

Algoritmo para el conteo de glóbulos rojos mediante procesamiento digital de imágenes

Algorithm for red blood cell count by digital image Processing

Rafael Bustamante Álvarez*

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

RESUMEN

El presente artículo expone acerca del desarrollo de un algoritmo de conteo de glóbulos rojos mediante procesamiento digital de imágenes, basado en la Transformada de Hough. Esto, permitirá automatizar el conteo manual, haciendo uso de una computadora mediante un software, en un tiempo más breve que el empleado por un especialista. Para realizar el proceso mencionado, la imagen es captada por una cámara instalada en un microscopio y luego transmitida a la computadora para el conteo de células mediante el algoritmo propuesto.

Palabras clave: Contador de células, segmentación, transformada de Hough,

ABSTRACT

This article expose about the development of an algorithm for red blood cell count by digital image processing, based on the Hough transform. This will automate the count done by computer using software, performing it in a shorter time than the time it takes a specialist. To perform the above process, the image is captured by a camera mounted on a microscope and then transmitted to the computer for counting cells.

Keywords: Cell counter, segmentation, Hugh transform.

Recibido: 11/04/2016

Aprobado: 15/05/2016

* Docente de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos <rbustamantea@unmsm.edu.pe>

Introducción

El procesamiento digital de imágenes es un campo fundamental para el desarrollo de aplicaciones de visión por computadora. Permite la automatización de procesos en los cuales, se requiere de visión artificial, con las ventajas que ello representa para ciertas actividades humanas en las que interviene la visión de objetos.

En este contexto, se plantea el diseño de un algoritmo que permita el conteo de glóbulos rojos, de una muestra de sangre, el cual es implementado mediante un programa. Para este propósito es necesario contar con un sistema de captación de imágenes, basado en una cámara de video incorporada a un microscopio y conectada a una computadora en el que se encuentra el programa que realiza el conteo de glóbulos rojos.

El sistema permite el ahorro de tiempo en el conteo células sanguíneas evitando una actividad que resulta tediosa para el laboratorista, más aún si es repetitiva en el caso de prestación de servicios de análisis de sangre.

Para el desarrollo del presente estudio se implementaron las diferentes etapas en el proce-

samiento digital de la imagen de la muestra de glóbulos rojos. Etapas que comprenden desde la captación de la imagen hasta la aplicación de la Transformada Hough. Específicamente esta última para el proceso de conteo de glóbulos rojos. Luego se realiza el análisis comparativo de los resultados del conteo.

En el caso del presente estudio se realizó una adaptación de la Transformada de Hugh, verificando que efectivamente permita realizar, el conteo de los glóbulos rojos como resultado de la adaptación.

Finalmente, se explicara en la presente publicación cada una de las etapas del desarrollo del estudio, así como los resultados obtenidos. A continuación se ilustra en la Figura 1, la propuesta del presente estudio.

Materiales y método

La investigación realizada es de carácter aplicada, debido a que su realización está sustentada en conocimientos ya existentes y que a partir de estos, se ha desarrollado una aplicación. Desde el punto de vista tipológico, se trata de una inves-

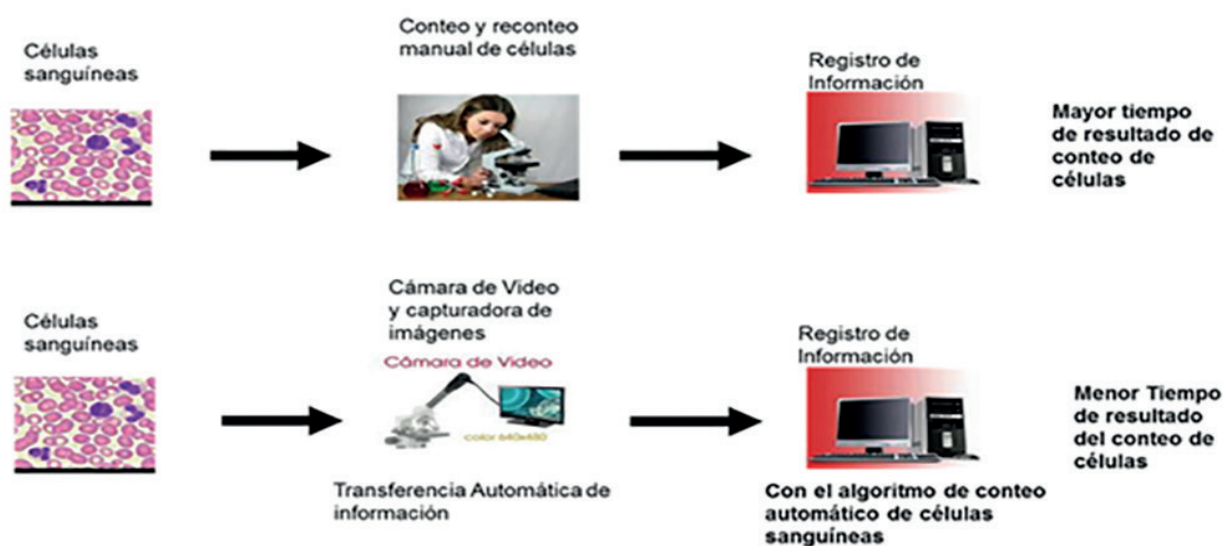


Figura 1. Se ilustra una comparación grafica de la propuesta del estudio.



Figura 2. Captación de la imagen y luego transmitida a la computadora

tigación de carácter experimental y exploratorio. Experimental, debido a que el conocimiento desarrollado se ha probado mediante una serie de pruebas de carácter experimental que permitieron validar el resultado del algoritmo diseñado. Y exploratorio, debido a que el conocimiento de bases matemáticas poco explorada han sido relacionados al procesamiento digital de imágenes.

Para el presente estudio se han obtenido imágenes células sanguíneas de cada cuadrícula de una muestra de sangre en una cámara de Neubauer tomada con un aumento de 40X para luego aplicar el algoritmo desarrollado.

El diseño de un algoritmo para el conteo de células sanguíneas tiene como objeto de análisis la imagen de se encuentra se las células a contabilizar. El proceso comienza con la captación de la imagen. Luego, la imagen es convertida en niveles de grises. Continúa con la mejora de la imagen

mediante el uso de un filtro digital mediano para eliminar ruido. Luego, sigue el proceso de segmentación. Continúa, un proceso de dilatación y erosión. Después, un proceso de detección de bordes. Finalmente, se aplica la transformada de Hugh para la detección de las células en la imagen y su conteo. A continuación se exponen las bases teóricas que han sido necesarias para el desarrollo del algoritmo propuesto por el estudio, las que posteriormente servirán para exponer la metodología.

Captación de la imagen

Es el proceso de obtención de la imagen que contiene el conjunto de células a ser contabilizadas por el programa. Este proceso se realiza mediante un microscopio con cámara incorporada que captura la imagen y envía al computador para su procesamiento. La imagen obtenida es una imagen a colores, la que debe ser convertida a niveles de gris para su procesamiento. En la Figura 2 se puede observar una ilustración del proceso.

Conversión de nivel gris

La conversión de una imagen de color a niveles de gris se realiza mediante el cálculo del equivalente de un pixel a color dado a un pixel de niveles de gris (luminancia) mediante la ponderación de las distintas componentes de color de cada píxel. Para realizar la conversión basta con aplicar la ecuación siguiente:



Figura 3. Conversión de una imagen a color a una imagen en niveles de gris.

$$Y = R*0.3 + G*0.59 + B*0.11 \quad (1)$$

Donde:

Y: Equivalente en niveles de gris.

R: Equivalente en niveles de rojo.

G: Equivalente en niveles de verde.

B: Equivalente en niveles de azul.

En la Figura 3 se puede observar una ilustración de este proceso, en la cual se muestra una imagen a color convertida a una imagen en niveles de gris.

Filtrado digital

Este proceso se realiza para mejorar la imagen de niveles de gris y se pueda realizar el análisis en una imagen de mejor calidad, y obtener mejores resultados. Para obtener el resultado esperado se emplea el filtro digital mediana. El cual, consiste en implementar una máscara cuyo valor central es la mediana de todos los demás elementos de la máscara. En la Figura 4 se puede ilustrar este proceso.



Figura 4

Segmentación

En esta etapa del procesamiento de la imagen, se realiza la determinación de los objetos de interés en la imagen, con relación al fondo de la imagen, es decir las células. Para ello se realiza un proceso denominado *umbralización* o *binarización*. El que mediante un umbral se determina si un pixel es blanco o negro, es decir 1 o 0. De esta forma se selecciona los objetos de interés de la imagen, que dependerá del

valor del umbral elegido, en la imagen de la Figura 5 se observa por ejemplo que el objeto de interés es la figura de un reloj de pared.



Figura 5

Detección de bordes

Mediante este procedimiento se obtiene los objetos de la imagen delineados, esta imagen sirve para la el proceso final de conteo de la imagen. Este proceso consiste en determinar los bordes de los objetos de la imagen, es decir donde los pixeles cambian de nivel de gris pasando de blanco a negro o viceversa. Esto, se realiza con la aplicación de operadores matemáticos en este caso se aplica el operador de Canny, como se ilustra en la Figura 6 la detección de bordes del reloj de la Figura 5.



Figura 6

Transformada de Hugh

Mediante este procedimiento se realiza la detección de los objetos de la imagen en este caso son las células que son los objetos de interés para realizar el proceso de conteo de células. Se trata de una adaptación de la función que realiza la transformada al detectar círculos en la imagen, como se ilustra en la Figura 7.

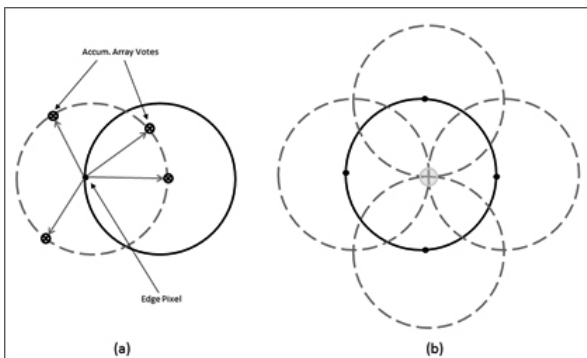


Figura 7

$$(x_i - x_o)^2 + (y_i - y_o)^2 = r^2 \quad (2)$$

Mediante la ecuación anterior se trata de determinar los centros de los círculos del plano xy en el plano de la transformada Hugh. A partir del número de centros se determina el número de células en la imagen.

Detección de círculos

Para este caso, el espacio paramétrico será el correspondiente a la posición del centro del círculo, (x_o, y_o) , y al radio, r .

$$(x_i - x_o)^2 + (y_i - y_o)^2 = r^2 \quad (3)$$

La ventaja de esta detección de círculos proviene de las características inherentes de la transformada de Hough, la inmunidad al ruido que es capaz de detectar círculos, aunque exista oclusión del mismo. Por otro lado, en este tipo de curvas, al ser cerradas, no hay problemas del carácter infinito de las líneas rectas. Los círculos están definidos en la imagen, sin ninguna expansión. En las figuras (8) se observa la imagen de monedas para ser

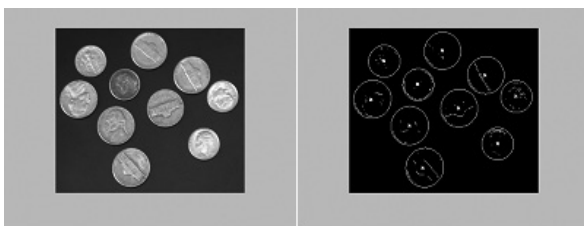


Figura 8. Detección de los círculos realizada por el algoritmo para detectar las monedas.

detectados y sus centros respectivos. Donde el número de centros sirve para determinar el número de monedas. En la Figura 9 se observa los círculos detectados indicando sus coordenadas respectivas en el espacio paramétrico de la Transformada de Hugh.

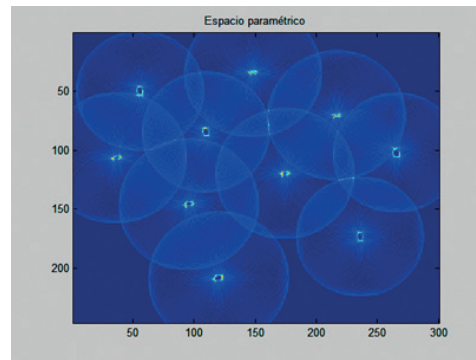


Figura 9

Resultados y discusión

El procedimiento para contar los glóbulos rojos de una imagen es el siguiente:

- 1) El proceso comienza, con la captación de una imagen a color de las células, mediante una cámara instalada en el microscopio, y luego es enviada al computador tal como se describe en el acápite *Captación de la imagen* de la sección anterior.
- 2) Se realiza la conversión de la imagen a color a una imagen en niveles de gris. En el computador se realiza la conversión, tal como se expone en el acápite *Conversión de nivel gris*, de la sección anterior,
- 3) La imagen es mejorada con un filtro digital mediana. Esta etapa permite eliminar el ruido de la imagen y aclararla, y es explicada en el acápite *Filtrado digital*, de la sección anterior.
- 4) Luego de obtener el umbral requerido, se procede a la segmentación de la imagen es decir resaltar las células del fondo de la imagen, para lo cual se elige un umbral determinado, En el acápite *Segmentación* de la sección anterior, se explica que esta etapa ligada de manera intrínseca al valor del umbral.

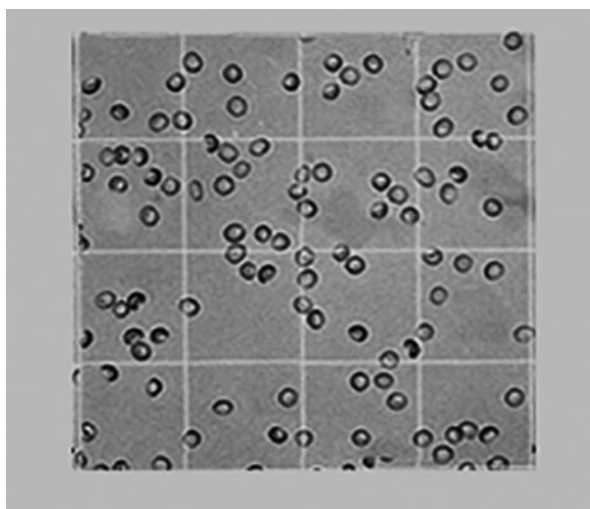


Figura a

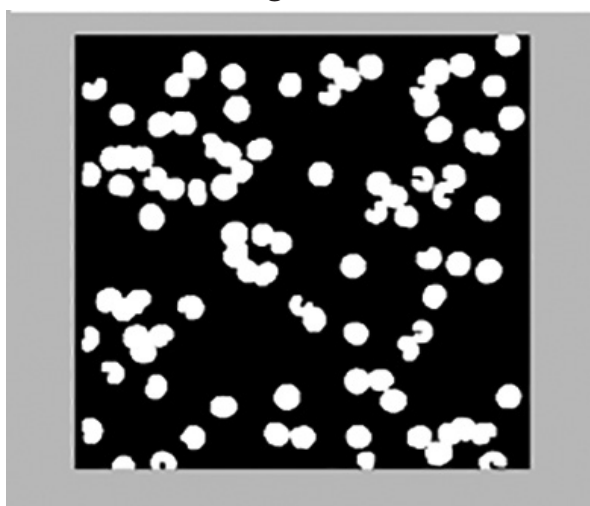


Figura b

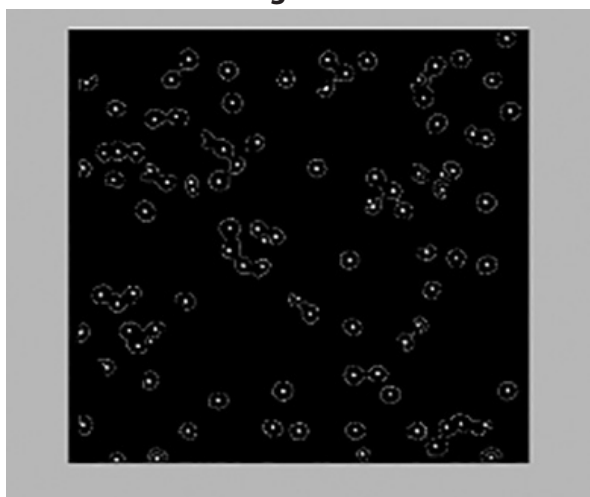


Figura c

Figura 10. Proceso de conteo de glóbulos rojos con la Transformada Hugh (Fuente: Elaboración propia)

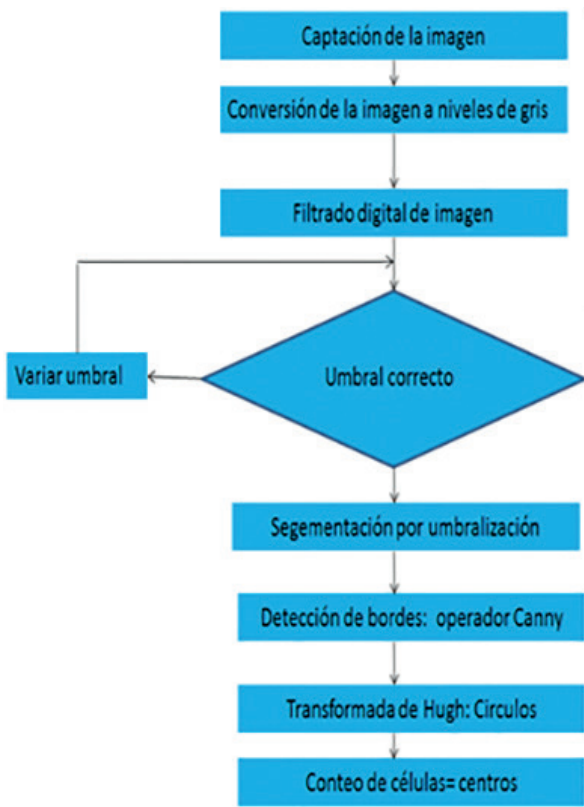
- 5) Se procede con la detección de bordes es decir el delineado de los objetos de la imagen, en este caso las células para la aplicación de la Transformada de Hugh, tal como se explica en el acápite *Detección de bordes* de la sección anterior.
- 6) Finalmente, se aplica la transformada de Hugh con la finalidad de contabilizar las células de la imagen. La idea fundamental es determinar el número de centros, de las células. En esta parte del proceso se adaptó la Transformada de Hugh para el conteo, tal como se explica en la en el acápite Transformada de Hugh, de la sección anterior.

En la Figura 10 se ilustra el proceso descrito.

En la figura (10), la figura (a) es la imagen en niveles de gris de los glóbulos rojos, en la figura (b) la segmentación, que permite extraer solo las células del resto de la imagen, binarizarla y luego una vez aplicada la detección de bordes se aplica la transformada Hugh, para determinar sus centros respectivos, y finalmente, el resultado se muestra en la figura (c).

El proceso descrito anteriormente queda plasmado mediante el algoritmo de conteo de glóbulos rojos basado en la Transformada de Hugh que permite la detección de círculos el que se adapta para el conteo de glóbulos rojos en una imagen de una muestra de frotis sanguíneo. En la siguiente figura (9) se ilustra el algoritmo creado.

En la tabla 1 se presenta el resultado del conteo realizado en forma manual (CM) y el conteo basado en la Transformada de Hugh (CBTH), a partir del cual se ha determinado el error promedio de 4%, con un umbral de 0.1999 para la segmentación, es decir, que corresponde al valor 43, de un rango de 0 a 255, valores de niveles de gris, donde 0 es el nivel que corresponde al color negro y 255 el color blanco. A partir del cual todos los valores de pixel menores que 43 se considera negro y los valores superiores a 43 blanco. El error obtenido puede ser reducido si los glóbulos rojos se dispersan más en las muestras, para una mayor discriminación de las células.



mediante la Transformada de Hugh.

TABLA 1

Nº	CM	CBTH
1	97	94
2	104	99
3	105	98
4	89	93
5	99	93
6	102	104
7	93	97
8	101	99
9	85	90
10	101	95
11	97	96
12	96	92
13	90	91
14	87	90
15	97	95
16	97	95
17	100	91
18	93	92
19	96	96

Agradecimientos

procedimiento manual, tal como lo demuestra el resultado del presente estudio.

Al Vicerrectorado de Investigación y a la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por su apoyo en la publicación de la presente investigación

Conclusiones

- a) Es posible contabilizar los glóbulos rojos de una muestra de sangre observada en el microscopio, mediante un algoritmo basado en la Transformada de Hugh adaptada a la detección de células en una imagen. Específicamente el aspecto concerniente a la detección de círculos en una imagen, los cuales son susceptibles a ser contabilizados y por lo tanto el número de células.
- b) El procesamiento digital de imágenes, basada en el algoritmo propuesto constituye una alternativa tecnológica para automatizar un

Referencias bibliográficas

- [1] J. Moreira Quiroz, «Implementación de un algoritmo para la detección y conteo de células en imágenes microscópicas, Escuela Superior Politécnica Guayaquil», 2009.
- [2] S. Alayón, J.L. Sánchez, J. F. Sigut, J.A. Mendez, «Segmentación automática de núcleos solapados en imágenes de citologías», Universidad de La Laguna, Tenerife, 2009.
- [3] R.J. Navarro Ramos, «Conteo de células sanguíneas a través de imágenes de microscopía», Universidad Autónoma Metropolitana, Iztamalapa, 2000.
- [4] L.A. Castellanos Beltrán, «Sistema computacional para la detección de glóbulos rojos en imágenes microscópicas de células sanguíneas», Universidad

- Industrial, Santander, 2012.
- [5] R.C Gonzalez, Digital image processing using Matlab. González, Woods, & Eddins, 2009.
- [6] R. Rodríguez Morales, *Procesamiento y Análisis Digital de Imágenes*, Alfaomega, 2012.
- [7] N. R.J, «Conteo de células sanguíneas a través de imágenes de citologías,» 2000.
- [8] J. L. Semmlow, Biosignal and Biomedical Image, Processing Matlab-Based Applications, New Jersey: Marcel Dekker, 2004.
- [9] J. R. M. Vilet, Apuntes de procesamiento digital de imágenes, San Luis de Potosi, Mexico: Facultad de Ingeniería UASLP, 2005.
- [10] MINSA, Manual de procedimientos de laboratorio en técnicas básicas de hematología, Lima, Perú: Instituto Nacional de Salud - Ministerio de Salud, 2004.