento no funcionan adecuadamente en algunos casos y es satisfactorio cuando la película contiene movimientos suaves.

Cabe destacar la dificultad que se ha tenido para encontrar material filmico con las características necesarias a fin de aplicar el algoritmo de restauración expuesto en este trabajo y así poder realizar un testeo más exhaustivo de su funcionalidad.

Capítulo 7

Almacenamiento de fotos y películas

7.1 Introducción

Durante el proceso de restauración de fotografías y películas descritos en los capítulos anteriores, ha surgido la necesidad de almacenarlas (conteniendo grandes cantidades de información proveniente de la digitalización y posterior proceso de restauración de las mismas) en los diferentes métodos de almacenamiento existentes.

Este capítulo está dedicado a la investigación de las diferentes formas que existen para almacenar imágenes y películas en los distintos tipos de dispositivos actuales.

Además, se describirán los diferentes formatos existentes en el tratamiento de fotografías y películas, los cuales nos permitirán entender las distintas diferencias que posee cada uno de ellos. Dichos formatos muestran grandes diferencias ya que están destinados a diferentes áreas de aplicación de fotografías y películas y una elección inadecuada de los mismos puede hacer que los procesos de restauración se vean desdibujados o con una calidad de imagen inferior a la que se ha obtenido.

Se mostrarán las diferentes variantes que existen dentro de cada uno de los métodos de compresión, su funcionamiento y las características que cada uno de ellos posee.

El objetivo de este capítulo es el de proporcionar una descripción de las diferentes tecnologías desarrolladas para el almacenamiento de fotografías y películas, para su posterior recuperación y visualización en forma digital.

7.2 Digitalización de fotografías

Las imágenes digitales se podrían describir como información electrónica extraída de una escena de película o escaneadas de documentos, fotografías, manuscritos, textos impresos e ilustraciones. A fin de obtener una muestra de la imagen digital, se confecciona un mapa de ella en forma de cuadrícula de puntos o píxeles de la figura. A cada píxel se le asigna un valor (negro, blanco, matices de gris o color), el cual está representado en un código binario (ceros y unos). Los dígitos binarios ("bits") para cada píxel son almacenados por la computadora en una secuencia,

y con frecuencia se los reduce a una representación matemática (comprimida). Luego la computadora interpreta y lee los bits con el fin de producir una versión analógica para su visualización o impresión [AMT 1997].

La habilidad y el cuidado de la persona encargada del proceso de escaneado pueden afectar la calidad de la imagen; el criterio de dicha persona puede minimizar la falta o el relleno de líneas cuando se utilizan escaners para esta tarea. Además, cuando se utilizan cámaras digitales, la iluminación es un factor de suma importancia, como así también las habilidades del operador de la cámara.

Esta representación matemática de la fotografía puede ser modificada en ciertos aspectos, de modo que pueda ser transformada de alguna manera, pero que, a efectos visuales siga manteniendo características similares.

7.2.1 Compresión

La compresión se utiliza para reducir el tamaño del archivo de imagen para su almacenamiento, procesamiento y transmisión. El tamaño del archivo para las imágenes digitales puede ser extremadamente grande y si se tiene un conjunto grande de imágenes a representar, se complicarían las capacidades informáticas y tecnológicas de muchos entornos informáticos. Todas las técnicas de compresión abrevian la cadena de código binario en una imagen sin comprimir, a una forma de abreviatura matemática, basada en complejos algoritmos.

Existen métodos de compresión estándar y otros patentados. En general es mejor utilizar una técnica de compresión estándar y ampliamente compatible, antes que una patentada, que puede ofrecer compresión más eficiente o de mejor calidad, pero que puede no prestarse a un uso o a estrategias de preservación digital a largo plazo.

Los sistemas de compresión también pueden ser clasificados como sin pérdida o con pérdida. Los sistemas sin pérdida, abrevian el código binario sin desechar información, por lo que, cuando se descomprime la imagen, ésta es idéntica píxel por píxel al original. Los sistemas con pérdida, como JPEG, utilizan una manera de compensar o desechar la información menos importante, basada en una similitud de la percepción visual. Sin embargo, puede ser extremadamente difícil detectar los efectos de la compresión con pérdida, y la imagen puede considerarse sin pérdida visual. La compresión sin pérdida se emplea con mayor frecuencia en el escaneado binario de material de texto. La compresión con pérdida típicamente se utiliza con imágenes de varios tonos y en particular imágenes de tono continuo en donde la simple abreviatura de información no tendrá como resultado un ahorro de espacio apreciable.

7.2.2 Formatos de archivos comunes

Los formatos de archivos consisten tanto de los bits que comprende la imagen como de la información del encabezamiento acerca de cómo leer e interpretar el archivo. Los formatos de archivo varían en términos de resolución, profundidad de bits, capacidades de color, y soporte para compresión y metadatos.

La compresión de las imágenes reduce los requerimientos de espacio de almacenamiento. Además disminuye el tiempo requerido para su acceso, transferencia y visualización.

Generalmente los escaners crean imágenes sin compresión, en formatos como TIFF, BMP o PICT, por lo que son archivos grandes y poco prácticos para ser manejados.

El formato TIFF es el formato estándar sin compresión más utilizado, su propósito es describir y almacenar datos complejos y bien definidos de imágenes escaneadas. Este tipo de formato es especialmente requerido para aprovechar las capacidades de los escaners y de otros dispositivos de manejo de imágenes. Describe imágenes blanco y negro, en escala de grises, paleta de colores y colores completos. Es portable, por lo que no está restringido a algún sistema operativo, compilador o procesador.

Para guardar archivos de imágenes existen formatos que incluyen compresión, En el formato GIF y JPEG, la compresión hace una selección y reacomodo de los datos almacenados de una imagen no comprimida, de tal manera que se reduce el tamaño del archivo pero la imagen visualmente no se modifica notablemente. GIF ofrece una compresión moderada en 8-bit a color o grises, mientras que JPEG ofrece una excelente compresión tanto en imágenes en 8-bit como en 24-bit color.

GIF (Graphics Interchange Format) utiliza un método conocido como lossless compression (compresión de poca pérdida) y fue muy utilizado hasta 1995.

JPEG (Joint Photographic Experts Group) proviene de un grupo de estándares de técnicas conocidas como lossy compression (compresión con pérdidas).

Las imágenes de tono continuo, son comprimidas más frecuentemente con un método de compresión con pérdidas, con este método la imagen no puede ser recuperada exactamente igual a la original cuando se extrae de la versión comprimida.

En los casos en que la representación debe ser exactamente igual a la original se debe utilizar un método de compresión sin pérdida. Debe considerarse que en muchos casos es menos costoso almacenar imágenes que intentar reconstruirlas. El almacenamiento de imágenes de documentos históricos deberá hacerse preferentemente con un método de compresión sin pérdida.

La fig. 7.1 muestra el tamaño de los archivos de una misma imagen digitalizada con diferente número de bits y almacenada en diferentes formatos, comprimida y sin comprimir. La imagen elegida tiene un tamaño de 18.5 cm de ancho por 23 cm de alto.

	TIFF	JPEG	GIF
24-bit color	1.93 Mb.	114 Kb.	254 Kb.
8-bit color	666 Kb.	271 Kb.	238 Kb.
8-bit grises	666 Kb.	81 Kb.	431 Kb.
1-bit blanco / negro	749 Kb.	No se aplica	106 Kb.

Fig 7.1: Ejemplo de compresión de formatos de fotografías

Un tema para destacar es la drástica disminución en el tamaño del archivo de una imagen almacenada sin compresión y con compresión. Asimismo, hay una diferencia significativa entre un método de compresión y otro.

Las pruebas realizadas y la diferente naturaleza de las imágenes, llevan a pensar que no hay una regla única en la digitalización de imágenes. En algunos casos es importante la calidad, por cuestiones de preservación de la imagen, y no reducir el tamaño del archivo para contar con los parámetros óptimos de digitalización. En otros casos se deberá encontrar un buen equilibrio entre el número de bits de digitalización, la resolución y el tipo de compresión para obtener una imagen digital de calidad aceptable para fines de visualizaciones normales.

A continuación se mostrará un cuadro que contiene una breve descripción de la mayor parte de los formatos de archivo de imágenes mas comúnmente usados, además de los que han sido expuestos anteriormente [COR 2003].

Nombre y versión actual	TIFF 6.0 (Tagged Image File Format)	GIF 89a (Graphics Interchange Format)	JPEG (Joint Photographic Expert Group)/JFIF (JPEG File Interchange Format)	Flashpix 1.0.2	ImagePac, Photo CD	PNG 1.2 (Portable Network Graphics)	PDF 1.3 (Portable Document Format)
Extensión (es)	.tif, .tiff	.gif	.jpeg, .jpg, .jif, .jfif	.fpx	.pcd	.png	.pdf
Profundidad (es) de bits	Bitonal a 1 bit; escala de grises o color de paleta de 4 u 8 bits; hasta color de 64 bits	Bitonal, escala de grises o color entre 1 y 8 bits	Escala de grises a 8 bits; color a 24 bits	Escala de grises a 8 bits; color a 24 bits	Color a 24 bits	1-48 bits; color a 8 bits, escala de grises a 16 bits, color a 48 bits	Escala de grises a 4 bits; color a 8 bits; soporta hasta 64 bits para color
Compresión	Descomprimido sin pérdida: ITU-T.6, LZW, etc. Con pérdida: JPEG	Sin pérdida: LZW	Con pérdida: JPEG Sin pérdida:	Descomprimido Con pérdida: JPEG	Con pérdida: Formato patentado Kodak "sin pérdida visual"	Sin pérdida: Deflate, derivado de LZ77	Descomprimido Sin pérdida: ITU-T.6, LZW Con pérdida: JPEG

Estándar / patentado	Estándar de facto	Estándar de facto	JPEG: ISO 10918-1/2 JFIF: estándar de facto	Especificación disponible para el público	Patentado	ISO 15948 (anticipado)	Estándar de facto
Gestión de color	RGB, Paleta, YCbCr, CMYK, CIE L*a*b*	Paleta	YCbCr	PhotoYCC y NIF RGB, ICC (opcional)	PhotoYCC	Paleta, sRGB, ICC	RGB, YCbCr, CMYK
Soporte de Web	Conexión o aplicación externa	Originario desde Microsoft® Internet Explorer 3, Netscape Navigator® 2	Originario desde Microsoft® Internet Explorer 2, Netscape Navigator® 2	Conexión	Aplicación Java™ o aplicación externa	Originario desde Microsoft® Internet Explorer 4, Netscape® Navigator 4.04, (pero aún incompleto)	Conexión o aplicación externa
Soporte de metadatos	Conjunto básico de rótulos etiquetados	Campo de texto libre para comentarios	Campo de texto libre para comentarios	Gran conjunto de rótulos etiquetados	A través de bases de datos externas; no posee metadatos inherentes	Conjunto básico de rótulos etiquetados más rótulos definidos por el usuario.	Conjunto básico de rótulos etiquetados
Comentarios	Acepta imágenes y archivos múltiples	Se puede reemplazar por PNG; Soporte de entrelazado y transparencia a través de la mayoría de los navegadores Web	JPEG progresivo ampliamente soportado por los navegadores Web	Proporciona múltiples resoluciones de cada imagen; amplio soporte de la industria, pero aplicaciones actuales limitadas	Proporciona 5 ó 6 resoluciones diferentes de cada imagen; futuro incierto	Puede reemplazar a GIF	Preferido para imprimir y ver documentos de páginas múltiples; uso intensivo por parte del gobierno

Fig. 7.2: Formatos de archivo de imágenes mas comunes

7.3 Digitalización de películas

Debido a que la tecnología avanza constantemente, el hecho de digitalizar una película ya no es una tarea imposible como hace algunos años atrás. Dicha tarea es realizada hoy en día a través de un dispositivo auxiliar llamado placa o tarjeta digitalizadora de video, las cuales son altamente sofisticadas. Dichas placas aparecen para dar respuesta a los altos requerimientos de calidad y realidad que los usuarios actuales necesitan para las actividades de video.

Estas tarjetas introducen dos ventajas fundamentales; por una parte permiten visualizar en pantalla situaciones que ocurren en otros lugares como imágenes de video en tiempo casi real, debido a la utilización de WebCam o cámaras de PC; por otro lado tienen la habilidad de capturar determinados frames de videos y efectuar modificaciones sobre ellos.

Actualmente las computadoras se han convertido en las mejores herramientas con la aparición de las placas digitalizadoras para la edición de video, no solo en el desarrollo informático sino también para la industria cinematográfica y televisiva a la hora de aplicar efectos especiales.

Digitalizar una secuencia de video procedente de una cinta cinematográfica, editarla, realizar algún proceso de transformación o cualquier otro uso de las mismas es una tarea posible de realizar actualmente con una buena calidad visual.

Para realizar el proceso de digitalización de una película es necesario depender de la metodología que se aplique en los formatos para almacenar los archivos en el momento de convertir la señal analógica a señal digital comprensible para la computadora.

Las imágenes en movimiento están formadas por un número determinado de frames o cuadros que con cierta continuidad y velocidad, generalmente 25 frames por segundo, producen en el ojo humano la sensación de movimiento. Por lo general los frames se encuentran almacenados en un soporte químico conocido como film, que obviamente la computadora no tiene capacidad de reconocer, para ello debe lograr que las señales emitidas por el film se conviertan en código binario, por lo que se debe transformar esa información en impulsos eléctricos.

En la actualidad existen cuatro sistemas de conversión que han llegado a ser estándares: PAL, NTSC, SECAM y HRTV. La diferencia entre los cuatro sistemas radica en el método de conversión que utilizan para almacenar la película en el film, situación que los hace totalmente incompatibles, desventaja que se debe tener presente a la hora de trabajar con videos. De los cuatro sistemas el NTSC es el más utilizado en Estados Unidos y América Latina.

7.3.1 Formatos de archivos

Para poder realizar la captura o digitalización de una película, es necesario guardar el grupo de imágenes y sonido en algún formato de video. Estos formatos, al igual que ocurre con los archivos de imágenes, están estrechamente relacionados al software que está realizando la operación de captura. Por lo general los formatos de videos suelen estar compuestos por una cabecera en la que se almacena información sobre las características del archivo. Algunas de estas características son:

- i) El número de frames o cuadros que contiene.
- ii) El tiempo de separación que hay entre los frames.

- iii) El tiempo de exposición.
- iv) Resolución y nivel de compresión.
- v) Datos del sonido, en caso de contener audio.

Todos estos parámetros se suelen definir al momento de realizar la digitalización. Algunos de los formatos de video mas comúnmente utilizados se describirán a continuación:

7.3.1.1 CODEC

Este es un software que se usa primordialmente para comprimir video de forma tal que pueda ser adecuado para un uso específico. El CODEC usado por default u omisión es el CINEPAK, ya que está siempre presente en toda versión de sistemas operativos Windows y Macintosh. Por supuesto también existen otros CODECs disponibles en el mercado, algunos antiguos, muchos modernos pero es importante destacar que si se usa uno diferente a CINEPAK es estrictamente necesario instalarlo previamente en la máquina para poder visualizar el video digitalizado; es así que se tiene [ANI 2001]:

- **INTEL INDEO 5.05:** Muy usado para distribuir video por Internet en computadoras provistas con procesadores MMX. Este CODEC emplea un sistema progresivo de descarga que se adapta al ancho de banda y flujos de señal.
- **MICROSOFT RLE:** Usado para comprimir cuadros que contengan áreas de color plano, como los dibujos animados. Este CODEC usa un codificador espectral de 8 bits que degrada la imagen al comprimirla hasta el 2% del original.
- **INTEL VIDEO R3.2:** Adecuado para la compresión de video de 24 bits y su posterior visualización en discos compactos. Este CODEC trabaja con muy altos grados de compresión, buena imagen y sistema de visualizado rápido. El producto final obtenido (película digitalizada) es altamente comparable con el trabajo realizado por CINEPAK.
- **CINEPAK by RADIUS:** Muy usado para la compresión de video de 24 bits (color real), creado para visualizar posteriormente el video en CD-ROM o para descargarlo de Internet. Este CODEC trabaja con ratios altos de compresión y permite diversos tamaños de ventana al momento de visualizarlo; está siempre presente en toda versión de Microsoft Windows

7.3.1.2 AVI

El formato AVI (Audio Video Interleave), cuya traducción podría entenderse como intercalación de video y audio, fue diseñado por Microsoft como un formato estándar de video que requiere disponer de tarjeta para realizar la captura y la compresión, pero no requiere de ningún tipo de hardware especial para la descompresión y la reproducción, por lo que rápidamente se ha convertido en un verdadero elemento estándar dentro de los aficionados a esta práctica en el ambiente informático.

7.3.1.3 MOV

El formato MOV proviene de Movie es un formato específico de algunos softwares dedicados a la digitalización de videos, vienen acompañando a algunas tarjetas digitalizadoras. Una ventaja importante es su compatibilidad con los archivos AVI. Con respecto a la calidad y resolución podemos decir que no ocupa el primer lugar pero se mantiene entre los primeros.

7.3.1.4 JPEG

El formato JPEG (Joint Photographics Experts Group), utilizado para la compresión de imágenes de video estáticas, es decir para la compresión de un solo cuadro por vez. La calidad, resolución y fidelidad de la imagen es muy buena y el tamaño del archivo si bien no es muy grande tampoco lo podríamos calificar de pequeño.

7.3.1.5 MPEG

El formato MPEG (Moving Picture Experts Group) es un standard para compresión de video y de audio. Al ser creado se establecieron 4 tipos de MPEGs, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-3 y MPEG-4. Cada uno de estos según su calidad. Ofrece tres ventajas fundamentales: compatibilidad mundial, gran compresión y poca degradación de la imagen [CUE 1998].

Este formato es utilizado para la compresión de imágenes en movimiento. Dicho método se apoya en algoritmos matemáticos complejos los cuales vienen incluidos en el chip DSP que poseen las tarjetas digitalizadoras. Este método aún tiene mucho que perfeccionar pero los resultados que se obtienen actualmente no son despreciables si se cuenta con capacidad de almacenamiento externa.

La aparición del MPEG I, permitió por primera vez visualizar videos desde discos compactos (CD). MPEG I esta diseñado para posibilitar el almacenamiento de

videos de hasta 30 cuadros por segundo y tamaño de ventana de 320x240 a un costo de digitalización muy económico.

MPEG I es un formato que trabaja eliminando la redundancia de píxeles entre cuadros de una película, muy similar al compresor de imágenes JPEG usado para la compresión de fotografías. La compresión con la que MPEG I trabaja consta de 10 pasos; 6 de los cuales son exclusivamente dedicados a comprimir y reducir datos redundantes.

MPEG II se diferencia de su anterior versión en la forma en que comprime el video. MPEG-II hace un mejor trabajo que su antecesor MPEG I en lo referente a la compresión y principalmente no degrada notoriamente la imagen a tal punto de ser el estándar para los videos del tipo DVD. MPEG I fue siempre señalado con la imposibilidad de presentar películas en ventanas mayores a 320x240, MPEG II presenta ventanas de hasta 704x480 a 30 cuadros por segundo; es decir el doble de tamaño que su antecesor

MPEG-3 fue una propuesta de estándar para la TV de alta resolución, pero como se ha demostrado que MPEG-2 con mayor ancho de banda cumple con este cometido, actualmente no esta muy desarrollado.

MPEG-4 se trata de un formato de muy bajo ancho de banda y resolución de 176x144, pensado para videoconferencias sobre Internet. Realmente está evolucionando notablemente, existiendo una amplia gama de codificadores por software que dan una calidad semejante al MPEG-2 pero con mucho menor ancho de banda.

7.4 Dispositivos de almacenamiento masivo

Uno de los mayores inconvenientes que hay que tener en cuenta a la hora de almacenar fotografías y películas digitales es la capacidad de los dispositivos de almacenamiento. En la actualidad existen varios dispositivos que a medida que avanza la tecnología permiten almacenar mayor cantidad de información. Entre los dispositivos a destacar se encuentran el disco duro, CD-R, CD-WR, DVD, etc. A continuación se presentarán las diferentes ventajas, inconvenientes y durabilidad que cada uno de ellos posee.

7.4.1 Medios de almacenamiento magnético

Los medios de almacenamiento magnético mas conocidos son el disco duro, disquetes y las cintas magnéticas. Para el almacenamiento de los datos se crean dominios magnéticos de polarización sobre la película magnética que los recubre, cada uno de estos dominios se corresponde con un punto de memoria o bit, por lo tanto, las características de este tipo de dispositivos esta determinada por las propiedades de la

capa magnetizable y del soporte, las cuales determinan la densidad de grabación y la relación señal-ruido de la lectura.

Desde su aparición los discos duros han sido dispositivos lentos, conocidos como el eterno cuello de botella de los sistemas, muchos de ellos han tenido dos cosas en común, tarde o temprano su capacidad se completa y el mantenimiento que se les realiza siempre terminan por disminuir el rendimiento del equipo. A pesar de esto los fabricantes no se limitan a aumentar los números de discos y la densidad de los mismos, debido al aumento de la necesidad de almacenamiento. Los discos actuales tienen una capacidad superior 100 GB, pero al ser dispositivos mecánicos, siempre existe el riesgo de alguna falla de este tipo que hará perder toda la información que este contenía [COR 2003].

7.4.2 Discos ópticos

Los discos ópticos son dispositivos de almacenamiento para grandes sistemas electrónicos de archivos. La diferencia con otros métodos de almacenamiento radica en que este dispositivo no es magnético. Los mismos son utilizados para trabajar con grandes bases de datos, con aplicaciones que requieren almacenamiento de archivos de voz y vídeo, mediante el cual se pueda almacenar, localizar, transmitir, procesar y administrar documentos. Existen diferentes tipos de unidades de discos ópticos: Unidades de lectura, unidades de lectura y una sola escritura y las unidades de lectura y escritura. Las unidades de solo lectura, son unidades que como su nombre lo indica sirven solamente para la lectura de discos pregrabados o del fabricante.

7.4.2.1 Unidad de CD

Estos discos tienen una capacidad de almacenamiento de 650MB (y hay otros discos que tienen capacidad para 700MB) y existen diferentes tipos de estos discos, el CD-Audio (o CD-A), es el compact disk desarrollados a principio de los 80, el CD-ROM que permite al disco contener audio, texto y gráficos, por lo que se pueden reproducir títulos musicales.

También existe el CD-RW que se utiliza en la lectura y escritura, utilizan discos magneto-ópticos, mediante los cuales se puede escribir muchas veces y leer cada vez que sea necesario, gracias a eso estos discos agrupan las ventajas de facilidad de uso y transportabilidad de los disquetes y la fiabilidad, durabilidad y capacidad de almacenamiento de los discos ópticos. Estos discos proporcionan una densidad de grabación extremadamente alta. Otra ventaja fundamental radica en que la información que se almacena en uno de estos discos puede durar entre 70 y 200 años, lo cual los hace ideales para la conservación de archivos, también sobre uno de estos discos se puede rescribir hasta 1000 veces [MED 2002].

7.4.2.2 Unidad de DVD

Es un dispositivo que se encontraba en desarrollo hasta hace poco tiempo y ahora se ve su introducción. Los aspectos más impactantes del DVD son su capacidad, su interoperabilidad y su compatibilidad retroactiva.

Los primeros DVD tenían una capacidad de almacenamiento de hasta 4.7 GB, lo que es equivalente a 7 CD-ROM, pero esto ha ido en aumento rápidamente, con lo que las empresas desarrolladoras de esta tecnología esperan tener un DVD de 50 GB para el 2005, y para el 2006 aseguran tener un DVD que pueda almacenar 100GB.

Una unidad de DVD normal puede almacenar hasta dos horas de video en movimiento y ofrece una reproducción con muy buena calidad, lo que los hace muy apropiado para el almacenamiento y reproducción de películas. Además cabe destacar que los fabricantes han diseñado las unidades de DVD de modo que sean compatibles con las unidades de CD-ROM de modo que no se pierda la inversión realizada en los CD.

Otro dato importante a destacar es que el formato de datos y la tecnología láser utilizados para el software DVD y para los títulos que se distribuyen en el área de los equipos electrónicos para el hogar son iguales. Por lo tanto, las películas en los discos DVD se reproducen tanto en la televisión como en la PC. Además, existen actualmente unidades de DVD regrabables [COR 2003], [MED 2002].

7.5 Conclusiones

El avance constante de la tecnología permite eliminar las trabas existentes sobre la capacidad de almacenamiento de los distintos dispositivos, el desarrollo constante y la variedad de tecnología hacen que cada vez sea más fácil y menos costoso poder almacenar fotos y películas digitalizadas, además los diferentes formatos de fotos y películas también han avanzado en forma notable facilitando un abanico muy amplio de posibilidades para satisfacer las necesidades específicas de cada usuario.

La reducción de costos a lo largo del tiempo en los dispositivos de almacenamiento permite que cualquier persona pueda tener acceso a este tipo de tecnología, ampliando notablemente las áreas de utilización y variedad de aplicaciones a desarrollar.

Es importante conocer estas tecnologías y poder aplicarlas adecuadamente en el almacenamiento de fotos y películas, permitiendo elegir la más apropiada sobre la base de los requerimientos que cada persona necesita.

Capítulo 8

Conclusiones y trabajo futuro

8.1 Conclusiones

Basándose en el trabajo desarrollado tanto en el tratamiento de fotografías como en el de películas, se obtuvieron buenos resultados en algunas áreas, pero en otras aún se necesitarían realizar otros estudios para lograr la restauración de las mismas en forma total y efectiva.

8.1.1 Tratamiento de Fotografías

En el tratamiento de fotografías se ha podido observar la forma en que trabajan los diferentes filtros diseñados a fin de obtener determinadas características que el usuario desea resaltar o restaurar. Estos filtros trabajan en forma apropiada sobre los diferentes aspectos dañados en la imagen, obteniéndose una fotografía restaurada con una buena calidad visual. Un aspecto importante para el éxito de la restauración es la elección correcta del filtro a utilizar para realizar dicha tarea, como esta varía de acuerdo a las necesidades que el usuario desea resaltar y de las características particulares de cada fotografía, es importante prestar atención a la imagen original y elegir apropiadamente el filtro a utilizar, en caso contrario, la restauración no será eficiente.

En determinados casos es necesario utilizar más de un filtro sobre una fotografía degradada, con el fin de obtener un resultado visualmente aceptable, esto es posible de realizar debido a que cada filtro genera una nueva imagen a partir de la original, por lo tanto es posible utilizar varios filtros sucesivos hasta encontrar el resultado deseado u óptimo.

8.1.2 Tratamiento de Películas

El presente trabajo desarrolla un esquema completo para la restauración de películas en blanco y negro basado en la estimación y compensación de movimiento bidireccional sobre un modelo de descripción del movimiento. La restauración se realiza en varias etapas, cada una de las cuales es de suma importancia para obtener un

resultado satisfactorio. A continuación se describirán los principales resultados obtenidos en cada una de ellas.

Detección de escenas. Este proceso es utilizado con el fin de reconocer las diferentes escenas de una película, permitiendo tener un vector con el frame inicial y final de cada escena, para posteriormente utilizarlos y continuar con la siguiente etapa. Aunque este algoritmo funciona adecuadamente, puede ser perfeccionado en futuras investigaciones.

Filtro de mediana temporal. Esta es una de las etapas más importantes para la eliminación de ruidos de distinto tipo y manchas en la escena de una película, además permite estabilizar la luminosidad de toda la escena, mejorando la calidad visual. Como consecuencia pueden existir objetos que pueden llegar a desaparecer, por lo que es necesario realizar una estimación y compensación posterior con el fin de recuperarlos.

Estimación y compensación bidireccional del movimiento. La posibilidad de utilizar la información que contienen el frame actual, anterior y posterior, junto con el frame filtrado actual, anterior y posterior, permite realizar la estimación de un frame en particular, recuperando los objetos perdidos en la anterior etapa de filtrado en forma eficiente. Este proceso se ve afectado en aquellas escenas que poseen movimientos rápidos, perjudicando la calidad visual de la película.

Costo computacional. El tiempo utilizado en el proceso de restauración de las películas, se ve incrementado excesivamente por el algoritmo de estimación y compensación de movimiento, el cual constituye un cuello de botella en el costo computacional.

8.2 Trabajo futuro

El presente trabajo muestra la posibilidad de realizar una restauración de películas en blanco y negro mediante la incorporación de un esquema de filtrado, junto con una estimación y compensación bidireccional del movimiento, y aunque los resultados finales podrían considerarse satisfactorios, el esquema propuesto puede ser mejorado en forma sustancial con el planteo de diferentes estrategias para cada una de las etapas involucradas en la restauración, pudiéndose profundizar en diferentes temas que no poseen las soluciones óptimas y son factibles de ser mejoradas, en especial, aquellos aspectos y problemas expuestos a lo largo de la presente tesis.

En futuras investigaciones se podrían abarcar los siguientes temas:

- Un esquema diferente al utilizado para modelar el movimiento en cada bloque, sobre la base de la utilización de más de un vector de movimiento para cada bloque u otro tipo de estructura que nos permita tener una mejor estimación del

movimiento, debido a que el esquema actual no encuentra una solución en forma exacta de ciertos tipos de movimientos que pueden existir en una película.

- Mejorar la efectividad del reconocimiento de escenas de una película; debido a que ésta es una etapa inicial importante en el proceso de restauración, por lo cual sería conveniente investigar otro esquema para generar las escenas que componen una película. Una posible solución comprendería el reconocimiento de los objetos dentro de la película y sus movimientos relacionados, o el reconocimiento de bordes de objetos de un frame y sus diferencias con los frames adyacentes.
- Investigar un método de búsqueda de ajuste por bloques que funcione en forma eficiente como lo hace la búsqueda exhaustiva utilizada en este trabajo, pero que obtenga mejor rendimiento en el tiempo de respuesta, sin afectar la calidad visual de la película.
- Un estudio avanzado sobre la posibilidad de realizar un esquema de segmentación variable lo que permitiría tener bloques o secciones de diferentes tamaños. Estos bloques tendrían un tamaño mayor en aquellas zonas donde no existen movimientos a estimar, produciendo un ahorro de recursos; y bloques pequeños donde existen movimientos complejos.
- En busca de una mejora en el costo computacional, sería posible modificar la aplicación transformándola en paralela, permitiendo que instancias de un proceso utilicen diferentes escenas al mismo tiempo. El paralelismo también podría ser aplicado sobre las técnicas de estimación y compensación de movimiento.
- Por último, este trabajo podría derivar en la investigación de la restauración de películas a color, teniendo en cuenta que el procesamiento de este tipo de películas es mucho más complicado debido al problema del incremento de las dimensiones (RGB) y la necesidad de intercambiar información desde y hacia estos planos.

Apéndice A

Aspectos teóricos del tratamiento de imágenes

En este apéndice se presentarán las definiciones básicas que comprenden los algoritmos de realce y restauración de fotografías; como así también ejemplos ilustrativos de la aplicación de dichos filtros.

A.1 Ruido en imágenes digitales - cantidad de ruido

La cantidad de ruido se mide por la varianza del ruido, aunque es más interesante medirla con relación a la energía de la señal o la imagen [DEL 2001].

- Normal

$$error(i,j) = G(i,j) - I(i,j)$$

Donde

$I(i,j)$ = imagen original

$G(i,j)$ = imagen observada

$0 \leq i,j < N$

N = número total de píxeles

i,j = coordenada de un píxel

- Error cuadrático medio

$$e_{RMS} = \frac{1}{N^2 \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (G(i,j) - I(i,j))^2}$$

Es un estimador de la varianza del ruido.

- Relación Señal-Ruido

$$SNR_{RM} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (I(i,j) - Media_I)^2}{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (n(i,j))^2}$$

$Media_I$ es la media de la imagen I

A.2 Realce de imágenes

El siguiente ejemplo presenta una imagen, cuya matriz es la representación de 512 líneas por 512 columnas de valores numéricos, a la cual se le aplica una máscara matricial de 3x3, cuyos valores corresponden a un peso.

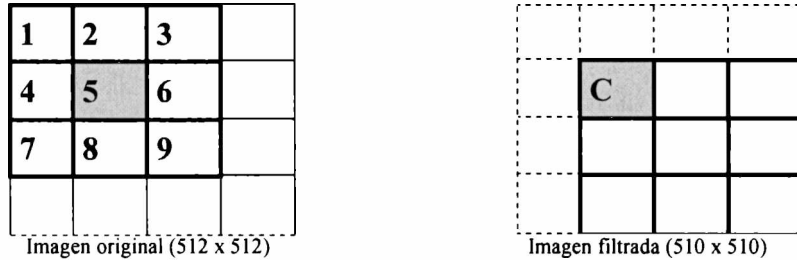


Fig. 2.1) Mascara con centro en la posición (2,2)

La máscara, con centro en la posición (i,j) , se aplica sustituyendo el valor del píxel en esa posición por un nuevo valor, el cual dependerá de los valores de los píxeles vecinos y de los pesos de la máscara. El resultado de esta operación de realce será una imagen con la eliminación de las columnas iniciales y finales de la original [JAI 1989].

A.2.1 Aumento de contraste

La siguiente figura representa la función de aumento de contraste

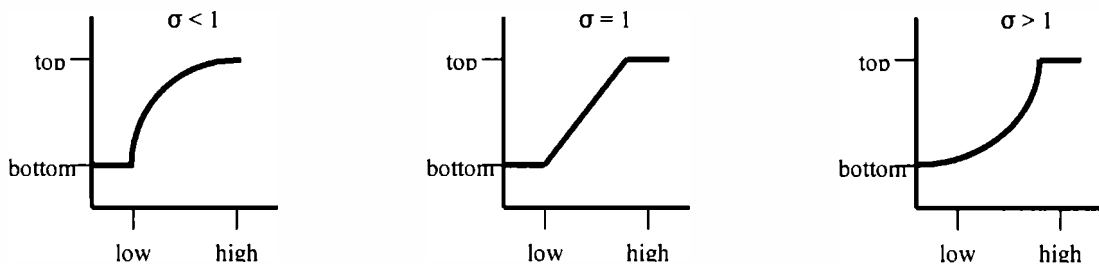


Fig. A.1) Funciones de aumento de contraste [RAM 2000].

A.2.2 Ecuación del histograma

La ecualización se realiza a través de la ecuación de transformación:

$$q = T(r)$$

Donde T es algún operador de transformación y r es el nivel de gris en cada píxel. Usando la función de distribución acumulativa de r se obtiene la mayor densidad de probabilidad uniforme, esta es en forma discreta.

$$q_k = T(r_k) = I_{\max} \sum_{j=0}^k p_r(r_j)$$

para $k = 0, 1, \dots, L - 1$, y donde $I_{max} = L - 1$ sirve para escalar al máximo nivel de gris.

Esta técnica se aplica para realzar el contraste de una imagen. También se utiliza para reducir el número de niveles de grises, de la siguiente manera:

para $k = 0, 1, \dots, Ln - 1$, donde $Ln - 1$ es el nuevo nivel máximo de gris y $Ln < L$, se obtiene una nueva $I_{max} = Ln - 1$ para la ecuación anterior [GAW 1977].

A continuación se mostrara un ejemplo de imagen original y su histograma, junto con la ecualización de la misma y su correspondiente histograma.



Fig. A.2) Imagen Original

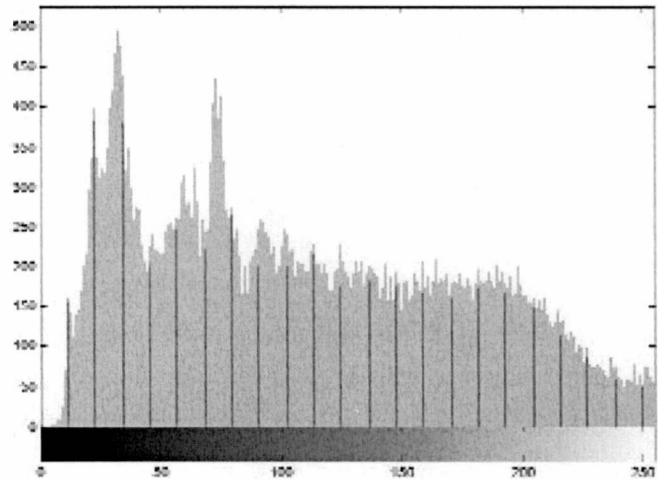


Fig. A.3) Histograma Imagen Original



Fig. A.4) Imagen Ecualizada

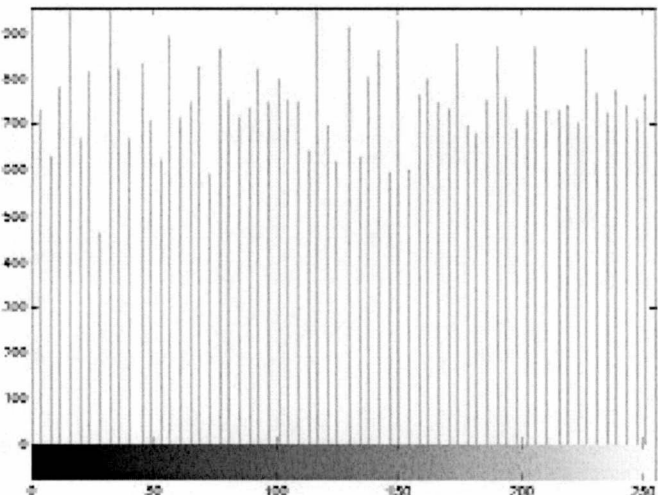


Fig. A.5) Histograma Imagen Ecualizada

A.2.3 Filtro de Media

Para lograr el promediado del filtro de Media se reemplaza cada píxel por la media de sí mismo y sus vecinos. Esto es usualmente descrito como una operación de “kernel”, su implementación puede generalizarse como la suma de los valores de los píxeles en la región multiplicada por un conjunto entero de pesos (W) [RUS 1995].

$$P^*_{x,y} = \frac{\sum_{i,j=-m}^{+m} W_{i,j} * P_{x+i,y+j}}{\sum_{i,j=-m}^{+m} W_{i,j}}$$

El término espacial se refiere al concepto de espacio, en este caso un espacio bidimensional. El objeto bidimensional es una imagen con un ancho y una altura dada.



Fig. A.6) Imagen Original



Fig. A.7) Imagen Filtro Media

A.2.4 Filtro de Mediana

Este filtro funciona de manera similar al filtro de media, reemplazando la función de media por la mediana.

El siguiente es un ejemplo de la aplicación del filtro de Mediana.



Fig. A.8) Imagen Original



Fig. A.9) Imagen Filtro Mediana

A.2.5 Filtro Pasa Bajo

El filtro más sencillo utiliza la máscara con coeficientes unidad (uno) para todos los elementos:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Si a este resultado se le multiplica por un noveno se obtiene la media de todos los píxeles, por lo que el ruido disminuye. Además este filtro supone que la influencia de todos los píxeles es igual.

Otra consideración es que, cuanto más alejado este el píxel del central, su valor será menor [DEL 2001]. En general se puede decir que las máscaras siguen la forma:

1	b	1
b	b^2	b
1	b	1

Donde b puede tomar cualquier valor entero, teniendo en cuenta que mientras más grande sea, puede producir un emborronamiento mayor de la imagen.





Fig. A.10) Imagen Original



Fig. A.11) Imagen Filtrada Paso Bajo

A.2.6 Filtro Pasa Alto

La implementación de este filtro indica que todos los coeficientes cercanos al centro de la matriz deben ser positivos y aquellos que se encuentren en la periferia serán negativos. De igual forma, la suma de dichos coeficientes deberá ser 0, como se ilustra en la siguiente figura:

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Matriz básica de filtro pasa alto

Así, cuando la máscara se encuentra sobre una zona uniforme, la salida proporcionada por esta será cero (0) o próxima a dicho valor. Normalmente, este tipo de filtro elimina también el término de frecuencia cero (0) con lo que la imagen resultante deberá tener valores de grises negativos. Como solo se consideran niveles positivos de grises, los resultados de este filtro necesariamente implican alguna forma de desplazamiento o cambio de escala para que al final los niveles de grises queden en el intervalo indicado. Esto es, porque no es recomendable tomar el valor absoluto de los niveles de la imagen filtrada, debido a que los valores negativos grandes aparecerían como brillantes en la imagen de salida [GAW 1992] [JAI 1989].

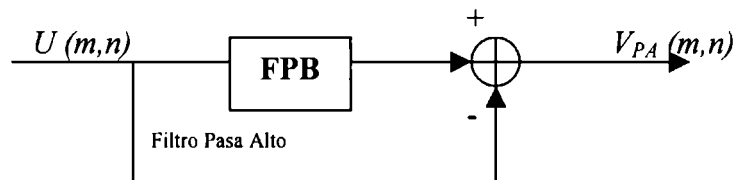




Fig. A.12) Imagen Original



Fig. A.13) Imagen Filtrada Paso Alto

A.2.7 Filtro Gaussiano

Este filtro utiliza máscaras que intentan imitar la forma de una gaussiana [NUB 2001]:

$$G(x, y) = e^{-\frac{(x+y)^2}{2\delta^2}}$$

Una máscara para un entorno de 3x3 y con $\delta = 0.391$ sería:

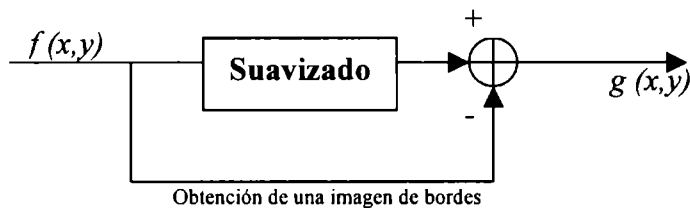
1	4	1
4	12	4
1	4	1

A.2.8 Filtro Unsharp

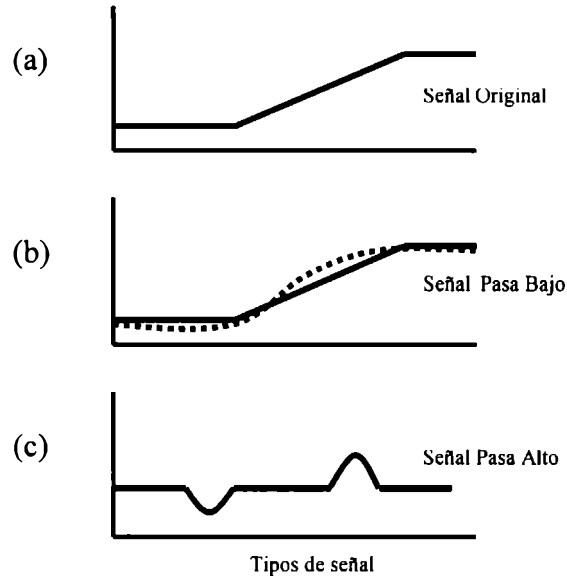
Este método produce una imagen de bordes $g(x,y)$ de una imagen de entrada $f(x,y)$ a través de:

$$g(x,y) = f(x,y) - f_{\text{alisada}}(x,y)$$

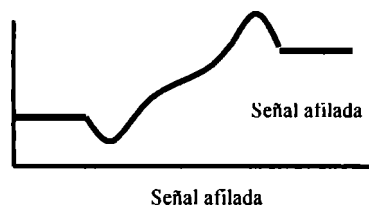
donde $f_{\text{alisada}}(x,y)$ es una versión alisada de $f(x,y)$



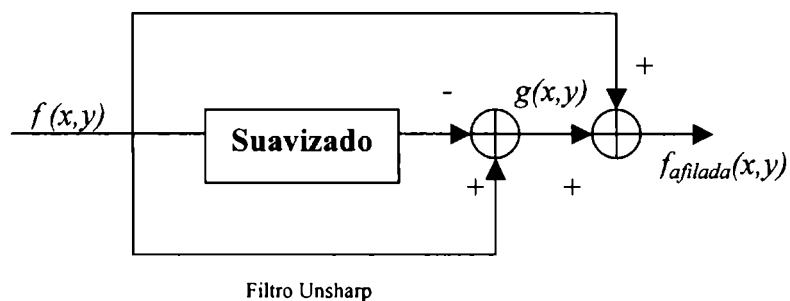
Para entender mejor el funcionamiento del filtro unsharp se debe examinar las características de la respuesta de frecuencia. Si se tiene una señal según la figura(a), y al retirar los componentes de pasa bajo de esa señal, figura(b), se produce la representación de bordes o pasa alto, como se muestra en la figura(c).



Esta imagen de bordes se puede utilizar para mejorar la nitidez (señal afilada) si se incluye nuevamente dentro de la señal original, según lo expuesto en la siguiente figura:



Así, se tiene el filtro Unsharp completo:

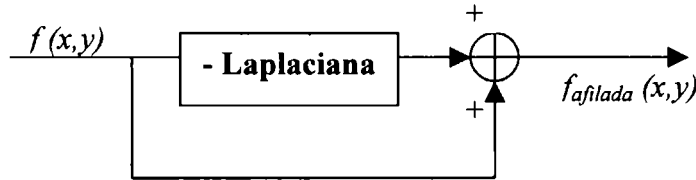


Se puede combinar todo esto en la siguiente ecuación:

$$f_{afilada}(x,y) = f(x,y) + k * g(x,y)$$

Donde k es una constante del escalamiento. Los valores razonables para k varían entre 0.2 y 0.7, siendo los valores más grandes los que proporcionan mayor nitidez.

La manera más común de implementar este filtro es a través del operador de Laplace negativo para extraer la información de pasa alto directamente.



Otra definición de la afiladura espacial

A continuación se mostrarán algunas máscaras Unsharp que permiten obtener una imagen del borde:

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

1	-2	1
-2	4	-2
1	-2	1

Aproximaciones discretas al filtro de Laplace

Estos son filtros negativos, discretos de Laplace. Después de realizar la convolución de una imagen original con un núcleo tal como uno de estos, se necesita solamente el escalado, para ser agregado posteriormente a la imagen original.

Para este método existe otra técnica muy eficiente a fin de otorgarle mas nitidez a las imágenes con un nivel bajo de ruido, mediante un algoritmo de filtrado adaptante.

Podemos redefinir un filtro Pasa Alto como las suma de una colección de núcleos (kernels) direccionales de bordes

1/16

-1	-2	-1
-2	12	-2
-1	-2	-1

Filtro de nitidez

Este filtro puede ser reescrito como 1/16 veces la suma de ocho núcleos sensibles a los bordes como por ejemplo:

0	0	0
-2	2	0
0	0	0

-1	0	0
0	1	0
0	0	0

0	-2	0
0	2	0
0	0	0

0	0	-1
0	1	0
0	0	0

0	0	0
0	2	-2
0	0	0

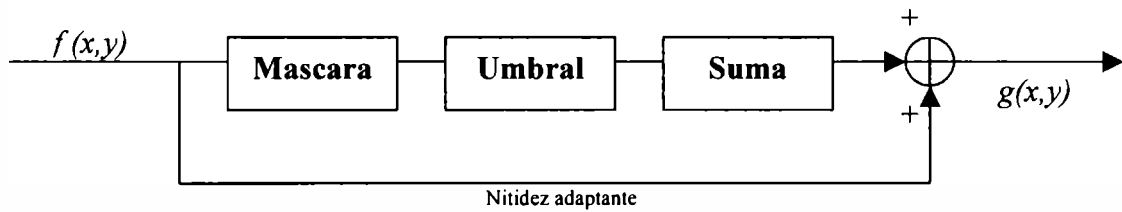
0	0	0
0	1	0
0	0	-1

0	0	0
0	2	0
0	-2	0

0	0	0
0	1	0
-1	0	0

Filtro de nitidez redefinido

El filtrado adaptante realiza el filtrado de la imagen con cada núcleo, y posteriormente suma los resultados que excedan a un umbral dado. Por último se agrega a la imagen original el resultado.



Este uso de umbral convierte al filtro adaptante en el sentido que supera la direccionalidad de cualquier núcleo individual, combinando los resultados del filtrado con la selección de núcleos, cada uno de los cuales corresponde a una dirección del borde inherente en la imagen [GAW 1992] [JAI 1989].



Fig. A.14) Imagen Original



Fig. A.15) Imagen Filtrada Unsharp

A.2.9 Detección de bordes

Básicamente se tienen dos posibilidades para la aplicación de un método de detección de bordes: aplicar la primera (gradiente) o la segunda derivada (laplaciana). [NUB 2001]

Para utilizar los operadores basados en el gradiente es necesario obtener una aproximación del concepto de derivada para espacio discreto. La generalización comúnmente usada se basa en el cálculo de diferencias entre píxeles vecinos.

El operador gradiente G aplicado sobre una imagen $f(x,y)$ se define como:

$$\nabla f(x, y) = [G_x \ G_y] = \left[\frac{\partial f}{\partial x} \ \frac{\partial f}{\partial y} \right]$$

El vector gradiente representa la variación máxima de intensidad para el punto (x,y) .

Por ello es importante conocer su módulo y dirección que serán dados por:

$$|\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

$$\angle \nabla f = \arctan\left(\frac{G_x}{G_y}\right)$$

Como las señales digitales no son señales continuas, la expresión del gradiente esta dada por:

$$\nabla f(x, y) = [G_x \ G_y] = \left[\frac{\Delta f}{\Delta x} \ \frac{\Delta f}{\Delta y} \right]$$

la cual se puede representar por las siguientes máscaras:

$$G_x = \frac{\Delta f}{\Delta x} \quad \begin{array}{|c|c|} \hline -1 & 1 \\ \hline \end{array} * f(x,y)$$

$$G_y = \frac{\Delta f}{\Delta y} \quad \begin{array}{|c|} \hline -1 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array}$$

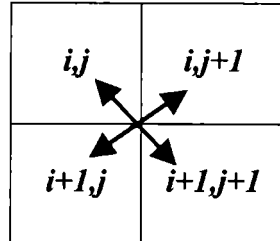
Como estas máscaras tienen en cuenta solamente la información de dos píxeles, normalmente son muy sensibles al ruido y es por ello que no son utilizadas. Se han desarrollado filtros que además de calcular el gradiente, también son menos sensibles al ruido [DEL 2001].

A.2.9.1 Operador de Roberts

Este operador utiliza máscaras pequeñas de dimensión 2x2, donde una representa la rotación en 90° de la otra, calculado la suma de los cuadrados como la diferencia de los valores diagonales.

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

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



Máscaras del operador Roberts

La fórmula que representa esta operación es:

$$R(i, j) = \sqrt{(f(i, j) - f(i + 1, j + 1))^2 + (f(i, j + 1) - f(i + 1, j))^2}$$

De esta forma si $R(i, j) = 0$ entonces el punto (i, j) tendrá una luminosidad uniforme; mientras que si existe una discontinuidad entre las columnas j y $(j+1)$, entonces $R(i, j)$ tendrá un valor mas alto y por lo tanto un tono mas oscuro [PAV 1982].

Debido a que en una imagen se pueden localizar dos ventanas simultaneas, se puede simplificar el operador, por eficiencia, usando valores absolutos en lugar de las raíces cuadradas, por lo que la fórmula queda:

$$R(i, j) = |(f(i, j) - f(i + 1, j + 1)) + (f(i, j + 1) - f(i + 1, j))|$$



Fig. A.16) Imagen Original



Fig. A.17) Imagen filtrada por Roberts

A.2.9.2 Operador de Prewitt

Este operador utiliza las siguientes máscaras [MOL 1998].

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

-1	-1	1
0	0	0
1	1	1

Máscaras del Operador de Prewitt.



Fig. A.20) Imagen Original



Fig. A.21) Imagen filtrada por Prewitt

A.2.9.3 Operador de Sobel

Utiliza dos máscaras para componer un único resultado. La máscara(a) detecta las variaciones horizontales y la máscara(b), en sentido vertical. [MOL 1998].

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Máscara (a)

-1	-2	1
-1	0	1
-1	2	1

Máscara (b)



Fig. A.18) Imagen Original



Fig. A.19) Imagen filtrada por Sobel

A.3 Restauración de Imágenes

La restauración de imágenes difiere del realce de imágenes en que esta última se preocupa más por la acentuación o extracción de las cualidades de la imagen que por restaurar sus degradaciones.

A.3.1 Filtrado Inverso

A continuación se muestra un ejemplo de la aplicación de los dos métodos de filtrado inverso: pseudo-inverso e interactivo



Fig. A.22) Imagen Original



Fig. A.23) Imagen con ruido a restaurar



Fig. A.24) Imagen restaurada con filtro Seudo-Inverso



Fig. A.25) Imagen restaurada con filtro Inverso Interactivo

A.3.2 Filtrado de Wiener

Las siguientes figuras muestran la aplicación del filtro de Wiener sobre una imagen emborronada.



Fig. A.26) Imagen Original



Fig. A.27) Imagen con ruido y fuera de foco



Fig. A.28) Imagen restaurada con filtro de Wiener

Apéndice B

Contenido del CD-ROM

El CD-ROM que acompaña el presente trabajo se encuentra dividido en dos partes; la primera contiene los capítulos desarrollados en la tesis y la segunda esta conformada por dos sistemas; el primero implementa los algoritmos para restauración de fotografías y el segundo, implementa el desarrollo propuesto para la restauración de películas.

B.1 Capítulos

El trabajo se encuentra dividido en ocho capítulos y tres apéndices, los cuales están almacenados en formato Adobe Acrobat y se ubican en la carpeta **Capítulos**.

B.2 Sistemas

Para el desarrollo de las aplicaciones se han combinado dos lenguajes; el Visual Basic con la que se obtiene una interface visual y amigable, y el ambiente MathLab, el cual permite utilizar técnicas avanzadas para el manejo matrices, permitiendo una mayor velocidad de cálculo y tiempos de respuestas inferiores.

- **Requerimientos**

Para la ejecución de los sistemas es necesario como mínimo, una PC con un procesador Pentium o similar de 800 Mhz., 256 Mb. de memoria RAM, Espacio de Disco de 5 Gb.

En cuanto al software se requiere tener instalado el lenguaje MathLab V.6.0.

- **Instalación de los sistemas**

El archivo de instalación se denomina SETUP.EXE y se encuentra almacenado en las carpetas Sistemas\ProgramaImágenes y Sistemas\ProgramaPelículas.

La ejecución de los archivos SETUP.EXE crearan dos carpetas por defecto en la ubicación C:\Tesis\ProgramaImágenes y C:\Tesis\ProgramaPelículas, además se generaran dos accesos directos a los sistemas

- **Ejecución**

Para el sistema de restauración de fotografías es necesario ejecutar el acceso directo que se encuentra en Inicio -> Programas -> ProgramaImágenes -> ProgramaImágenes.

En este instante se ejecutara el sistema y además, se crea una instancia de MathLab, la que permanecerá minimizada en la barra de tareas y a la cual es necesario modificar el Path por defecto para que el sistema funcione correctamente.

Para modificar el Path de MathLab se debe presionar el botón del menú File -> Set Path, el cual abrirá una ventana donde presionando el botón Add Fólder, se debe seleccionar el path donde se encuentra nuestra aplicación, en este caso, C:\Tesis\ProgramaImágenes. Luego presionar el botón Aceptar y posteriormente el botón Save.

Ahora el sistema se encuentra en condiciones de ser utilizado.

Para la instalación del sistema de Películas se debe seguir el mismo procedimiento que el sistema de Imágenes, seleccionado el Path C:\Tesis\ProgramaPelículas.

B.3 Ejemplo del sistema de Fotografías

En la Carpeta **EjemploFotografías** se encuentran almacenadas las fotografías que han sido modificadas a través de los algoritmos de restauración y realce de imágenes implementados en el sistema de fotografías.

B.4 Ejemplo del sistema de Películas

Las películas originales utilizadas en las pruebas del algoritmo de restauración de películas, como así también el resultado de dichos procesos, se encuentran en la Carpeta **EjemploPelículas**.

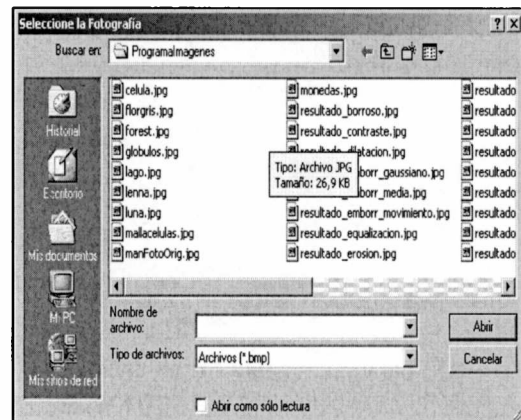
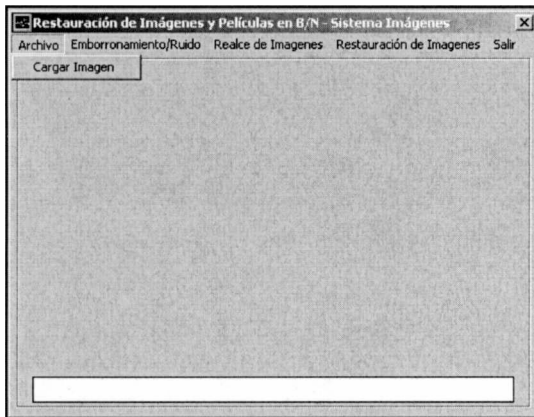
Apéndice C

Manual del Usuario

C1 Manual del Sistema Imágenes

- **Cargar una imagen**

Para utilizar una imagen dentro del sistema, es necesario ingresar la misma al sistema, mediante la opción de menú Archivo - Cargar Imagen.



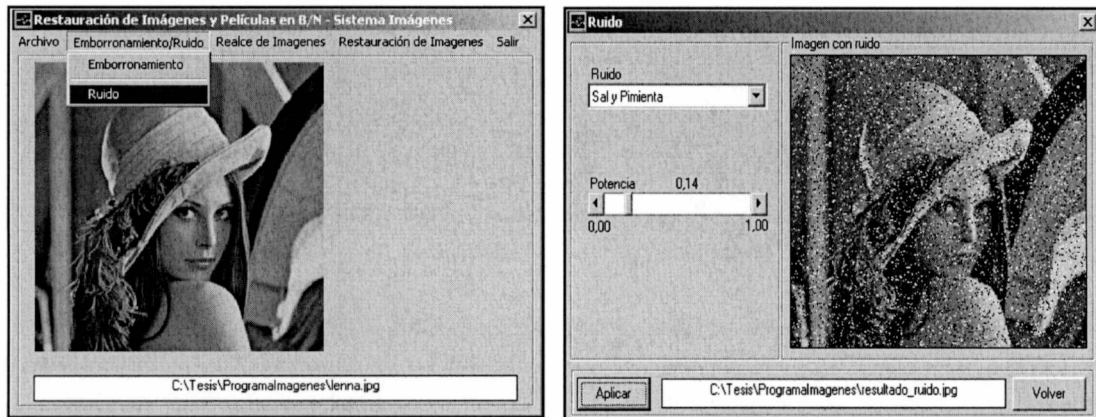
- **Emborronamiento**

Para crear el efecto de emborronamiento en una imagen, se puede utilizar la opción de menú Emborronamiento/Ruido - Emborronamiento, la cual permite especificar tres tipos de emborronamientos: Gaussiano, De Movimiento y De Media; como así también parámetros específicos de cada uno de ellos.



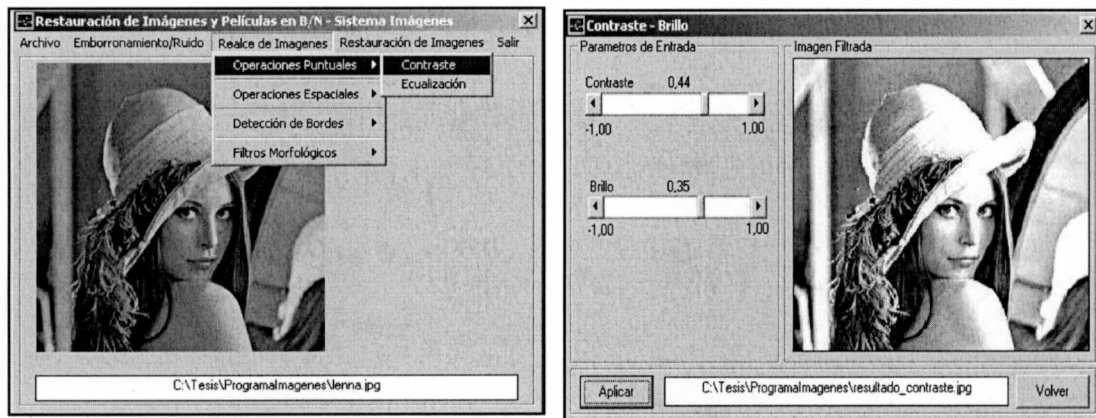
- **Ruido**

Para agregar ruido en una imagen, se encuentra la opción de menú Emborronamiento/Ruido - Ruido, la cual permite especificar tres tipos de ruidos: Gaussiano, Sal y Pimienta y Marcado; como así también la potencia de cada uno de ellos.



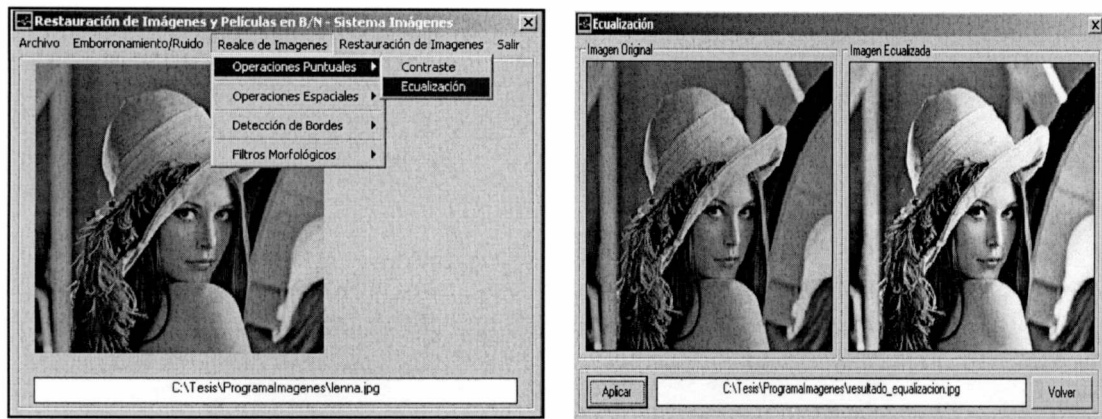
- **Realce de imágenes - Operaciones Puntuales - Contraste**

La opción de menú Realce de Imágenes - Operaciones Puntuales - Contraste, permite modificar el brillo y contraste de una imagen.



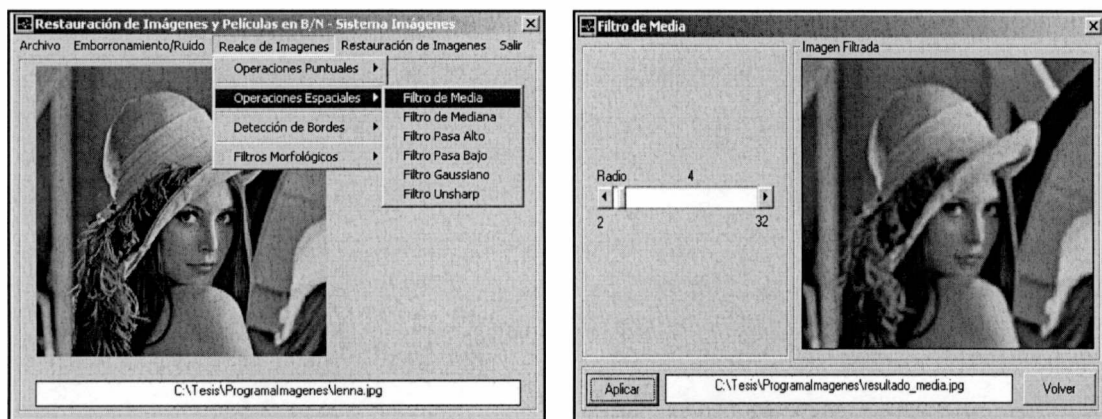
- **Realce de imágenes - Operaciones Puntuales - Ecuilización**

La opción de menú Realce de Imágenes - Operaciones Puntuales - Ecuilización, permite realizar el proceso de ecualización sobre la imagen.



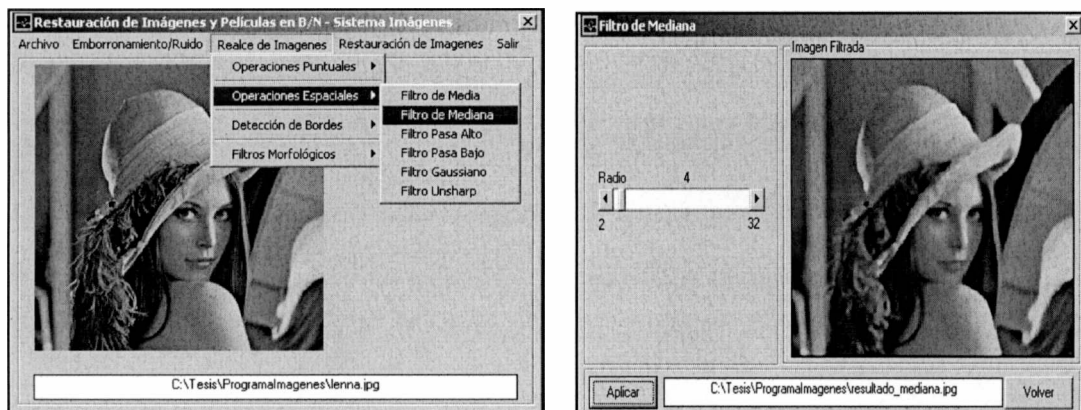
- **Realce de imágenes - Operaciones Espaciales - Filtro de Media**

Para aplicar el Filtro de Medio existe la opción de menú Realce de Imágenes - Operaciones Espaciales - Filtro de Media, donde se puede especificar el radio del filtro.



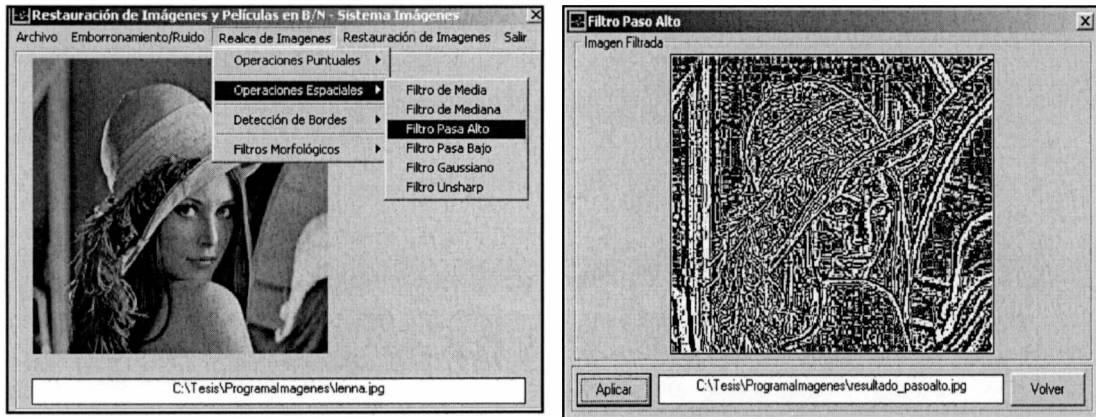
- **Realce de imágenes - Operaciones Espaciales - Filtro de Mediana**

Al igual que con el filtro de media, la siguiente opción aplica el Filtro de Mediana, en la cual se puede variar el radio del filtro.



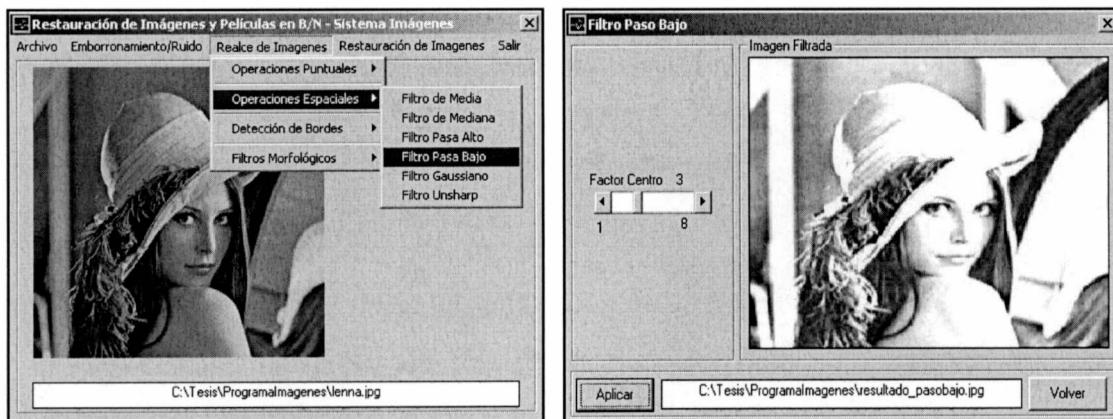
- **Realce de imágenes - Operaciones Espaciales - Filtro Pasa Alto**

Mediante esta opción de menú se puede apreciar el funcionamiento del Filtro Pasa Alto.



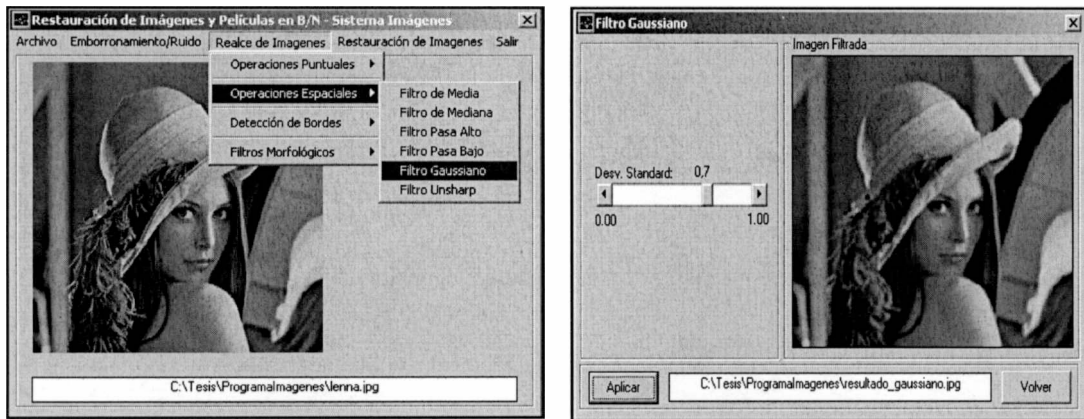
- **Realce de imágenes - Operaciones Espaciales - Filtro Pasa Bajo**

Ídem opción anterior para Filtro Pasa Bajo.



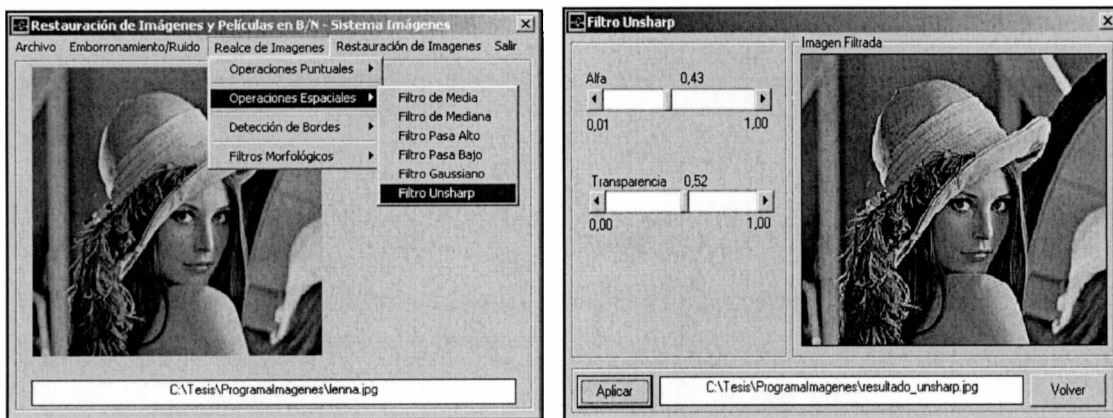
- **Realce de imágenes - Operaciones Espaciales - Filtro Gaussiano**

Por medio de esta opción de menú se aplicara el Filtro Gaussiano, donde se puede especificar la desviación estándar.



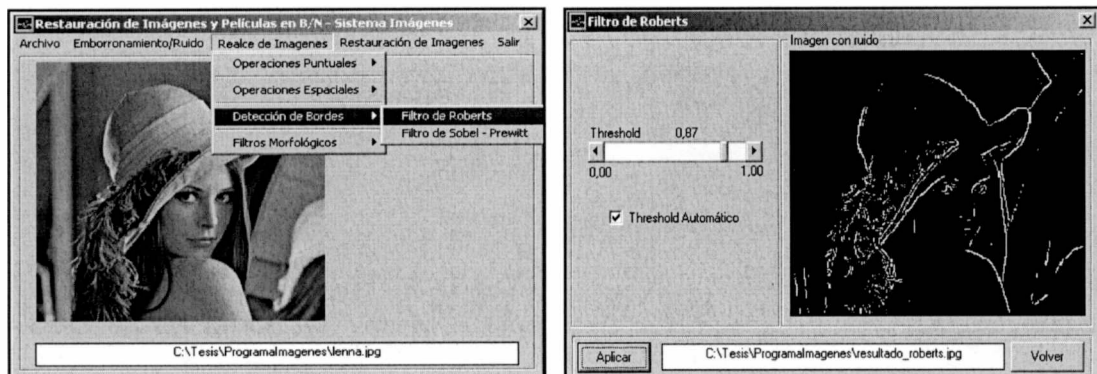
- **Realce de imágenes - Operaciones Espaciales - Filtro Unsharp**

Por medio de la opción de menú Realce de imágenes - Operaciones Espaciales - Filtro Unsharp se permite aplicar el Filtro Unsharp, especificando los parámetros alfa y transparencia.



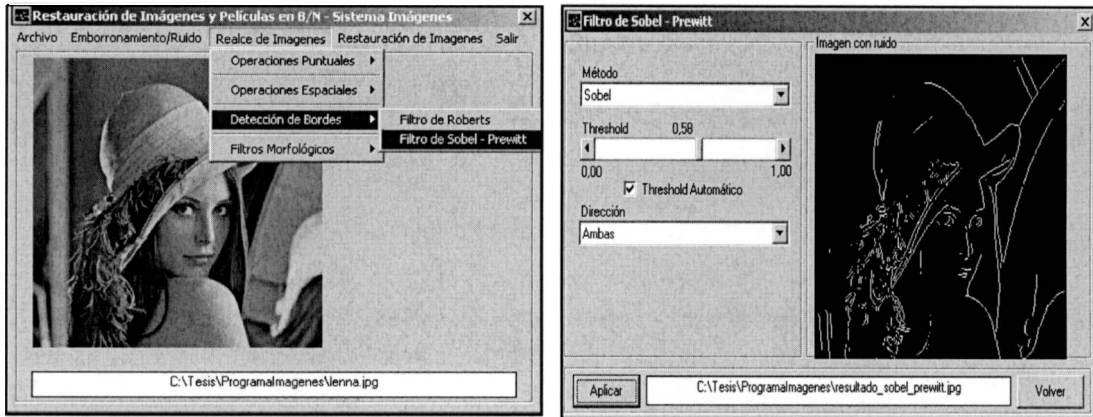
- **Realce de imágenes - Detección de Bordes - Filtro de Roberts**

Para aplicar el Filtro de Roberts existe la opción de menú Realce de Imágenes - Detección de Bordes - Filtro de Roberts, donde se puede especificar el threshold o generarlo automáticamente.



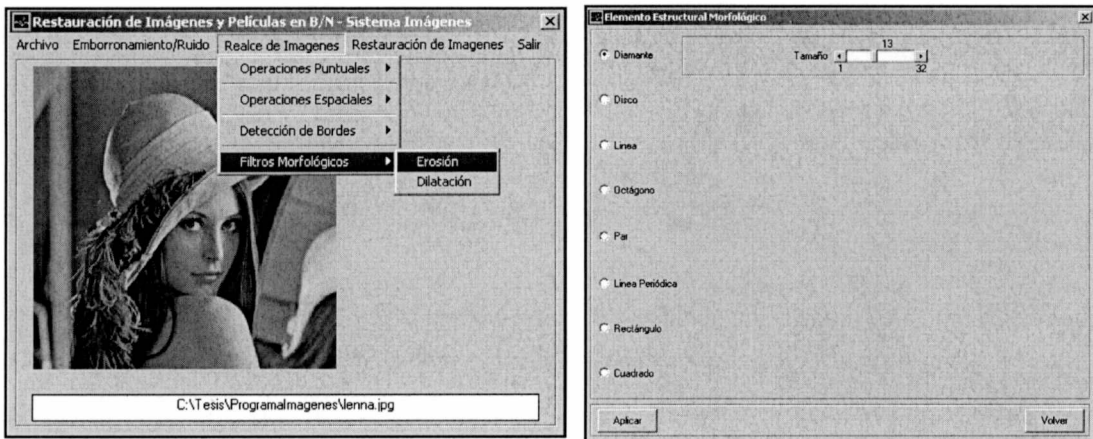
- **Realce de imágenes - Detección de Bordes - Filtro Sobel Prewitt**

Para aplicar el Filtro de Sobel o Prewitt existe la opción de menú Realce de Imágenes - Detección de Bordes - Filtro de Sobel-Prewitt, donde se puede especificar el Método de detección, el threshold y la dirección de aplicación.



- **Realce de imágenes - Filtros Morfológicos - Erosión**

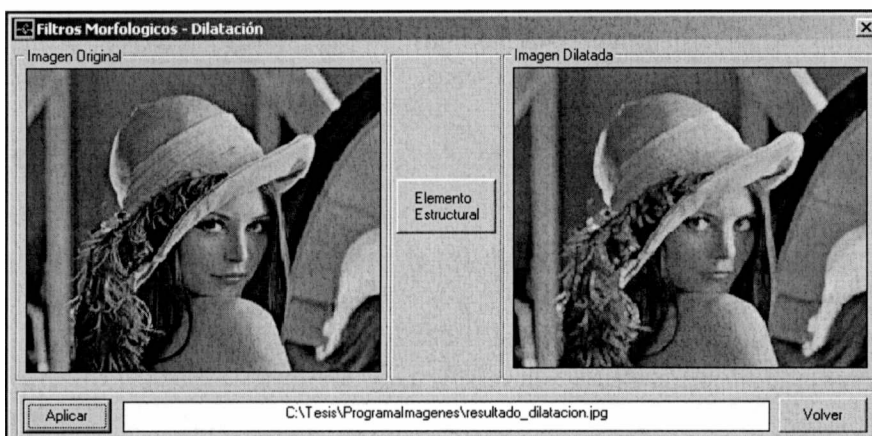
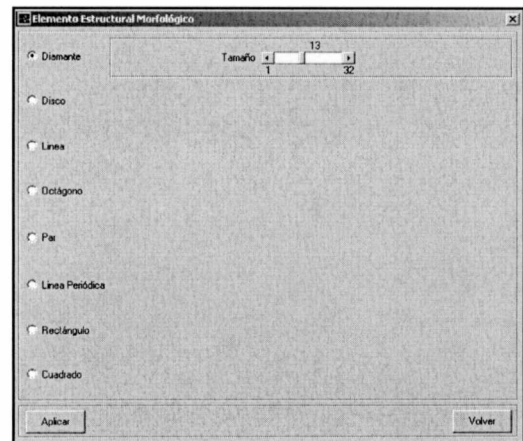
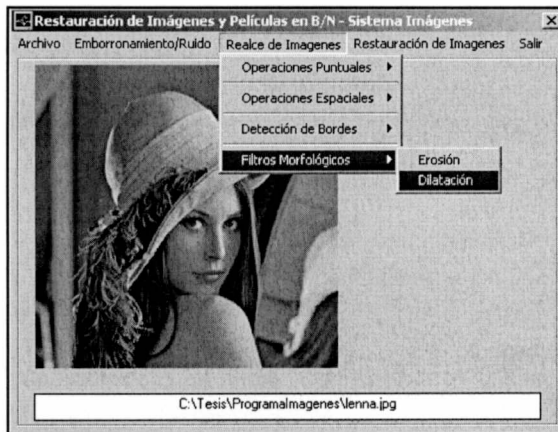
Mediante la opción de menú Realce de Imágenes - Filtros Morfológico - Erosión, se puede aplicar el Método de erosión sobre la imagen, especificando el elemento estructural a ser aplicado.





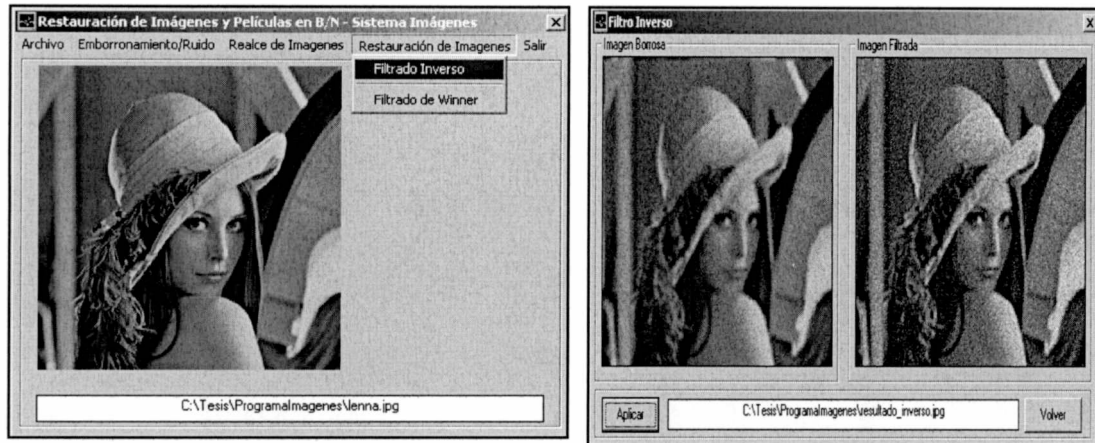
- **Realce de imágenes - Filtros Morfológicos -Dilatación**

La dilatación se aplica de la misma forma que la erosión.



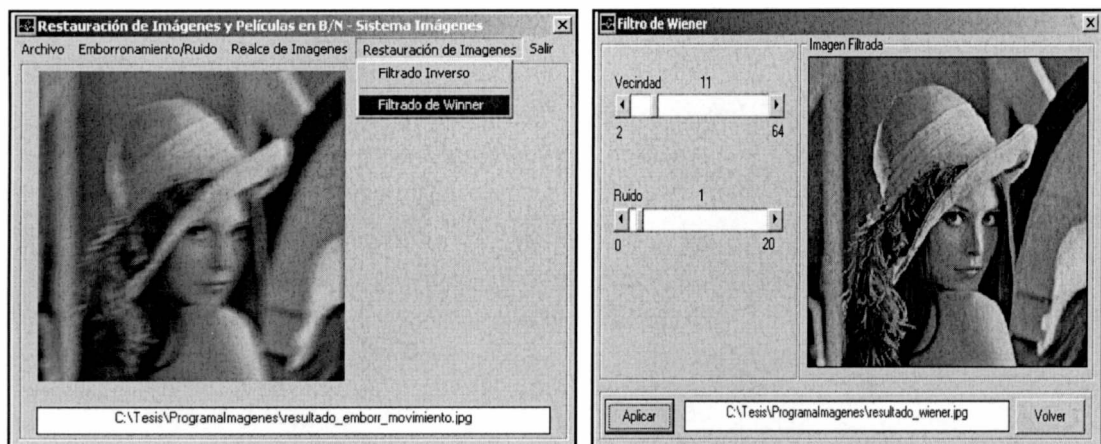
- **Restauración de imágenes - Filtro Inverso**

La aplicación del Filtro Inverso se realiza mediante la opción de menú Restauración de imágenes - Filtrado Inverso, donde se generará a partir de la imagen original, una imagen emborronada y la correspondiente imagen procesada por dicho filtro.



- **Restauración de imágenes - Filtro de Wiener**

El Filtro de Wiener se realiza mediante la opción de menú Restauración de imágenes - Filtro de Wiener, donde se generará a partir de la imagen emborronada, la restauración de la misma, especificando la vecindad y el ruido a ser aplicados.



En todas las opciones de menú, existe un cuadro en la parte inferior de las pantallas, que indica la dirección física de almacenamiento de la imagen que fueron procesadas.

C2 Manual del Sistema Películas

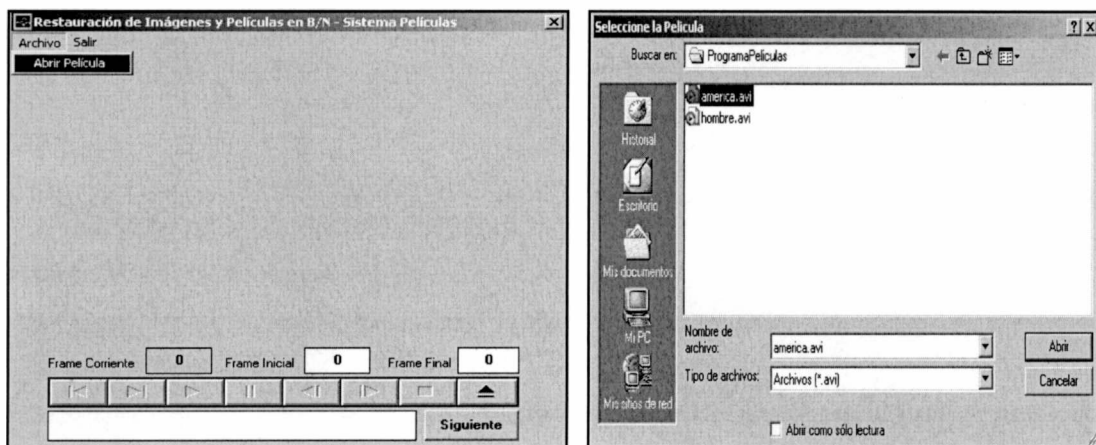
La restauración de una película se realizara a través de varios pasos, los cuales se describirán a continuación.

- **Cargar y Reproducir una Película**

Para realizar el proceso de restauración de una película, es necesario ingresar la misma al sistema, mediante la opción de menú Archivo - Cargar Imagen. Una vez realizado este proceso se la podrá visualizar a través de las opciones de la barra de ejecución.

Para procesar parte de la película se pueden modificar los valores de Frame Inicial y Frame Final

Mediante el botón Siguiente, el sistema continua hacia el proceso que permitirá detectar las escenas correspondientes de la misma.

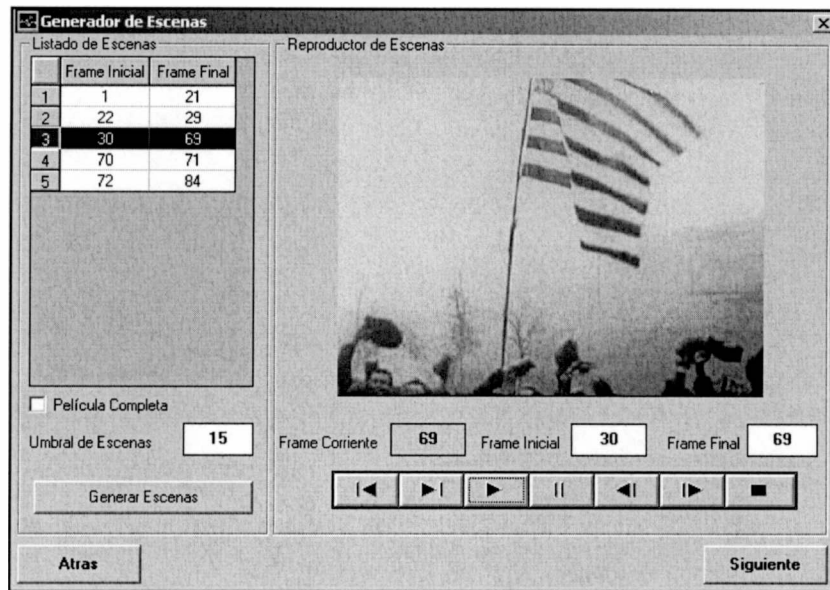


- **Generar y Reproducir Escenas**

Esta opción se utiliza para la detección de escenas que componen la película. A través del botón Generar Escenas, el sistema generara la secuencia de escenas que la misma contiene, permitiendo variar el umbral de escenas utilizado en este proceso.

Se podrán reproducir cada escena en particular mediante la selección de una de ellas en el cuadro Listado de Escenas, como así también la reproducción conjunta de ellas seleccionando la opción Película Completa.

Mediante el botón Siguiente, el sistema continua hacia el proceso de Filtrado de Mediana Temporal.

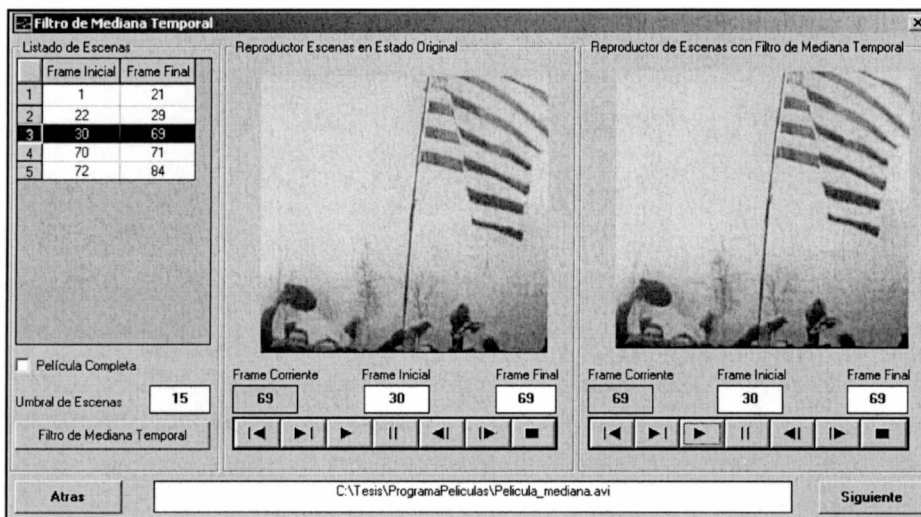


- **Filtro de Mediana Temporal - Reproducir Escenas con y sin Filtrado**

Mediante el botón Filtro de Mediana Temporal, se procederá al filtrado a través del Filtro de Mediana Temporal de la película. Posteriormente dicho proceso, como así también la película original, puede ser visualizado a través de las opciones de ejecución de la película.

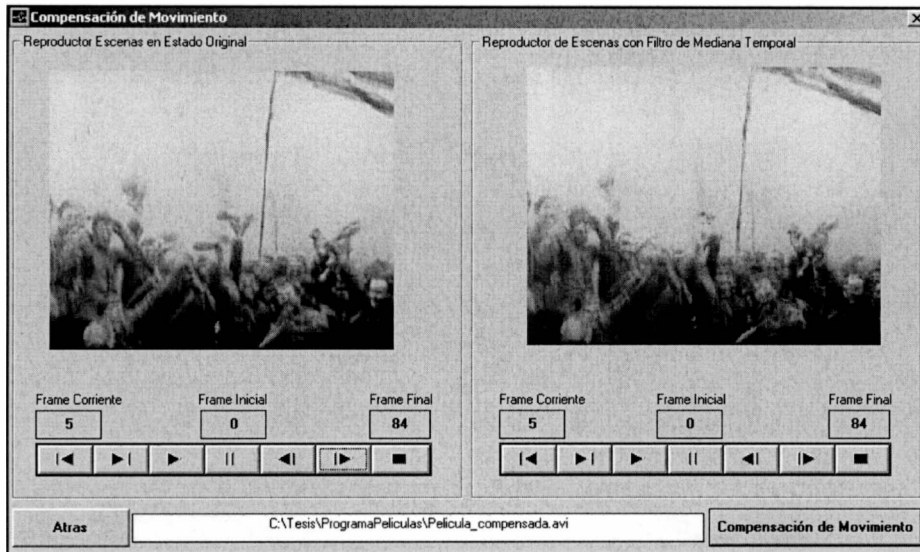
El cuadro situado en la parte inferior de la pantalla indica la dirección física donde se encuentra almacenada la película filtrada.

Con el botón Siguiente, el sistema continua hacia el último proceso, el cual esta compuesto por la compensación del movimiento y la aplicación del Filtro de Post-Procesamiento.



- **Compensación de Movimiento - Post Procesamiento - Reproducir Escenas**

Mediante el botón Compensación de Movimiento, se procederá a aplicar la compensación de movimiento y el Filtro de Post-Procesamiento, siendo estos los pasos finales de la restauración de la película.



El cuadro situado en la parte inferior de la pantalla indica la dirección física donde se encuentra almacenada la película restaurada.

Referencias

- [ACP 1999] Asociación para la Conservación del Patrimonio Cultural de las Américas. *Colecciones De Historia Natural: Almacenamiento de Colecciones y Datos a Largo Plazo*. Invierno 1999.
- [ADB 2003] Federación Internacional De Asociaciones De Bibliotecarios.
- [AMT 1997] Dr. Ing. Eligio Amthauer. *Tutorial Procesamiento digital de imágenes*. DIE-CTS.
- [ANI 2001] *Formatos de archivos audio / video. CODEC Streaming / Multimedia*. Animania Multimedia. <http://animania.com.ar/multimedia>
- [CDG 2003] Cecilia Díaz González. *Estabilización del material fotográfico*.
- [COR 2003] *Tutorial de Digitalización de Imágenes*. Biblioteca de la Universidad de Cornell. <http://www.library.cornell.edu/preservation/tutorial-Spanish>.
- [CUE 1998] P. Cuenca, *Compresión de Video por MPEG*. Universidad de Castilla y La Mancha. <http://www.info-ab.uclm.es/asignaturas/42609/Tema4/sld035.htmf> 1998.
- [CUM 1950] Cummings, J. W. *Spontaneous Ignition of Decomposing Cellulose Nitrate Film*. Journal of the SMPTE, v. 54.
- [DEL 2001] De la Escalera Arturo. *Vision por Computador. Fundamentos y Métodos*. España, Prentice Hall, 2001.
- [FYR 2002] Fischer, M. y Robb, A. *Guidelines for Care and Identification of Film-Based Photographic Materials*. <http://palimpsest.stanford.edu/byauth/fischer/>
- [GAW 1977] R.C. Gonzales and P. Wintz. *Digital Image Processing*. Adisson-Wesley, 1977.
- [GAW 1992] Gonzales Rafael C. and Woods Richard E. *Digital Image Processing*. Adisson-Wesley, Publishing Company, 1992.
- [GEA 1996] Gary E. Albright. *Northeast Document Conservation Center*
- [GUS 1996] H. Gu, Y. Shirai y M. Asada. *MDL-based segmentation and motion modeling in a long image sequence scene with multiple independently moving objects*. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 18, no. 1, pp. 59-65, Ene.1996.

- [HOS 1981] B. Horn y B. Schunck. *Determining Optical Flow*. Artificial Intelligence, no. 17, p. 185-203, 1981.
- [IPI 2000] Image Permanence Institute. *Preservation Calculator* http://www.rit.edu/~661www1/sub_pages/frameset2.html
- [JAC 2002] José L. Alba Castro. *Realzado de Imágenes*. Universidad de Vigo
- [JAI 1989] Jain A.K. *Fundamentals of digital image processing*, Prentice Hall, 1989.
- [KOD 2000] Manual del Director de Fotografía Sexta Edición, Junio 2000. <http://www.kodak.com/cgi-bin/KODAK>.
- [KOS 1994] D. Kottke y Y. Sun. *Motion estimation via cluster matching*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 16, no. 11, Nov. 1994, pp. 1128-1132.
- [MED 2002] Departamento de Control de Calidad y Auditoría Informática, *Medios de Almacenamiento*. <http://sistemas.dgsca.unam.mx/publica/pdf/medalform.pdf>.
- [MES 2002] Messier, P. *Preserving your Collection of Film-Based Photographic Negatives*. <http://palimsest.stanford.edu/byauth/messier/negrmcc.html>.
- [MOL 1998] Molina R. *Introducción al Procesamiento y Análisis de Imágenes Digitales*. Departamento de Ciencias de la Computación e I.A. Universidad de Granada. 1998.
- [MOR 1994] Morten Jacobsen. *Almacenamiento de Películas y Detección del Síndrome de Vinagre*, Dancan International Sales.
- [MOR 1999] Morales Salcedo, R. *Aplicaciones de la Videoconferencia en Bibliotecas Digitales*. Tesis Maestría. Ciencias con Especialidad en Ingeniería en Sistemas Computacionales. Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas-Puebla.
- [NUB 2001] Nubia Liliana Montes Castrillón. *Desarrollo de Algoritmos de Segmentación*. Manizales. Colombia, 2001.
- [NUN 1994] Núñez. *Estimación del movimiento en televisión*, Universidad Politécnica de Madrid, 1994.
- [OAG 2002] Orozco Alejandra G. *Archivos e Investigación Gestión De Los Archivos Audiovisuales*. Bogota, 2002.
- [PAR 2003] Paula Argomedo Ruíz de Velasco. *La gelatina fotográfica*.
- [PAV 1982] Pavlidis T. *Algorithms for Graphics and Image Processing*. Computer Science Press, 1982
- [RAM 2000] Ramirez m. <http://gente.pue.udlap.mx/~mramirez/notaspdi>.
- [REI 1993] Reilly, J.M., *IPI Storage guide for acetates*, IPI, Rochester, Nueva York, 1993.

- [REI 2002] Reilly, J. M., *Ipi Storage Guide For Acetate Film*, http://www.rit.edu/~661sub_pages/frames2.html.
- [RUS 1995] Russ John C. *The Image Processing Handbook*. CRC Press, 2a. ed. 1995.
- [SCH 1995] H. Schweitzer. *Occam algorithms for computing visual motion*. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 17, no. 11, pp. 1033-1042, Nov. 1995.
- [SOM 1998] J. M. Sotoca. *Estimación de movimiento*. Universidad Jaime, 1998.
- [SOR 1999] Rafael Molina Soriano. *Estimación del campo de movimiento en el plano de la imagen. Métodos basados en bloques*. Depto. Ciencias de la Computación e IA Universidad de Granada, 1999.
- [SOT 1998] Sotomayor. *Codificación de Video a Baja Velocidad, Basada en Regiones y en Estimación y Compensación Bidireccional del Movimiento*, Universidad Politécnica de Madrid, 1998.
- [TRU 1998] Trucco E., Verry A. *Introductory Techniques for 3D Computer Vision*. USA, Prentice Hall, 1998.
- [VOL 1986] Volkman, H. *The structure of cinema films: preservation and restoration of moving images*, FIAF, Bruselas, 1986.
- [VPO 1989] A. Verri y T. Poggio. *Motion field and optical flow: qualitative properties*. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 11, no. 5, pp. 490-498, May. 1989.
- [ZHA 1995] Z. Zhang. *Estimating motion and structure from correspondence of line segments between two perspective images*. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 17, no. 12, pp. 1129-1139, Dic. 1995.
- [ZON 2003] <http://www.zona10.com.mx/revista/>.

Lecturas adicionales

- Andrews, H.; Hunt, B. *Digital Restoration*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1977.
- Bates R. and McDonnell M. *Restoration and Reconstruction*. The Oxford engineering science series; 16, NY: Oxford University Press, 1986.
- Captura y Almacenamiento de Imágenes Gentileza de Revista Foto Zoom.
- Castiñeiras F., Fernández X.. Implementación sobre PC del Estándar JPEG. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Vigo.
- Dirección General del Libro y Bibliotecas. *Principios para la preservación y conservación de los materiales bibliográficos*, Dirección General del Libro y Bibliotecas, Ministerio de Cultura, Madrid,1988.A.V. Oppenheim, R.W. Schaffer: *Digital Signal Processing*. Prentice Hall, 1975.
- ETTER, *Solución de Problemas de Ingeniería con MATLAB*, 2a. Ed.
- Faúndez Marcos. *Tratamiento digital de voz e imagen y aplicación a la multimedia*. Barcelona, Marcombo 2000.
- Faúndez Marcos, Francesc Tarrés Ruiz y Francesc Vallverdú Bayes. *Codificación de los Vectores de Movimiento con Bloques de Tamaño Variable*. Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones. ETSETB. UPC. C/ Gran Capitán s/n, módulo D5 08034 Barcelona.
- Glassner S. *Principles of Digital Image Synthesis*, Morgan Kaufmann Publishers, Inc, 1985.
- Gschwind R. and Frey F., *Electronic imaging, a tool for the reconstruction of faded color photo graphs*. J. of Imaging Science and Technology, 38(6), p. 520, 1994.
- Guía del Image Permanence Institute para el almacenamiento de Películas de Acetato. Biblioteca Nacional de Venezuela, Centro Nacional de Conservación de papel Centro regional IFLA-PAC para America Latina y El Caribe. Comisión de Preservación y acceso Council on Library and Information. Caracas, Venezuela.
- Hernández, Antonio. La Fotografía digital.

- ISO. Draft for the MPEG International Standard.
- Izaguirre, Gonzalez, Lopez Nozal. *Determinación del movimiento a partir de secuencias de imágenes*, Departamento de Electrónica y Comunicaciones ETSII y IT de Bilbao.
- Marchand P. *Graphics and GUIs with MATLAB*, CRC Press, Inc., 1996.
- *MATLAB Reference Guide*: The MathWorks, Inc., Natick, Mass., 1992.
- Murat Tekalp. *Digital Video Processing*, Prentice Hall, 1995.
- Osorio Alarcón Fernando. *Que hacer antes de digitalizar una colección fotográfica*.
- Pardàs M. y Salembier P. *3D morphological segmentation and motion estimation from image sequences*. *Signal Processing*, vol. 38, no. 1, pp. 31-43, Jul. 1994.
- Pérez Nicolás, Fundamentos del tratamiento de imagen <http://www.etsimo.uniovi.es/vision/intro>.
- Schafer, R.; Mersereau, R.; Richards, M. *Constrained Iterative Restoration Algorithms*, Proc. IEEE, vol. 69, April 1981, pp. 432-450.
- Schwartz M., Shaw L. *Signal Processing: Discrete Spectral Analysis, Detection and Estimation*. McGraw-Hill, 1975.
- Torres Urgell L., Lleida Solano E., Casas Pla J.R.. *Sistemas Analógicos y Digitales de Televisión*. Servicio de Publicaciones de la UPC.
- Universidad Autónoma Metropolitana de México, *Filtrado de imagen* <http://itzamna.uam.mx/joaquin/RECPDI/f5fwien/outlinee.htm>.
- University of Leeds, *Image Filtering and Compression* http://mulan.eng.hmc.edu/~rwang/e101/project_1.
- Van Bogart John W.C. *Almacenamiento y manipulación de cintas magnéticas*, National Media Laboratory.
- VRStore de Vision Robotics. Servicio integral de digitalización de archivos históricos.



BIBLIOTECA
FAC. DE INFORMÁTICA
U.N.L.P.

DONACION.....LINTI.....
S.....
Fecha.....23-10-02.....
Inv. E.....Inv. B.....
002956

TSC
04116
002956

TES
04/16
DIF-02956
SALA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE INFORMATICA
Biblioteca
50 y 120 La Plata
catalogo.info.unlp.edu.ar
biblioteca@info.unlp.edu.ar



DIF-02956