

TÉCNICAS ALTERNATIVAS PARA LA CONVERSIÓN DE IMÁGENES A COLOR A ESCALA DE GRISES EN EL TRATAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Color images Conversion Alternatives Techniques to grayscale in Digital Image Processing

RESUMEN.

En los sistemas de visión artificial es recurrente la conversión de la imagen a color en su correspondiente escala de grises para su posterior binarización. Este proceso, que forma parte del procesamiento de la imagen en la búsqueda de mejorar sus propiedades y facilitar la extracción de características, se ejecuta casi siempre recorriendo a un único algoritmo desde el espacio de color RGB. Este artículo presenta algunas de las alternativas en la conversión a escala de grises de imágenes a color RGB.

PALABRAS CLAVES: color, conversión, digital, escala de grises, espacio del color, imagen, RGB.

ABSTRACT.

In artificial vision systems, there is a recurring need for converting a color image to the corresponding gray scale image for later binarization. This process, which is part of processing the image in order to improve its properties and ease the extraction of certain characteristics, is almost always performed using a single algorithm from the RGB color space to the YUV color space. This article presents some of the alternatives in the conversion to gray scales of RGB color images.

KEYWORDS: Color, color space, conversion, digital, gray scale, image, RGB.

1. INTRODUCCIÓN.

Una imagen en escala de grises es un arreglo matricial de dos dimensiones que aporta información de la intensidad de la luz presente para cada punto de la imagen [1].

La selección de método de conversión de la imagen a color en su equivalente en escala de grises resulta un proceso automático para muchos investigadores. Este se reduce al uso de una ecuación que forma parte del estándar de la televisión NTSC que realiza la conversión, pero no muestra la importancia de una adecuada selección y su posible trascendencia en la posterior binarización y segmentación de la imagen en estudio. Si se puede realizar una adecuada conversión de la imagen a su versión en escala de grises, se facilita la extracción de las características propias del objeto analizado. Los sistemas generalmente usados consideran un grupo de factores que facilitan la transmisión de la señal a color en un bajo ancho de banda y su posterior visualización por un observador humano en una pantalla CRT o LCD, pero no consideran la posibilidad de un ajuste adecuado para la percepción de la máquina que hace uso de una franja, usualmente, más amplia de espectro electromagnético.

M.Sc Jimy Alexander Cortés Osorio

Docente de Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica de Pereira
Ingeniero Electricista
jacoper@utp.edu.co

M. Sc William Ardila Uruña

Docente de Planta de la Universidad Tecnológica de Pereira
Licenciado en Física
williamar@utp.edu.co

M. Sc Jairo Alberto Mendoza Vargas

Docente de Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica de Pereira.
Ingeniero Electricista
jam@utp.edu.co

Esta investigación pretende cualificar algunas de las alternativas existentes para la conversión de RGB a escala de grises e identificar un método que se pueda ajustar de mejor forma a la binarización de en el proceso de segmentación.

2. EL COLOR

El color no es en realidad un atributo que pueda asignársele a los objetos como tal. Estes es, básicamente, el resultado de un complejo proceso que se realiza entre la retina del ojo y el cerebro [2].

El color es el resultado de la percepción de la luz en la región visible del espectro, con longitudes de onda en la región de 400 nm a 700 nm, incidente sobre la retina. El poder físico (o radiación) se expresa en una distribución espectral de potencia (SPD), a menudo en 31 componentes cada una representando una banda de 10 nm [3].

La retina esencialmente está formada por un grupo de células receptoras organizadas en capas que cuantifican la luz que entra en el ojo. Existen dos tipos de fotorreceptores llamados los conos y los bastones. Los conos operan cuando las condiciones de luz son buenas (Visión fotópica) y los bastones cuando hay bajas

condiciones de luminosidad (visión Escotópica) siendo los bastones 25 veces más sensibles que los conos (Véase figura 1 y 2) [2].



Figura 1. Dibujo representativo del ojo humano con sus partes [7].

Se pueden definir tres tipos de conos: el primer tipo responde a la luz roja de espectro visible, el segundo a la luz verde y el tercero a la luz azul. No todos los animales tienen estos tres tipos de fotorreceptores. Las palomas, por ejemplo tienen cinco tipos, haciéndoles más sensibles al espectro electromagnético. Algunos humanos pueden no tener los tres tipos de conos, lo que le lleva a tener problemas en la percepción de color más conocida como daltonismo ((discromatopsia) [2].

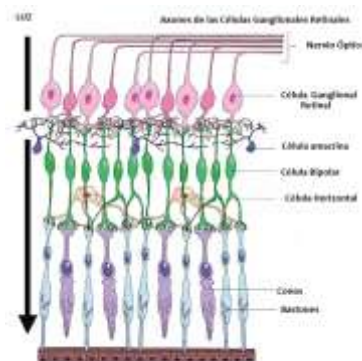


Figura 2. Representación de los conos y bastones del ojo humano [2].

Debido a que hay exactamente tres tipos de fotorreceptores de color dentro de los conos, solo tres componentes numéricos son necesarios y suficientes para describir un color. En 1931, la Comisión Internacional de L'Eclairage (CIE- *Commission Internationale de L'Éclairage*) adoptó las curvas de calibración para un hipotético observador estándar. Estas curvas especifican cómo mediante tres números se puede representar un color deseado.

Uno de los primeros espacios de color que se definió matemáticamente fue el espacio de color CIE 1931 XYZ, creado por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) en 1931 [1] [2].

El espacio de color CIE XYZ es el resultado de una serie de experimentos realizados a finales de los años 1920. Los resultados experimentales se combinaron en la denominada especificación del espacio de color CIE

RGB, de la cual posteriormente se derivó el espacio de color CIE XYZ [4].

Cualquier método específico para la asociación de tres estímulos se le denomina espacio de color. CIE XYZ es un estándar de uso común, y sirve como base de definición de muchos otros espacios de color usados en la visión por computador.

3. ESPACIOS DEL COLOR DESTACADOS

3.1 RGB

El espacio del color RGB es el modelo más conocido y utilizado. En modelo RGB cada color está representado por tres valores de rojo (R), verde (G) y azul (B), situados a lo largo de los ejes del sistema de coordenadas cartesianas sobre un cubo. Los valores de RGB van en un rango de [0,1] o de [0, 255]. De esta manera el negro se representa como (0, 0, 0), el blanco como (1, 1, 1) o (255, 255, 255). El color negro y el blanco están representados por dos esquinas opuestas del cubo que se pueden definir por los ejes de R, G, B, del sistema de coordenadas cartesianas (Figura 3). Las otras puntas del cubo representan el rojo, el verde, el azul, el cian, el magenta y el amarillo. Los colores en escala de grises se representan con componentes idénticas de R, G, B.

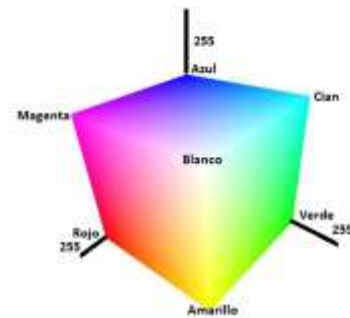


Figura 3. Ilustración sobre un cubo del Espacio de Color RGB. Nótese que el color negro está en la arista oculta del cubo. Figura generada mediante `rgbcube()` en Matlab.

3.2 YUV, YIQ y YCrCb [5]

Estos espacios de color son parte integral de las normas que rodean la grabación, almacenamiento, transmisión y visualización de señales de televisión. YIQ y YUV son los métodos fundamentales de codificación de color para algunas formas de la televisión analógica NTSC y PAL, y YCbCr forma parte de las normas internacionales que rigen la televisión digital.

Todos estos espacios de color tienen en común la idea de separar la componente de luminancia Y y a partir de dos componentes de croma determinan los colores de la imagen. De esta manera se logra la compatibilidad con los sistemas anteriores en blanco y negro. Para efectos de la aclaración del procesamiento de una imagen en su representación en escala de grises, este documento solo tratará la capa Y que es común a los espacios descritos.

En el espacio del color YIQ, Y representa la intensidad (*luma*) que corresponde al "brillo" de la imagen en sus valores óptimos adecuados para la percepción del ojo humano, I representa la fase (*phase*), mientras que Q

corresponde a la cuadratura (*quadrature*), en referencia a las componentes utilizadas en la modulación de amplitud en cuadratura.

$$\begin{bmatrix} Y(i,j) \\ I(i,j) \\ Q(i,j) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R(i,j) \\ G(i,j) \\ B(i,j) \end{bmatrix}$$

Ecuación 1. Relación de conversión de RGB a YIQ

3. TECNICAS DE CONVERSIÓN [5][6][9]

Se pretende comparar cualitativamente cada uno de los modelos de representación de las imágenes en su equivalente en escala de grises a partir del modelo RGB. La imagen patrón generada por los autores se muestra en la figura 4.

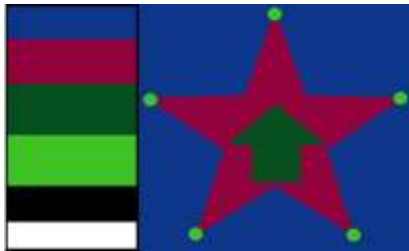


Figura 4. Dibujo patrón para efectos de la comparación de los diferentes métodos de conversión a escala de grises.[Los autores]

Esta se implementó a partir de la tabla 1 para cada uno de los seis valores de colores descritos en RGB y su equivalente en YIQ haciendo uso de la ecuación 1.

Color	RGB	YIQ
Azul	13, 53, 138	0.2, -0.2, 0.07
Violeta	145, 1, 60	0.2, 0.25, 0.18
Verde oscuro	5, 78, 30	0.2, -0.1, -0.1
Verde claro	63, 195, 38	0.54, -0.1, -0.3
Negro	0, 0, 0	0, 0, 0
Blanco	255, 255, 255	76.2, 149.9, 29.1

Tabla 1. Equivalencia de colores encontrados en la figura 4.

2.1 El promedio (Average)

La forma más simple de lograrlo es mediante la suma de las componentes RGB de cada capa pixel a pixel y dividirles por por la cantidad (3). La figura 5 ilustra la imagen en escala de grises mediante el uso del método del promedio que recurre a la ecuación 2.

$$Grey(i,j) = \frac{(R(i,j)+G(i,j)+B(i,j))}{3}$$

Ecuación 2. Método del promedio



Figura 5. Imagen en escala de grises mediante le método del promedio. [Los autores]

La imagen de la figura 5, posteriormente se llevó a su equivalente binarizado mediante el método de Otsu¹ global haciendo uso de la función *graythresh* de Matlab 7.0.

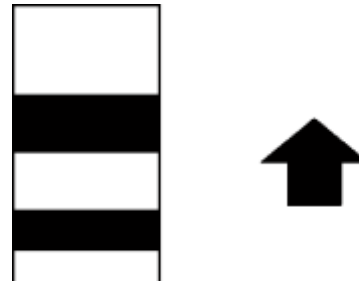


Figura 6. Imagen binaria generada a partir del método del promedio mediante la umbralización global por Otsu. [Los autores]

En la figura 6 se puede notar que el método global de Otsu para determinar el umbral adecuado no pudo detectar la mayor cantidad de objetos dentro de la figura. Los autores, mediante, experimentación iterativa, encontraron que el mejor resultado se obtenía con un umbral global de 69 para la imagen dada como se aprecia en la figura 7 donde se alcanzan a ver la flecha, la estrella, los círculos y algunos de los rectángulos.



Figura 7. Imagen binaria generada a partir del método del promedio con un umbral global de 69. [Los autores]

2.2 La tonalidad (Midgray)

En el modelo HSL (del inglés *Hue, Saturation, Lightness* con su equivalencia en español Tonalidad, Saturación, Luminancia o intensidad) la tonalidad se define como parte de la media de las componentes de color máxima y mínima. Esta definición coloca los colores primarios y secundarios en un plano, pero este que tiene una franja de blanco y negro en la mitad de su camino. Este método afecta de manera importante el contraste de la imagen. La figura 8 presenta la imagen en escala de grises usando el método de la tonalidad mediante el uso de la ecuación 3.

$$Grey(i,j) = \frac{(Max\{R(i,j),G(i,j),B(i,j)\} + Min\{R(i,j),G(i,j),B(i,j)\})}{2}$$

Ecuación 3. Método de la tonalidad

¹ Nobuyuki Otsu



Figura 8. Imagen en escala de grises mediante le método del tono. [Los autores]

La imagen de la figura 8 en su equivalente binarizado, a través del método de Otsu global, se aprecia en la figura 9.

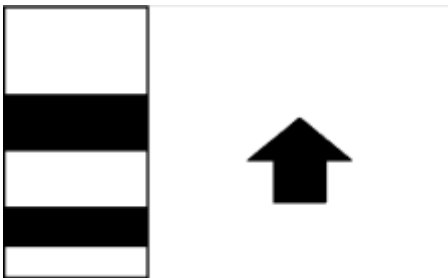


Figura 9. Imagen binaria generada a partir del método del tono mediante la umbralización global por Otsu. [Los autores]

El método de Otsu, nuevamente, no definió claramente una mayor cantidad de objetos dentro de la imagen. Los autores, mediante experimentación iterativa, lograron obtener la mejor definición con un umbral de 75 como se ve en la figura 10.

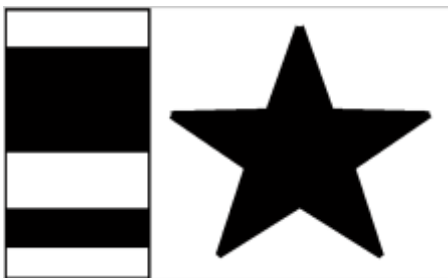


Figura 10. Imagen binaria generada a partir del método de la tonalidad con un umbral global de 75. [Los autores]

2.3 Luminosidad (Luminosity)

Este método es una versión más sofisticada del método del promedio. Los valores de cada color presentan un valor teniendo en cuenta la percepción humana. El ojo humano es más sensible al verde que a los otros colores, por lo que el porcentaje de este es mayor. Estos valores fueron establecidos a través de la recomendación *Rec. 601 NTSC* por la *International Telecommunication Union - Radiocommunications* sector que le ha hecho un estándar mundial para la televisión a color con compatibilidad a blanco y negro. Es de recordar que este valor también corresponde a conversión de Y en el

espacio del color YIQ y YCrCb. La generación de la figura 10 se realizó con la ecuación 4.

$$Grey(i, j) = 0.299 * R(i, j) + 0.587 * G(i, j) + 0.114 * B(i, j)$$

Ecuación 4. Método de la luminosidad.

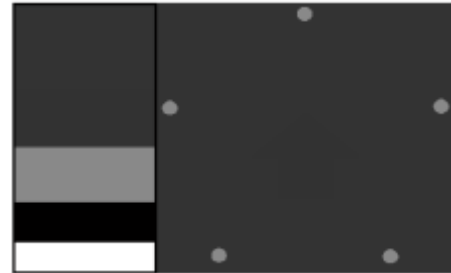


Figura 10. Imagen en escala de grises mediante le método de la luminosidad. [Los autores]

La figura 11 muestra la imagen binarizada de la figura 10 mediante el método de Otsu. Se debe notar que el método de la luminosidad no ha favorecido la detección de los objetos dentro de la figura base.



Figura 11. Imagen binaria generada a partir del método de la luminosidad mediante la umbralización global por Otsu. [Los autores]

A partir de la iteración de valor del umbral, los autores lograron calcular un nuevo umbral de 69 que favorese la detección de los objetos dentro de la imagen, pero no detecta la totalidad de estos. La figura 12 presenta la imagen umbralizada globalmente mediante un umbral de 69.

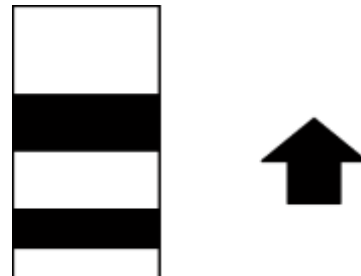


Figura 12. Imagen binaria generada a partir del método de la luminosidad con un umbral global de 69. [Los autores]

2.4 Implementación de los algoritmos en Matlab

```
function G=mirgb2grayplus( RGB, metodo)
[Files, columnas, filas]=size(RGB)
metodo=lower(metodo);
if metodo=='p'
%---Imagen en Escala de Grises por Promedio
G=(RGB(:,:,1)+RGB(:,:,2)+RGB(:,:,3))/3;
end
if metodo=='t'
%---Imagen en Escala de Grises por Tonalidad
for i=1:Files
for j=1:columnas
maximo(i,j)=max([RGB(i,j,1),RGB(i,j,2),RGB(i,j,3)]);
minimo(i,j)=min([RGB(i,j,1),RGB(i,j,2),RGB(i,j,3)]);
end
end
G=(maximo+minimo)/2;
end
if metodo=='l'
%---Imagen en Escala de Grises por Luminancia
G=0.299*RGB(:,:,1)+0.587*RGB(:,:,2)+0.114*RGB(:,:,3);
end
end
```

Figura 13. Función para convertir a escala de grises por los tres métodos descritos.

Mediante el uso de la función presentada en la figura 13, se implementó el código en Matlab para lograr la binarización de las diferentes imágenes entregadas en escala de grises (Figura 14).

```
%RGB=imread('logo-utp.png');
RGB=imread('patron-gris.bmp');
gray=mirgb2grayplus(RGB, 'p');

% Promedio- p
gray=mirgb2grayplus(RGB, 'p');
b=im2bw(gray, 0.5);
figure(2);
imshow(b);

% Tonalidad- t
gray=mirgb2grayplus(RGB, 't');
b=im2bw(gray, 0.5);
figure(3);
imshow(b);

% Luminancia- l
gray=mirgb2grayplus(RGB, 'l');
b=im2bw(gray, 0.5);
figure(4);
imshow(b);
```

Figura 14. Código de binarización.

3. BINARIZACIÓN ADAPTIVA DE LAS IMÁGENES EN ESCALA DE GRIS [10][11]

En la búsqueda de una solución los autores implementaron el método adaptivo del promedio sobre una ventana de 10 sin ajuste de promedio (C=0). La figura 15 entrega una versión del algoritmo implementado para la umbralización adaptiva de cada uno de los casos presentados en la conversión a escala de grises.

```
function outimage=mirgray2binadaptiva(inimage,N,Constant)
[N,W]=size(inimage);
outimage=zeros(N,W);
M2=fix(N/2);
for i=1+M2:2:N-M2
for j=1+M2:2:N-M2
% centro la subimagen
subimage=inimage(i-M2:i+M2,j-M2:j+M2);
threshold=mean(mean(subimage))-Constant;
if inimage(i,j)< threshold
outimage(i,j)=1;
else
outimage(i,j)=0;
end
end
end
end
```

Figura 15. Función de binarización adaptiva promedio.

Se puede apreciar que se logra una mejor umbralización de todas las imágenes a través de la utilización del algoritmo local de binarización promedio (*mean*). La

figura 16 presenta el código en Matlab que permite el uso de las funciones implementadas para cada caso.

```
RGB=imread('patron-gris.bmp');

inimage=mirgb2grayplus(RGB, 'p');
outimage=mirgray2binadaptiva(inimage,10,0);
figure(1);
imshow(outimage);

inimage=mirgb2grayplus(RGB, 't');
outimage=mirgray2binadaptiva(inimage,10,0);
figure(2);
imshow(outimage);

inimage=mirgb2grayplus(RGB, 'l');
outimage=mirgray2binadaptiva(inimage,10,0);
figure(3);
imshow(outimage);
```

Figura 16. Código en Matlab para la implementación del umbral adaptivo promedio de las versiones en escala de gris de la figura original 4.

El método del promedio para la generación de la escala de grises permite discriminar apreciablemente los objetos encontrados en la figura 4 mediante el uso de la umbralización adaptiva localizada por promedio. En la figura 16 se aprecian de manera clara cada uno de los objetos presentes siendo casi una versión equivalente a la detección de bordes.

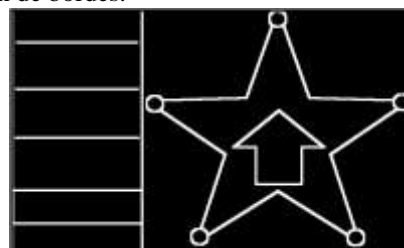


Figura 16. Binarización adaptiva localizada de la figura 5 (Promedio) [Los autores]

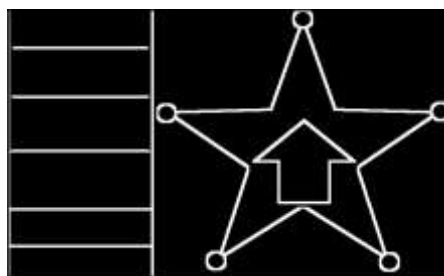


Figura 17. Binarización adaptiva localizada de la figura 8 (Tonalidad) [Los autores]

En la figura 17 se tiene el resultado de la umbralización adaptiva de la imagen en escala de grises mediante el método de la tonalidad. Esta se acerca a lo buscado, pero distorciona el resultado. Véase la figura 17 que presenta un desplazamiento de la flecha dentro de la estrella.

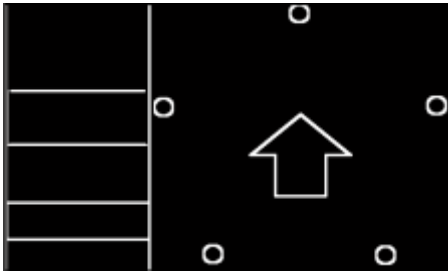


Figura 18. Binarización adaptiva de la figura 10 (Luminancia) [Los autores]

La figura 18 es el resultado aplicar la binarización adaptiva localizada promedio a la imagen en escala de grises producida por el método de la luminancia. Este no permitió encontrar la estrella ya que el método de conversión no discrimina entre los colores representados ya que estos, en su mayoría, presentan la misma luminancia.

4. MÉTODOLÓGÍA

La investigación ejecutada por el grupo de Robótica Aplicada utilizó una estrategia descriptiva y evaluativa, para lo cual se consultó la bibliografía más relevante respecto al tema en el internet y la documentación escrita. Se compararon cualitativamente los resultados obtenidos mediante cada método de conversión, contra los resultados que se logran en el proceso de binarización global; posteriormente se usó un método local. De cada uno de los métodos de conversión a escala de grises analizados se generó una imagen que permitiera su cualificación.

5. RESULTADOS

Los métodos descritos muestran resultados que son diferentes a la percepción humana. La binarización generó mejores resultados cuando esta se realizó local adaptiva que cuando se aplicó un método global para este caso.

6. CONCLUSIONES

No se debe recurrir a un solo método de conversión a escala de grises, por lo que se recomienda que siempre que se trate del tratamiento de una imagen como parte del proceso de visión artificial, se experimente con los valores de ponderación que se ajusten al problema específico.

La binarización global falla cuando se trata de imágenes que presenten valores de intensidad iguales independiente de sus colores verdaderos en RGB, en especial con el método de la luminancia que se adapta mejor al ojo humano pero no necesariamente al de la máquina. Con cualquiera de los otros métodos puede suceder que el valor de la luminancia coincida entre colores, por lo que los autores recomiendan trabajar alternativamente en la binarización a través de otros espacios del color tales como HSV sin limitarse exclusivamente al modelo RGB.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] Wilhelm Burger, Mark J. Burge, Principles of Digital Image Processing, Springer-Verlag London Limited, 2009

[2] Marc Ebner, Color constancy, Editor John Wiley and Sons, 2007, ISBN0470058293, 9780470058299

[3] What is Colour? [En línea] disponible en: http://www.poynton.com/notes/colour_and_gamma/ColorFAQ.html#RTFToC7 (Consultado el 6 de junio de 2009)

[4] Guild, John, "The colorimetric properties of the spectrum" [En línea] disponible en: <http://www.jstor.org/pss/91229> (Consultado el 6 de Marzo de 2011)

[5] HSL and HSV, [En línea] disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/HSL_and_HSV, (Consultado el 6 de Marzo de 2011)

[6] D. Cook, John, Three algorithms for converting color to grayscale, [En línea] disponible en: <http://www.johndcook.com/blog/2009/08/24/algorithms-convert-color-grayscale/> (Consultado el 6 de Marzo de 2011)

[7] Imagen del ojo humano, [En línea] disponible en: http://4.bp.blogspot.com/_IZUmpm_PzuQ/S8jWs0TWu7I/AAAAAAAAAU/GbQ-AiU5Txo/s1600/ojo.gif (Consultado el 22 de enero de 2011)

[8] Vassilios Vonikakis, Ioannis Andreadis, Nikolaos Papamarkos ADAPTIVE DOCUMENT BINARIZATION, A human vision approach, [En línea] disponible en: <http://robotics.pme.duth.gr/pubs/Conferences/ADAPTIVE%20DOCUMENT%20BINARIZATION%20A%20human%20vision%20approach.pdf> (Consultado el 6 de Marzo de 2011)

[9] Sergey Bezryadin, Brightness Calculation in Digital Image Processing, [En línea] disponible en: http://www.kweii.com/site/color_theory/2007_LV/BrightnessCalculation.pdf (Consultado el 6 de Marzo de 2011)

[10] Adaptive Thresholding, [En línea] disponible en: <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/adpthrsh.htm> (Consultado el 6 de Marzo de 2011).

[11] Derek Bradley, Adaptive Thresholding Using the Integral Image, [En línea] disponible en: <http://people.scs.carleton.ca/~roth/iit-publications-iti/docs/gerh-50002.pdf> (Consultado el 6 de Marzo de 2011).