

Evaluación de técnicas usadas en la restauración de imágenes afectadas por desenfoque (BLUR)

Valuation of techniques used in images restoration affected by Blur

John J Sanabria S, John F Archila D

Ingeniería electrónica, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

john.sanabria2@correo.uis.edu.co

jfarchid@uis.edu.co

Resumen— La degradación de la información es un problema considerado de gran dificultad dentro del procesamiento de imágenes, siendo la dificultad inherente al desconocimiento de los efectos adversos ocurridos durante el proceso de adquisición de la imagen. A fin de solucionar dicha problemática se siguen dos enfoques: 1. Modificar el hardware utilizado durante la adquisición. 2. Utilizar técnicas de procesamiento de imágenes, de manera posterior a la adquisición.

El presente documento se enfoca en la segunda metodología, utilizando la metodología a partir de más de una imagen tomada del evento en análisis realizando una comparación respecto a las técnicas clásicas de mayor utilización.

Palabras Claves— Desenfoque, procesamiento de imágenes, convolución, Pico relación señal-ruido, métricas, adquisición.

Palabras claves— Desenfoque, procesamiento de imágenes, convolución, Pico relación señal-ruido, métricas, adquisición

Abstract —The degradation of information is considered an important problem in image processing, given the inability to control their sources. As a solution, there are follow two approaches: 1. Modify the hardware used during acquisition. 2. Use of image processing techniques, after the acquisition.

This working paper focuses on the second approach, using more than one picture taken from the event, performing a comparison analysis versus the classical techniques.

Keywords— Acquisition, convolution, image processing, Peak Signal to Noise ratio, metric.

I. INTRODUCCIÓN

Con la entrada de las cámaras digitales en el campo académico, investigativo e industrial, como herramienta de apoyo a los procesos desarrollados en cada entorno [1-3], se observa la aparición de situaciones en las cuales la imagen obtenida presenta niveles de degradación [2,4 - 6], debido a variaciones en las condiciones propias del evento bajo análisis, la iluminación, el instrumento de captura y las fuentes de ruido propias del ambiente [1-3], siendo causa de pérdidas de información. Haciendo necesaria la utilización

de técnicas de restauración a fin obtener información de utilidad a partir de la imagen degradada [2,3,6].

En el presente documento se revisan dos de las metodologías utilizadas para la reducción del desenfoque [8], los que usan una sola imagen [3] y los que usan múltiples tomas [1], evaluando los resultados obtenidos mediante parámetros objetivos (métricas) definidas a través de una expresión matemática [1,9].

El presente documento está organizado de la siguiente manera, la sección dos recoge los conceptos básicos acerca del procesamiento de imágenes, las situaciones presentes durante la adquisición de las imágenes, las técnicas de solución consideradas y los conceptos empleados en la valoración de las técnicas empleadas. La sección tres ilustra

La metodología empleada durante la comparación de las técnicas descritas en la sección dos y la última parte recoge las conclusiones y recomendaciones derivadas del documento.

II. CONCEPTOS GENERALES

A. Imágenes Digitales

La imagen digital se asimila a un arreglo o matriz de puntos¹ [8,10], correspondientes al valor de una función bidimensional $f(x, y)$ donde x y y son coordenadas espaciales dentro de la imagen y el valor de f , representa el aporte de las componentes o color presentes en la imagen [10]. Luego de la adquisición es necesario realizar el acondicionamiento (denominado en ocasiones preprocesamiento) [4, 7,11] de la imagen obtenida, para realizar de manera posterior la clasificación y la determinación de los comportamientos específicos analizados por [12, 13, 14,15] del trabajo en el cual se emplean.

Es durante la etapa de acondicionamiento de la imagen, donde se analizan los efectos generadores de degradación,

¹Denominados píxeles, siendo estos la mínima unidad de información contenida en la imagen.

entre los cuales es posible encontrar [2, 4, 8, 11,16]:

- Defectos en el sistema de adquisición.
- La pérdida de datos en el proceso de captura de la misma.
- La corrupción de información en los medios de distribución.
- Las distorsiones de escala en las imágenes, las fallas o variaciones en la iluminación empleada.

Las distorsiones en la imagen se pueden dar por movimiento o énfasis

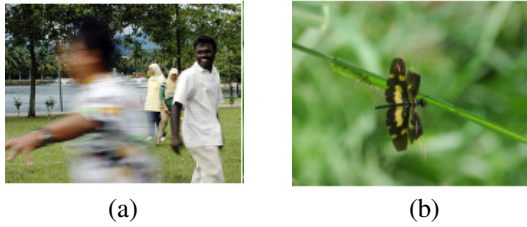


Figura 1. Desenfoque por movimiento (a), desenfoque por énfasis (b)

Fuente [17]

. Siendo denominadas en forma general como degradación por desenfoque. Se representa la imagen afectada por las degradaciones mediante la expresión (1) [1, 8, 17,18]

$$g = f \otimes p + n \quad (1)$$

donde \otimes representa el operador de convolución, f es la imagen a recuperar (sin degradación), p se denomina kernel de degradación y n es el ruido, siendo denominado problema de deconvolución de la imagen a la intención de recuperar f a partir de g .

Tipos de desenfoque (Blur)

El movimiento de la cámara o el objetivo es causa de gran parte de las pérdidas de información en las imágenes [6,8], siendo imposible determinar la expresión descriptora del desenfoque y por tanto el mecanismo apropiado para la restauración adecuada de la imagen [5,6,19].

El fenómeno de desenfoque es categoriza de dos maneras:

- Desenfoque por movimiento: Ocasionado al registrar un evento manipulando el tiempo de apertura del obturador del mecanismo de adquisición, se observa durante el registro de eventos ocurridos a alta o baja velocidad [1, 16, 17, 19,20].
- Desenfoque global (por énfasis): Se obtiene al realizar un acercamiento a una parte de la imagen, se presenta en la toma de primeros planos.

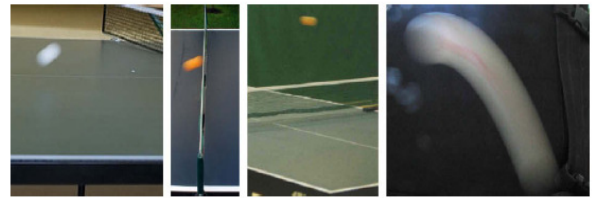


Figura 2. Desenfoque por movimiento
Fuente [20]

Sin importar el tipo de desenfoque presente en la imagen, es posible pretender solucionarlo a partir de una única toma [6, 16, 20] o múltiples imágenes [8,18], siendo realizada la recuperación de la información en ambos casos, mediante la operación deconvolución, haciendo uso de dos posibles enfoques [5,18]:

- Deconvolución ciega²
- Deconvolución no-ciega,

, difiriendo los conceptos en el conocimiento previo o la estimación del kernel de degradación en el caso no ciego y reversando el efecto de la convolución sobre la imagen. Este tipo de situaciones se ubican dentro de los denominados problemas mal condicionados [6,11].

Otra clasificación del enfoque para la solución del desenfoque es de acuerdo al tipo de distorsión [5,21]:

- Distorsión invariante (causado por movimiento de la cámara), solucionable mediante la estimación de la función de probabilidad (PSF) adecuada a partir de la cual se realiza la deconvolución.
- Distorsión variante espacialmente (debida al movimiento). El manejo de las distorsiones variantes es extremadamente difícil, siendo categorizada la situación problema dentro de los problemas inversos [6,11].

Las dificultades del proceso de deconvolución radican en la no-linealidad del proceso, las singularidades de la distorsión lineal o las componentes de alta frecuencia del ruido aditivo [3, 8, 18,21].

El documento se concentra en el desenfoque ocasionado por el movimiento de tipo invariante y las maneras de solucionarlo o reducir su impacto en una imagen afectada por blur.

Mecanismos de detección.

Una forma de detectar el desenfoque se concentra en analizar las zonas con menores variaciones ante filtros LP [6,17], sin embargo también es posible usar medidas de variación direccional [8,11], como es el caso de la pendiente del espectro de potencia, gradiente del histograma de

² Referente a los problemas de naturaleza invariante.

frecuencia, saturación máxima, mapa de bordes [8] y congruencia de la auto correlación respecto a un fondo fijo [6,11].

La mayor parte de los trabajos consideran la estimación/obtención de la PSF, es decir consideran una distorsión de tipo invariante, empleando métodos directos, espacio de frecuencia y replanteamiento en tiempo para la representación temporal, filtros de regularización, algoritmos de estimación y optimización [2, 19,21].

B. Métricas en procesamiento digital de imágenes

El manejo de señales y el efecto de los mecanismos usados en ellas debe determinarse mediante medidas cuantitativas (métricas), para el caso de las imágenes se tienen medidas [22]:

- **Subjetivas:** basadas en la evaluación por valoración de personas u operarios, a fin de incrementar su objetividad, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), ha generado algunas recomendaciones al respecto [9].
- **Objetivas:** orientados a determinar la variación presente en una imagen a partir de operaciones matemáticas en el dominio bidimensional o tridimensional, de imágenes o videos [9,22].

Las métricas subjetivas u objetivas se pueden utilizar comparando el resultado obtenido del proceso, respecto a una referencia o sin considerarla [9,22].

	Subjetivas	Objetivas
Con comparación	Estimulo doble (Ds)	Referencia completa
Sin comparación	Escala de Calidad Continua Estimulo simple (SS-CQS)	No referenciado

Debido a sus características, en ingeniería son utilizados los métodos objetivos, entre los cuales se encuentran medidas como [8, 10,22]:

Error medio cuadrado

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(x,y) - K(x,y)]^2 \quad (2)$$

donde I y K son imágenes a comparar de tamaño m* n.

Relación Señal-Ruido

$$SNR = \frac{P_{signal}}{P_{noise}} = \left(\frac{A_{signal}}{A_{noise}} \right)^2 \quad (3)$$

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{A_{signal}}{A_{noise}} \right)^2 = 20 \log_{10} \left(\frac{A_{signal}}{A_{noise}} \right) \quad (4)$$

Pico de la relación señal-ruido

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{\max^2}{MSE} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{\max}{\sqrt{mse}} \right) \quad (5)$$

Donde máx. corresponde al máximo valor del pixel, sus valores típicos y preferibles se encuentran entre los 30 y 59 dB, sin embargo puede ser mayor.

Mean Square Error	$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N (x_{j,k} - x'_{j,k})^2$
Peak Signal to Noise Ratio	$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(2^8-1)^2}{MSE} = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE}$
Normalized Cross-Correlation	$NK = \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N x_{j,k} \cdot x'_{j,k}}{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N x_{j,k}^2}$
Average Difference	$AD = \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N (x_{j,k} - x'_{j,k})}{MN}$
Structural Content	$SC = \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N x_{j,k}^2}{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N x'_{j,k}^2}$
Maximum Difference	$MD = \max(x_{j,k} - x'_{j,k})$
Laplacian Mean Square Error	$LMSE = \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N [O(x_{j,k}) - O(x'_{j,k})]^2}{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N [O(x_{j,k})]^2}$ $O(x_{j,k}) = x_{j+1,k} + x_{j-1,k} + x_{j,k+1} + x_{j,k-1} - 4x_{j,k}$
Normalized Absolute Error	$NAE = \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N x_{j,k} - x'_{j,k} }{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N x_{j,k} }$

Figura 3 Métricas en procesamiento de imágenes Fuente [22, 23]

Siendo estas métricas de notable sencillez [22], y siendo empleadas en diversos campos del procesamiento de señales, a pesar que sus mejores resultados se obtienen al analizar distorsiones no estructuradas, debido a su capacidad de análisis píxel por píxel. Siendo sugeridas como medidas complementarias para determinar la calidad de las imágenes, indicadores más similares al sistema de visión humana [22-26], como es el caso del Índice de Similaridad Estructural (SSIM), expresado como una función dependiente de tres factores: luminancia, contraste y similaridad estructural y la Métrica de calidad de video (VQM) [22-25]

$$SSIM(X, \hat{X}) = f(l((X, \hat{X}), c(X, \hat{X}), s(X, \hat{X})) \quad (6)$$

$$SSIM(X, \hat{X}) = \frac{(2\mu_X \mu_{\hat{X}} + C_1)(2\sigma_{X\hat{X}} + C_2)}{(\mu_X^2 + \mu_{\hat{X}}^2 + C_1)(\sigma_X^2 + \sigma_{\hat{X}}^2)} \quad (7)$$

donde C₁=(k₁,L)², C₂=(k₂,L)², L es el rango de intensidades de los pixeles, K₁ y K₂ son constantes menores a 1

Adicionalmente se podrían utilizar indicadores como el índice de correlación de pearson o el radio OR [22], los cuales no se consideraran en el documento.

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

En el presente documento se considera el desenfoco por movimiento de tipo invariante en imágenes existentes en bases de datos como es el caso de TID2008 [27,28], siendo creado un desenfoco e incluido ruido de manera artificial. El

procesamiento se realiza en el entorno de desarrollo existente en Matlab™ versión 7 (release 14):.

Como insumo se emplean doce (12) imágenes, definidas en el espacio RGB³, presentes dentro de TID2008 con un tamaño 768*512 pixeles.

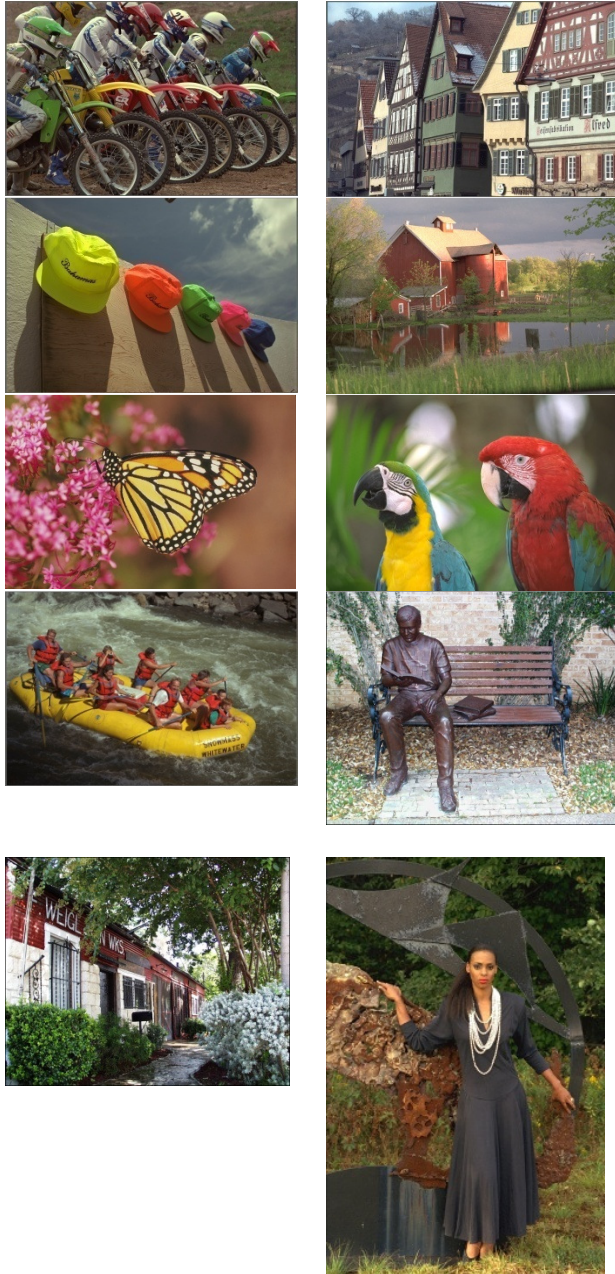


Figura 4 conjunto de Imágenes
Fuente [27]

El conjunto compuesto por las doce (12) imágenes se analiza de acuerdo a dos métodos:

- Usando una única toma desenfocada obtenida de manera artificial [3]
- Usando una imagen desenfocada y una imagen con presencia de ruido introducido de manera artificial, de acuerdo a las recomendaciones expresadas en [8].

Siendo expresado el proceso general en la figura 5

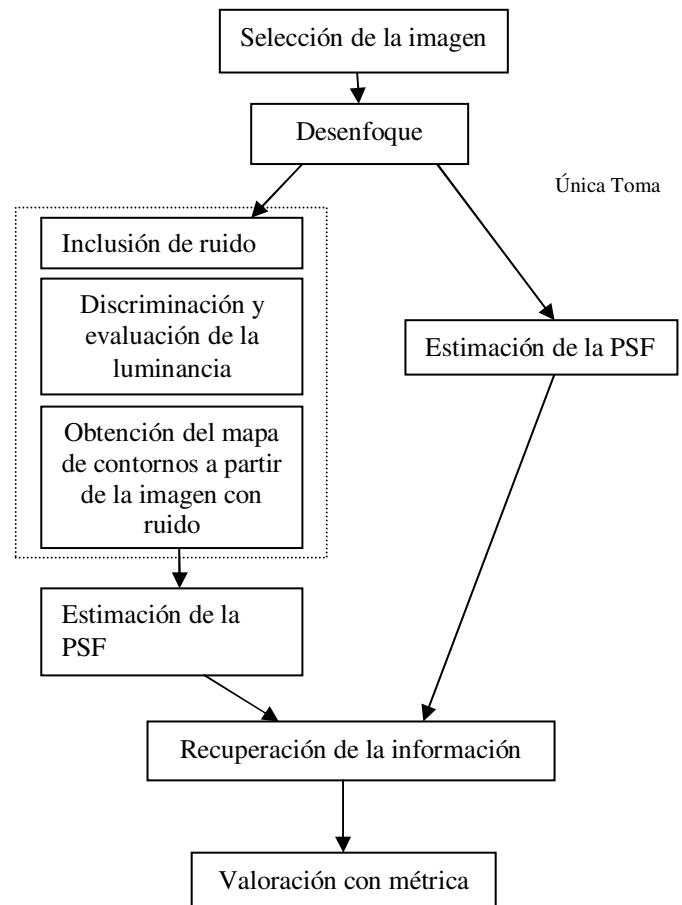


Figura 5 Flujograma utilizado

³ Se usan imágenes en formato Windows bitmap

Estimando la función de degradación en cada uno de los métodos y empleando seis (6) técnicas de deconvolución:

0. Deconvolución wiener.
1. Deconvolución blind como MLE.
2. Deconvolución Lucy-Richardson (RL) con 5 iteraciones.
3. Deconvolución Lucy-Richardson con 20 iteraciones.
4. Deconvolución Lucy-Richardson con 30 iteraciones.
5. Deconvolución con filtrado regularizado.

El trabajo con una única toma basa en deconvolución (tanto blind como no blind) en el entorno de desarrollo existente en Matlab™ versión 7 (release 14) se ilustra en la figura 6:

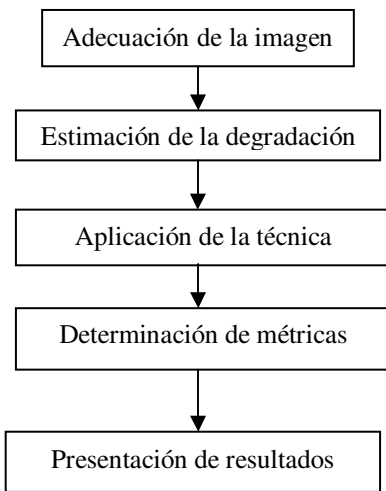


Figura 6 Metodología usada en las deconvoluciones no blind

A continuación se ilustran los resultados obtenidos en tres (3) de las doce (12) imágenes empleadas

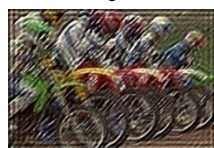
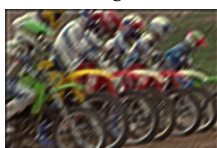
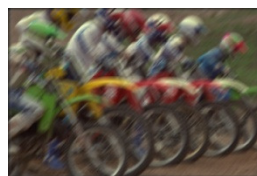
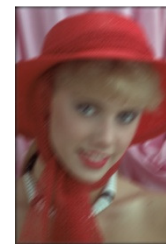
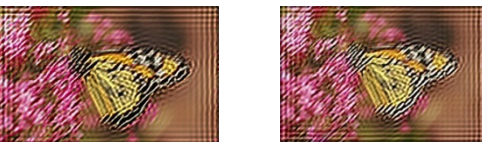
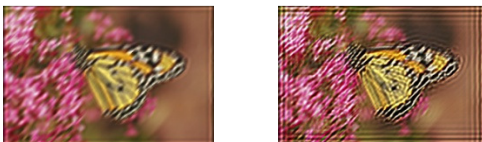




Figura 7 Imágenes obtenidas en la restauración con una única toma
a) imagen de entrada, b) obtenida con wiener, c) con

deconvolución blind MLE, d) con RL de 5 iteraciones ,e) con RL de 20 iteraciones ,f) con RL de 30 iteraciones, g) con filtrado regularizado.

Siendo usadas como métricas los índices PSNR, MSE y SSIM adicionalmente al tiempo de proceso empleado, los resultados de la recuperación de información con una única toma se presentan en la tabla 1 a 4

Tabla 1 Métrica tiempo

Imagen	Tiempo técnica 0	Tiempo técnica 1	Tiempo técnica 2	Tiempo técnica 3	Tiempo técnica 4	Tiempo técnica 5
Motocicletas	3,6	76,6	16,0	57,2	84,5	7,3
Mariposa	3,2	76,0	16,0	57,3	85,1	7,1
Rostro	2,3	48,3	10,0	35,9	53,2	5,5
Promedio	3,1	67,0	14,0	50,1	74,3	6,6
Desviación estándar	0,7	16,2	3,5	12,3	18,2	1,0

Tabla 2 Métrica MSE

Imagen	MSE técnica 0	MSE técnica 1	MSE técnica 2	MSE técnica 3	MSE técnica 4	MSE técnica 5
Motocicletas	632,0	1.200,0	1.000,0	2.050	2.880	2.750
Mariposa	617,0	1.090,0	804,0	1.850	2.580	2.300
Rostro	691,0	541,0	352,0	967	1.440	1.250
Promedio	646,7	943,7	718,7	1.622,3	2.300,0	2.100,0
Desviación estándar	39,1	353,0	332,3	576,3	759,7	769,7

Tabla 3 Métrica PSNR

Imagen	PSNR técnica 0	PSNR técnica 1	PSNR técnica 2	PSNR técnica 3	PSNR técnica 4	PSNR técnica 5
Motocicletas	20,10	17,30	18,10	15,00	13,50	13,70
Mariposa	20,20	17,80	19,10	15,50	14,00	14,50
Rostro	19,70	20,80	22,70	18,30	16,50	17,20
Promedio	20,0	18,6	20,0	16,3	14,7	15,1
Desviación estándar	0,3	1,9	2,4	1,8	1,6	1,8

Tabla 4 Métrica SSIM

Imagen	SSIM técnica 0	SSIM técnica 1	SSIM técnica 2	SSIM técnica 3	SSIM técnica 4	SSIM técnica 5
Motocicletas	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Mariposa	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4
Rostro	0,9	0,1	0,4	0,9	0,8	0,8
Promedio	0,6	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5
Desviación estándar	0,3	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3

De las tablas 1 a 4 es posible definir como el algoritmo con mejor comportamiento en las cuatro métricas las técnicas 2, 3, 1 y 5 teniendo un peor comportamiento el algoritmo 4, a pesar de los ringing artifacts.

La técnica 0, no se incluye pues en su ejecución durante la etapa en la cual se usa una sola toma, se parte del conocimiento previo de la PSF usada en el desenfoco de la imagen usada como entrada a los algoritmos

Al utilizar la metodología sugerida [8] se usa el proceso ilustrado en la figura 8.

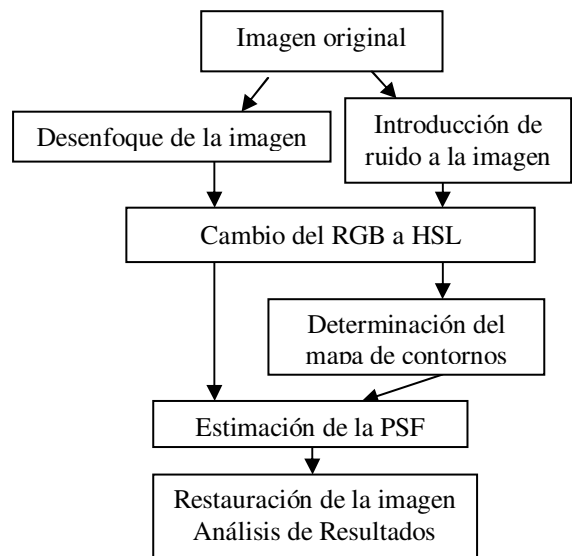


Figura 8 Flujo grama del proceso con múltiples tomas.

Se obtienen como resultados los valores registrados en las tablas 5 a 8



Figura 9 Imágenes obtenidas en la restauración con múltiples tomas (par imagen desenfocada/con ruido) a) imagen de entrada, b) obtenida con wiener, c) con deconvolución blind MLE, d) con RL de 5 iteraciones ,e) con RL de 20 iteraciones ,f) con RL de 30 iteraciones, g) con filtrado regularizado.

Tabla 5 Métrica tiempo (segundos)

Imagen	Técnica 0	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 3	Técnica 4	Técnica 5
Motocicletas	7,3	16,5	34,4	122,0	182,0	14,6
Mariposa	6,9	7,3	190,0	35,8	177,0	19,5
Rostro	15,3	17,8	26,2	127,0	208,0	20,6
Promedio	9,8	13,9	83,5	94,9	189,0	18,2
Desviación estándar	4,8	9,0	92,3	51,3	16,6	3,2

Tabla 6 Métrica MSE

Imagen	MSE técnica 0	MSE técnica 1	MSE técnica 2	MSE técnica 3	MSE técnica 4	MSE técnica 5
Motocicletas	12.400	706	13.300	11.900	11.700	12.400
Mariposa	15.300	558	16.300	14.800	14.300	15.300
Rostro	23.300	429	23.800	22.900	22.400	23.300
Promedio	17.000,0	564,3	17.800,0	16.533,3	16.133,3	17.000,0
Desviación estándar	5.645,4	138,6	5.408,3	5.701,2	5.580,6	5.645,4

Tabla 7 Métrica PSNR (dB)

Imagen	PSNR técnica 0	PSNR técnica 1	PSNR técnica 2	PSNR técnica 3	PSNR técnica 4	PSNR técnica 5
Motocicletas	7,2	19,6	6,9	7,4	7,4	7,2
Mariposa	6,3	20,7	6,0	6,4	6,6	6,3
Rostro	4,5	21,8	4,4	4,5	4,6	4,5
Promedio	6,0	20,7	5,8	6,1	6,2	6,0
Desviación estándar	1,4	1,1	1,3	1,5	1,4	1,4

Tabla 8 Métrica SSIM

Imagen	SSIM técnica 0	SSIM técnica 1	SSIM técnica 2	SSIM técnica 3	SSIM técnica 4	SSIM técnica 5
Motocicletas	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Mariposa	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Rostro	0,6	0,3	0,5	0,6	0,7	0,6
Promedio	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Desviación estándar	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2

Siendo posible clasificar en orden de acuerdo al mejor rendimiento en las métricas usadas a las técnicas 1, 0, 3, 2, 5 y 4, respectivamente.

Los resultados obtenidos en las dos técnicas (única toma y par de tomas) en cada una de las métricas se registran en las tablas 9 a 12

Tabla 9 Métrica tiempo (segundos)

Imagen	Una sola toma			Par toma desenfocada/con ruido		
	Tiempo técnica 1	Tiempo técnica 2	Tiempo técnica 3	Tiempo técnica 1	Tiempo técnica 2	Tiempo técnica 3
Motocicletas	76,6	16,0	57,2	16,5	34,4	122,0
Mariposa	76,0	16,0	57,3	7,3	190,0	35,8
Rostro	48,3	10,0	35,9	17,8	26,2	127,0
Promedio	67,0	14,0	50,1	13,9	83,5	94,9
Desviación estándar	16,2	3,5	12,3	9,0	92,3	51,3

Tabla 10 Métrica MSE

Imagen	Una sola toma			Par toma desenfocada/con ruido		
	MSE técnico a 1	MSE técnico a 2	MSE técnico a 3	MSE técnico a 1	MSE técnico a 2	MSE técnico a 3
Motocicletas	1.200	1.000	2.050	706	13.300	11.900
Mariposa	1.090	804,0	1.850	558	16.300	14.800
Rostro	541	352	967	429	23.800	22.900
Promedio	943,7	718,7	1.622,3	564,3	17.800,0	16.533,3
Desviación estándar	353,0	332,3	576,3	138,6	5.408,3	5.701,2

Tabla 11 Métrica PSNR (dB)

Imagen	Una sola toma			Par toma desenfocada/con ruido		
	PSNR técnica 1	PSNR técnica 2	PSNR técnica 3	PSNR técnica 1	PSNR técnica 2	PSNR técnica 3
Motocicletas	17,30	18,10	15,00	19,6	6,9	7,4
Mariposa	17,80	19,10	15,50	20,7	6,0	6,4
Rostro	20,80	22,70	18,30	21,8	4,4	4,5
Promedio	18,6	20,0	16,3	20,7	5,8	6,1

IV. CONCLUSIONES

La restauración de información es una temática de importancia creciente en los ámbitos académicos dada la inclusión de dispositivos de captura de imágenes como herramientas de apoyo para la investigación de fenómenos de tipo biológico, biomecánico por mencionar algunos. Como mecanismos para la solución de estas problemáticas existe una miríada de técnicas robustas y eficientes para la recuperación y compresión de información, siendo aplicables a diversos campos del conocimiento.

En el caso de imágenes, con degradaciones importantes ocasionadas por niveles de desenfoque, los resultados experimentales ilustran como la técnica basada en la dupla de imágenes brinda niveles de recuperación superiores a los obtenidos con sus símiles basados en una única toma, constituyéndose en herramientas adecuadas para lograr la restauración de la información.

Sin embargo las técnicas basadas en la dupla en casos reales no tienen aplicación dada la imposibilidad de contar con las dos tomas.

RECONOCIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la VIE de la Universidad Industrial de Santander (UIS), por el apoyo y

Desviación estándar	1,9	2,4	1,8	1,1	1,3	1,5
----------------------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Tabla 12 Métrica SSIM

Imagen	Una sola toma			Par toma desenfocada/con ruido		
	SSIM técnica 1	SSIM técnica 2	SSIM técnica a 3	SSIM técnica 1	SSIM técnica 2	SSIM técnica 3
Motocicletas	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3
Mariposa	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6
Rostro	0,1	0,4	0,9	0,3	0,5	0,6
Promedio	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5
Desviación estándar	0,2	0,1	0,3	0,3	0,1	0,2

De las tablas 9 a 12 se infiere que la restauración con la dupla imágenes presenta un mejor comportamiento al momento de emplearse ellas para la determinación de la PSF.

financiación brindado al proyecto titulado "Investigación para el diseño de un sistema de análisis de marcha y postura orientado a diagnóstico y salud ocupacional" identificado con código 5557, de cuyo trabajo surge el presente artículo.

REFERENCIAS

- [1] Flusser Jan Moment invariants in image analysis. Wokd academy of science, engineering and technology 11 2005.
- [2] deng xiaoyu et al video based non uniform object motion blur estimation and deblurring. Neurocomputing 86 (2012) 170-178.
- [3] Sanabria & Archila, Analisis armonico en la restauracion de imagenes afectadas por desenfoque (Blur) – comparacion mediante metricas Proceeding STSIVA 2011.
- [4] Bouhamidi A An iterative method for bayesian gauss-markov image restoration. Applied Mathematical Modelling 33 (2009) 361-372.
- [5] makaremi iman ahmadi majid Blur invariants: a novel representation in the wavelet domain. Pattern recognition 43 (2010) 3950-3957.
- [6] Sun Shao-jie et al Blind image deconvolution for single motion blurred image. The journal of China universities of Posts and Telecommunications. June 2010 17(3) 104-109.
- [7] Sanabria & Archila, Detección y análisis de movimiento usando visión artificial, Scientia et Technica Año XVI, No 49, Diciembre de 2011. Universidad Tecnológica de Pereira.
- [8] Lee ser-hoon et al motion deblurring using edge map woth blurred/noisy image pairs. Optics communications 285 (2012) 1777-1786.
- [9] Crete frederique et al the blur effect: perception and estimation with a new no reference perceptual blur metric. Spie electronic imaging symposium conf human vision and electronic imaging san jose (2007).
- [10] R Gonzalez, R. Woods. Digital Image Processing using Matlab. Upper Saddle River: Pearson - Prentice Hall, 2004, pp. 954.
- [11] Oliveira Joao et al Adaptive total variation image deblurring. A majorization -minimization approach. Signal Processing 89 (2009) 1683-1693.
- [12] Moeslund Thomas et al A survey of advances in vision based human motion capture and analysis Computer Vision and Image Understanding 104 (2006) 90-126.
- [13] Abril Mauricio, Valencia Mauricio, et al Sistema de visión artificial para el registro de densidad peatonal en tiempo real Scientia et technica,

- agosto año/vol Xiii numero 035 (2007) Universidad tecnológica de Pereira pp 79-83.
- [14] Lu Ye, Li Ze-Nian Automatic object extraction and reconstruction in active video Pattern Recognition 41 (2008) 1159-1172.
 - [15] Marziliano Pina et al A no-reference perceptual blur metric. " in Proceedings of the International Conference on Image Processing (ICIP), vol. 3, pp. 57–60, Rochester, NY, September 22–25, 2002.
 - [16] Agrawal amit Raskar Ramesh Optimal single image capture for motion deblurring pag. 1-8,
 - [17] Liu Renting et al Image partial blur detection and classification.
 - [18] Cai jian Feng et al. Blind motion deblurring using multiple images. Journal of computational physics 228 (2009) 5057-5071.
 - [19] Schuon sebastian diepold klaus. Comparision of motion deblur algorithm and real World deployment. Acta astronautica 64 (2009) 1050-1065.
 - [20] Caglioti Vincenzo Giusti alessandro. Recovering ball motion from a single motion-blurred image. Computer vision and image understanding 113 (2009) 590-597.
 - [21] Xu ting fa zhao peng interlaced scan CCD image motion deblur for space variante motion blurs. Optics (2010)
 - [22] Ginesu Giaime et al A multi factor approach for image quality assessment based on a human visual system model. Signal Processing Image communication 21 (2006) 316-333.
 - [23] lin Weisi Kuo C-C jay perceptual visual quality metrics: A survey J Vis. Commun Image R 22 (2011) 297-312].
 - [24] pankjakshan P kumar V Detail preserving image information restoration guided by SVM based noise mapping. Digital Signal Processing 17 (2007) 561-577.
 - [25] Wang Yubing. Survey of objective video quality measurements. Disponible en <ftp://ftp.cs.wpi.edu/pub/techreports/pdf/06-02.pdf>.
 - [26] Wang Zhou et al. Objective video quality assessment. The handbook of video databases: Design and applications. B Furthr and O Marqure, ed CRC press pp 1041-1078, september 2003.
 - [27] N. Ponomarenko, V. Lukin, A. Zelensky, K. Egiazarian, M. Carli, F. Battisti, "TID2008 - A Database for Evaluation of Full-Reference Visual Quality Assessment Metrics", Advances of Modern Radioelectronics, Vol. 10, pp. 30-45, 2009.
 - [28] E. C. Larson and D. M. Chandler, "Most apparent distortion: full-reference image quality assessment and the role of strategy," Journal of Electronic Imaging, 19 (1), March 2010