

## GUI para el rastreo celular

AMBRÍZ-COLÍN, Fernando\*†, RODRÍGUEZ-GARCÍA, Claudia Imelda, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos, FLORES-PÉREZ, José Manuel, AVILÉS-FERRERA, José Josias y CANO-RAMÍREZ, Jaime

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, carretera Valle-Huanímaro km 1.2, Sin Colonia, Cp. 38400, Tel:(456) 643 7180.*

Recibido Octubre 5, 2017; Aceptado Diciembre 8, 2017

### Resumen

Este trabajo consiste en la creación de una interfaz gráfica de usuario, la interfaz gráfica de usuario es creada para facilitar el desarrollo de algoritmos, los cuales su principal función es el procesamiento de imágenes. Las funciones que realiza la interfaz son: es el filtrado de imágenes; los filtrados de las imágenes nos sirven principalmente para eliminar el ruido; pixeles distorsionados y el mejoramiento de las imágenes. Se realiza el mejoramiento de las imágenes con el cuidado de no distorsionar la imagen original, para no perjudicar los resultados finales. Se prosigue con la segmentación de las imágenes. La identificación de las células y el rastreo de las mismas. Para realizar la segmentación se aplican operaciones morfológicas, las cuales se buscó obtener por medio de números experimentos los valores óptimos de umbral, para para realizar las operaciones morfológicas por ejemplo; la erosión y dilatación de las imágenes. Después se obtuvo el centroide de la célula, y partir de esa posición se hizo el rastreo. Los resultados muestran que este procedimiento logra hacer el rastreo, pero debido a la naturaleza compleja de las imagines, se requiere mucho poder de procesamiento para hacer todo el proceso de forma más rápida.

**Procesamiento de imágenes, Interfaz grafica, programación**

### Abstract

This work consists of the creation of a graphical user interface, the graphical user interface is created to facilitate the development of algorithms, whose main function is the image processing. The functions that the interface performs are: it is the filtering of images; The filtering of the images serves us mainly to eliminate the noise; Distorted pixels and improved images. The improvement of the images is done taking care not to distort the original image, so as not to damage the final results. Continue to segment the images. The identification of the cells and the tracing of them. To perform the segmentation morphological operations are applied, which sought to obtain by means of experimental numbers the optimal values of threshold, to perform morphological operations for example; The erosion and dilation of the images. Then the centroid of the cell was obtained, and from that position the tracing was done. The results show that this procedure succeeds in crawling, but because of the complex nature of the images, it takes a lot of processing power to make the whole process faster.

**Image processing, Graphical interface, programming**

**Citación:** AMBRÍZ-COLÍN, Fernando, RODRÍGUEZ-GARCÍA, Claudia Imelda, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos, FLORES-PÉREZ, José Manuel, AVILÉS-FERRERA, José Josias y CANO-RAMÍREZ, Jaime. GUI para el rastreo celular. Revista de Cómputo Aplicado 2017, 1-4: 46-55

\*Correspondencia al Autor:( Correo Electrónico: drrobertoperez@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

La Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato (UTSOE) es una Organismo Público Descentralizado del Estado de Guanajuato. Esta institución educativa nace en el año de 1998, con el propósito de cubrir las necesidades y expectativas del sector productivo de la región. Para tal efecto, la UTSOE asume el compromiso social de formar profesionistas capaces de contribuir con el desarrollo sustentable y sostenido de la región.

Actualmente la población de la UTSOE va de 1631 a 2400 alumnos dependiendo del cuatrimestre, del cual el 100% se encuentra estudiando el modelo por competencias todos ellos provenientes de más de 12 municipios de la región, de los cuales, por el número de alumnos, sobre sale Valle de Santiago, Salamanca, Pueblo Nuevo e Irapuato en ese orden.

Por lo anterior mencionado, se toma el reto de hacer un proyecto retador, como es la creación de una interfaz gráfica para el procesamiento de imágenes. Y buscar desarrollar una aplicación, que permita a los alumnos de UTSOE, en especial a los de TSU en Mantenimiento Área Industrial, explorar un tema que casi no se maneja, a excepción de las termografías, casi no se aplica el procesamiento de imágenes.

Las imágenes son de una base de datos proporcionada por (Debeir, Van Ham, & Kiss, 2005)

**Justificación**

En la actualidad en el área de las aplicaciones médicas se cuenta con la necesidad de desarrollar algoritmos capaces de interactuar con el usuario con la finalidad de estudiar soluciones a los problemas de salud que aquejan a la sociedad. Con esto se pueden ir explorando a fondo nuevas alternativas que optimicen recursos con los que se disponen. Para recibir un mejor tratamiento médico.

**Problema**

En trabajos previos, (Ambriz, y otros, 2006), debido a la naturaleza complicada de las imágenes, no resultaba sencillo poder elegir el método de pre-procesamiento y procesamiento de las imágenes, por ejemplo, para lograr la segmentación de las células. Entonces para poder lograr un buen resultado, era necesario que se hicieran muchos experimentos a fin de poder determinar los parámetros óptimos y umbrales. Tal cantidad de experimentos a veces resultaba abrumadora y podría resultar en fatiga del investigador, lo que podría afectar el desarrollo del algoritmo, al no poder hacer una observación correcta y/o interpretación de los resultados.

También está el hecho de incluir a los alumnos, en estos proyectos de investigación para que desarrollen otras competencias que complementen su formación, a fin de lograr en los alumnos más autonomía, pensamiento crítico, trabajo en equipo y comunicación.

**Hipótesis**

El desarrollo de una interfaz gráfica de usuario, permitirá al investigador observar los resultados de sus experimentos de procesamiento de imágenes en la misma pantalla en tiempo real, lo que permitiría depurar algoritmos y hacer que sean más eficientes.

**Objetivos****Objetivo General**

Diseñar y desarrollar una interfaz gráfica para procesamiento de imágenes. A fin de obtener un algoritmo que ofrezca mejores resultados.

**Objetivos específicos**

- Reducir el ruido de la imagen para aumentar la calidad de la imagen.

- Aumentar el contraste de las imágenes para que tengan una mejor segmentación.
- Realizar el algoritmo de segmentación de células.
- Detectar la mayor cantidad de células en la imagen para una mejor evaluación de las mismas.
- Realizar el rastreo de las células a detectar para identificar el comportamiento de las células.

## Marco Teórico

### Interfaz grafica

Una interfaz gráfica es el vínculo entre el usuario y un programa computacional, constituida generalmente por un conjunto de comandos o menús, instrumentos y métodos por medio de los cuales el usuario se comunica con el programa durante las operaciones que se desean realizar, facilitando la entrada y salida de datos e información.

Una interfaz es una de las partes más importantes de cualquier programa puesto que determina que tan factible y preciso será el desempeño del programa ante los comandos que el usuario pretenda ejecutar.

Un ejemplo de interfaces gráficas son las ventanas de Word, Excel, la ventana de Matlab entre otras. Una interfaz gráfica consta de botones, menús, ventanas, etc. Que permiten utilizar de una manera muy simple y en ocasiones casi intuitiva programas realizados en ambientes como Windows y Linux. Las interfaces gráficas también se conocen como interfaces de usuario. El nombre en inglés de las interfaces gráficas es Graphical User Interface y se denomina GUI. Existen diferentes lenguajes de programación que permiten crear GUI's tales como Visual C, Visual Basic, TK, y MATLAB por mencionar algunos.

Todos permiten usar diferentes controles y tienen distintas maneras de programar.

MATLAB permite realizar GUIs de manera sencillas usando una herramienta llamada GUIDE (GUI Development Environment). Es un juego de herramientas que se extiende por completo en el soporte de MATLAB, diseñadas para crear GUIs (Graphical User Interface) fácil y rápidamente, prestando ayuda en el diseño y presentación de los controles de la interfaz, reduciendo la labor al grado de seleccionar, tirar, arrastra y personalizar propiedades. Una vez que los controles están en posición se editan las funciones de llamada (Callback) de cada uno de ellos, escribiendo el código de MATLAB que se ejecutará cuando el control sea utilizado. En la figura 1 se muestra la ventana principal para la realización de GUIDE'S.

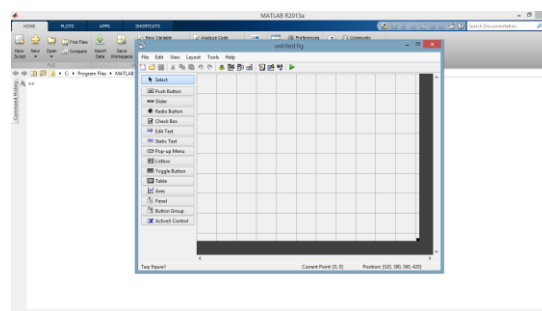


Figura 1 Ventana principal GUIDE

Fuente: Elaboración propia.

## Procesamiento de Imágenes.

### Filtrado

El nombre de filtro se asocia con el procesamiento en el dominio de la frecuencia, donde filtrar hace referencia a permitir o suprimir determinados componentes frecuencias: pasa bajas, pasa medias, pasa altas. Los objetivos principales cuando se pretende un procesamiento de imágenes a través de filtros son:

- Suavizar una imagen: permite reducir las variaciones o cambios intensos entre píxeles vecinos.
- Eliminar ruido: permite eliminar o atenuar aquellos píxeles cuyos niveles de intensidad son muy diferentes al de sus vecinos.
- Realzar bordes: realza los bordes que se ven en las imágenes.
- Detectar bordes: permite detectar los píxeles donde se producen cambios de intensidad.

Para el caso de un filtro para baja, su efecto es de suavizar (blur-smooth) una imagen. Este procedimiento se puede llevar a cabo mediante la utilización de filtros espaciales, llamados máscaras, Kernels, plantillas y ventanas. Existe una correspondencia 1 a 1 entre los filtros espaciales y los del dominio de la frecuencia. Sin embargo, los primeros son más versátiles. El mecanismo de un filtro en usar un vecindario:

El filtro crea un nuevo píxel con coordenadas iguales a las coordenadas del centro del vecindario y su valor es el resultado de la operación de filtrado.

El filtro de suavizado: son llamados también filtros de promedio o pasa baja, producen imágenes donde se reduce el ruido y cambios bruscos de intensidad, lo que da como resultado que las imágenes se tornen algo borrosas. Como desventaja tienen que es posible que se pierdan los bordes de las imágenes, porque corresponden a cambios bruscos y por consiguiente también se suavizan.

El filtro de orden estadístico: son filtros no lineales y su respuesta se basa en ordenar los píxeles que se encuentran en el área de análisis, es decir en la ventana de convolución.

Lo integran el filtro de mediana, el cual reemplaza el píxel por la mediana de la ventana de convolución.

### **Ruido**

El ruido en una imagen puede definirse como aquellos píxeles que se distorsionan. Es cuando el valor de un píxel no corresponde a la realidad, y puede ser producto de una mala adquisición, interferencias, errores a la hora de transmitir bits de información o añadidos intencionalmente.

Ruido gaussiano: es un ruido que se distribuye uniformemente de acuerdo con los valores que se le asignen en la imagen. Puede verse como muchos píxeles. Ruido sal y pimienta: es más parecido a la distorsión o ruido, se distribuye menos uniforme.

### **Segmentación**

La segmentación es un proceso mediante el cual se toma como entrada una imagen y genera como salida atributos extraídos de dichas imágenes. La segmentación subdivide a una imagen en sus regiones u objetos constituyentes, de tal manera que los píxeles de esas regiones poseen propiedades o atributos idénticos, como niveles de gris, contraste o texturas.

La mayoría de los algoritmos de segmentación están basados en dos propiedades básicas de intensidad de la imagen: la discontinuidad y la similitud. En la categoría de segmentación mediante discontinuidad, el proceso se realiza dividiendo a la imagen basándose en cambios abruptos en intensidad, como es el caso de la detección de bordes en una imagen. Con respecto a la segmentación con base en la similitud, ésta es lograda mediante la partición de una imagen en regiones que son similares de acuerdo a un conjunto de criterios predefinidos.

El objetivo básico de los algoritmos de segmentación es definir una partición del espacio. En el contexto de la imagen y del video, el espacio puede ser temporal (1D), espacial (2D) o espacio-temporal (3D). En consecuencia, este espacio se llama espacio de la decisión

### Operaciones Morfológicas

El procesamiento de imágenes por operaciones morfológicas es un tipo de procesamiento en el cual las formas espaciales de los objetos dentro de una imagen son modificadas. Dilatación, erosión, esqueletización son las tres operaciones morfológicas fundamentales. Con la dilatación, un objeto crece uniformemente en el espacio mientras que, con las erosiones, un objeto se contrae uniformemente, con la esqueletización, resulta una línea que representa la figura del objeto a manera de esqueleto (eje medio del objeto).

### Metodología

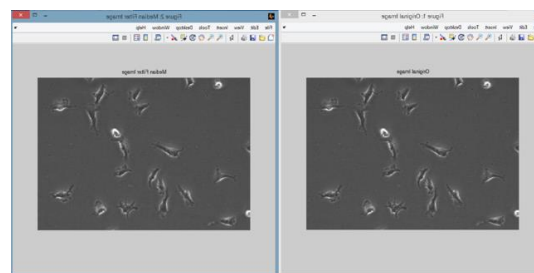
Al inicio de este proyecto se comenzó con una inducción a Matlab ya que este sería la plataforma que se utilizara durante todo el proyecto. Primeramente, se comienza a observar y estudiar la ventana principal de Matlab ya que es la fuente principal de esta, además se estuvo conociendo los diferentes comandos dentro del lenguaje que maneja este software.

Posteriormente se estuvo trabajando con una ventana llamada Graphical User Interface es un entorno para el desarrollo interactivo de interfaces de usuario (GUI).

En la segunda etapa del proyecto se desarrollaron diferentes códigos los cuales hacen el rastreo, detección, obtienen de las velocidades y posiciones de las células por solo nombrar algunos de las funciones que se lograron obtener.

### Filtrado

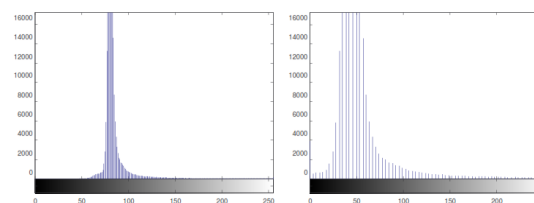
El filtrado de la imagen es esencial para la eliminación de los ruidos que pueda tener la imagen, la mejora de la imagen es relativa porque el resultado se cuestiona por el ojo humano.



**Figura 2** Filtrado de imagen

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 se muestra la comparación de las dos imágenes original y los resultados de la imagen filtrada. A simple vista pareciera no haber causado efecto alguno, pero si se observa el histograma, figura 3, se hace evidente la mejora:



**Figura 3** Histograma de la imagen filtrada

Fuente: Elaboración propia.

### Operaciones morfológicas

Las operaciones morfológicas se aplican sobre imágenes binarias y también es posible aplicarlas sobre imágenes en escala de grises, hay dos operaciones morfológicas básicas, una es la erosión y otra es la dilatación. La dilatación agrega píxeles a los límites de los objetos en una imagen, mientras que la erosión remueve píxeles de los límites de los objetos en una imagen. Ambas operaciones se basan en un tipo de estructura, esa estructura puede ser cualquier forma geométrica.

## Dilatacion

La dilatacion se define de acuerdo con (Pratt., 2001.) como:

$$G(j,k) = F(j,k) \oplus H(j,k) \quad (1)$$

donde  $F(i,k)$  para  $1 < j, k \leq N$  es la imagen binaria valuada y  $H(j, k)$  para  $1 \leq j, k \leq L$ , donde  $L$  es un entero impar, tambien es un arreglo binario llamada elemento estructural. Por simplicidad notacional, y asumiendo que los arreglos son cuadrados. La dilatacion puede ser definida matemáticamente e implementada en muchas maneras. Para realizar la dilatacion se ha usado un elemento estructural circular de radio 15 pixeles.

## Erosión

La erosion se define de acuerdo con (Pratt., 2001.) como:

$$G(j,k) = F(j,k) \ominus H(j,k) \quad (2)$$

donde  $H(j, k)$  de nuevo es de tamaño impar  $L \times L$  es el elemento estructural. El significado de esta relación es que la erosión de  $F(j, k)$  por  $H(j, k)$  es la intersección de todos los traslapes de  $F(j, k)$  en el cual la distancia de traslación es el índice del renglón y columna de los pixeles de  $H(j, k)$  es un estado lógico 1. Para hacer la erosión se ha usado la misma estructura que se uso en la dilatación, una estructura circular de radio 15 pixeles.

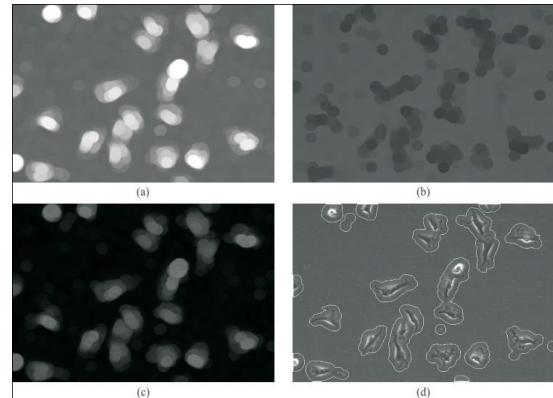
## Gradiente morfológico

El gradiente morfologico se calcula de acuerdo con (Pratt., 2001.) desde la erosión y dilatación, su ecuación es:

$$Grad(j, k) = \frac{1}{2} [D(j, k) - E(j, k)] \quad (3)$$

donde  $D(j, k)$  es la dilatación de la imagen en escala de grises, y  $E(j, k)$  es la erosión de la imagen en escala de grises. El resultado del gradiente morfologico en escala de grises se observa en la Figura 4c.

En la Figura 4d, se observa las células segmentadas por el metodo del gradiente morfologico.



**Figura 4** Operaciones morfológicas

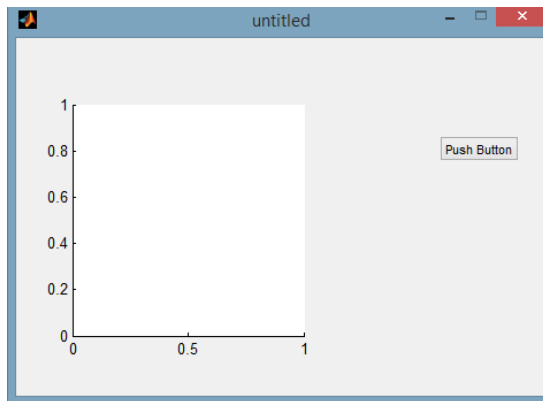
Fuente: Elaboración propia.

## Metodología de Desarrollo

Se comenzó utilizando solo algunos componentes los cuales se puede considerar como los más importantes o los más utilizados en todas las Guide's que se puedan desarrollar, tales son axes y push button. Se pretende lograr una interfaz sencilla, fácil de usar, sin mucha información técnica, para que el usuario final se capaz de usarla, con una breve capacitación.

Estos componentes se deben de programar para que estos puedan realizar alguna actividad. Como solo se requiere que se muestre una imagen cada vez que activemos un botón solo se colocó un push button, cada vez que se active mostrara una imagen en el espacio designado.

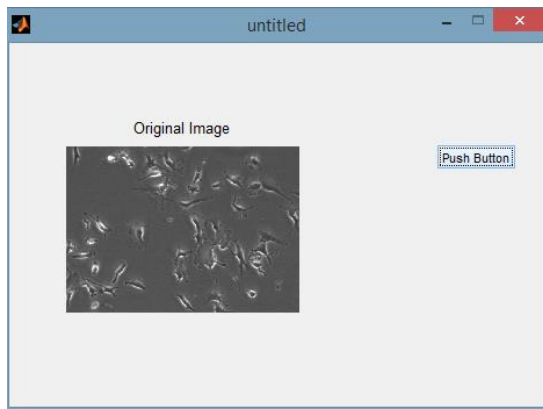
Cuando se ejecute el código para que pueda cargar la Guide, se abre una nueva ventana en la cual solo se muestra los componentes que se agregaron y programaron en la ventana de script. En la figura 5 se observa la Gui que se generó.



**Figura 5** Gui

Fuente: Elaboración propia.

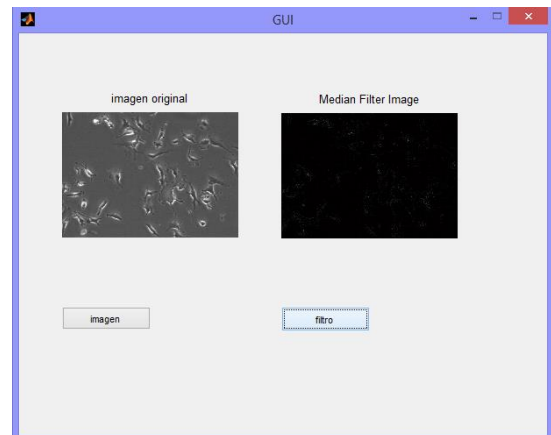
Se modificó el código en la ventana script, para que empezara a cargar las imágenes, esas imágenes son a las que se les aplicara el procedimiento para lograr rastrear las células. En la figura 6, se observa los resultados en la Gui.



**Figura 6**

Fuente: Elaboración propia.

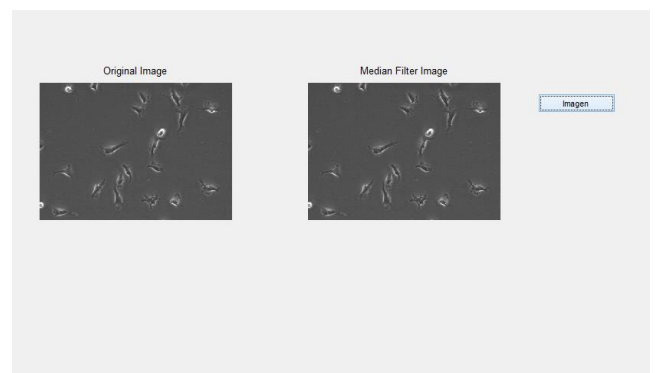
Se requiere un segundo espacio para poder mostrar dos resultados al mismo tiempo. En el primer espacio se mostrará la imagen original, a la imagen se le realizará un filtrado y el resultado se mostrará en el segundo espacio. En la figura 7 se observa la Guide con los resultados.



**Figura 7** Gui primer resultado.

Fuente: Elaboración propia.

Para ir incrementando la capacidad de la interfaz, se le fueron agregando más componentes, y cada nuevo componente agregado era probado a fin de ir depurando el código y corregir errores. En la figura 8 se observa la plantilla base a utilizar, en ella solo se agregaran dos axes en la primera se mostrara la imagen original y en la segunda la imagen después de haberle aplicado un procesamiento, por ejemplo, un filtrado, aumento de contrastes, etc.



**Figura 8**

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9 se observa la GUI con nuevas funciones agregadas, ahora se puede apreciar que se le dan al usuario alternativas sobre el tipo de procesamiento a utilizar.

Como solo se puede mostrar un solo resultado a la vez en la pantalla, solo se puede activar un solo botón, a la vez cuando un botón está activado los demás están desactivados.

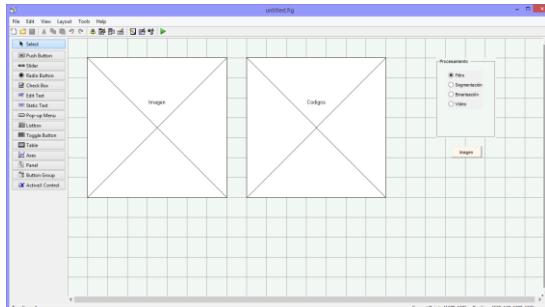


Figura 9 Gui

Fuente: Elaboración propia.

Después se empezó a programar los componentes, cabe señalar que los códigos que se utilizaron fueron previamente desarrollados y probados, a fin de solamente incluirlos en la interfaz para simplemente ser utilizados. En la figura 10 se observa el resultado.

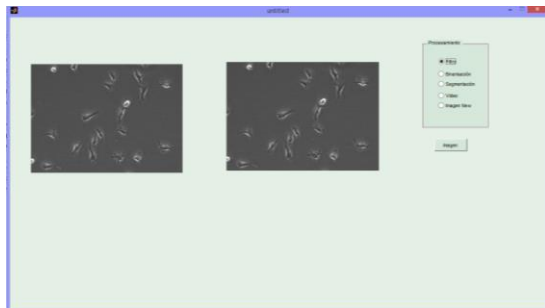


Figura 10 Gui

Fuente: Elaboración propia.

Cualquier procesamiento de imágenes que se desee hacer se debe de empezar con la mejora de la imagen, para reducir y/o eliminar información no necesaria, sin afectar las características importantes de la imagen, se tiene que tener en cuenta que son imágenes médicas, difíciles de procesar. El siguiente proceso es hacer la binarización de las imágenes, esta tarea prepara las imágenes para poder aplicarles las operaciones morfológicas antes descritas.

Se realiza esto para poder llevar a cabo la segmentación de las células y poder determinar cuales son las áreas de interés que debe de ser identificadas para llevar a cabo el rastreo, así como poder determinar el centroide del área segmentada.

En la figura 11 se observa el resultado que se obtuvo en la realización de la binarización en la Guide.



Figura 11 Gui

Fuente: Elaboración propia

La segmentación se usa para la localización de los objetos, como para encontrar los límites de estos dentro de la imagen. En este caso se utilizará para la localización de las células a detectar. En la figura 12 se observan los resultados obtenidos en la segmentación en la GUIDE.

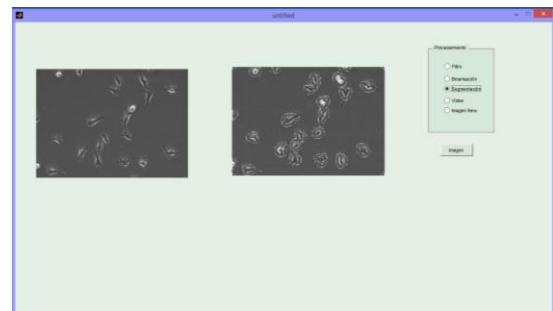
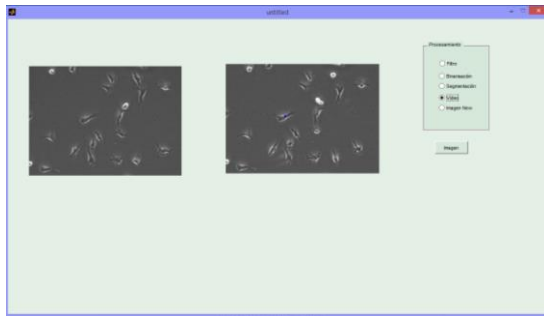


Figura 12 Gui

Fuente: Elaboración propia



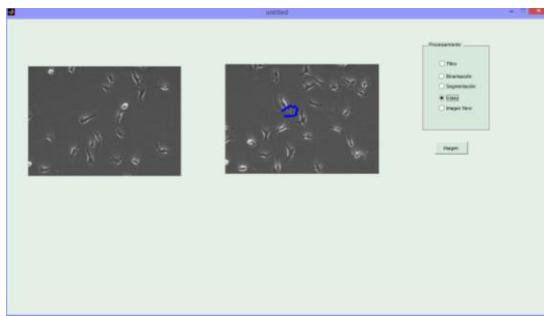
En la figura 13 a la 15 se observa los resultados de la secuencia de imágenes, se realizó una secuencia de imágenes para crear un video de aproximadamente 4 minutos en el cual se puede observar el seguimiento de las células. Con ayuda de la secuencia se puede observar el cómo están las células y como es su evolución en algunos casos se puede ver cómo van desapareciendo de la escena.



**Figura 13** Primera toma de la secuencia de imágenes

Fuente: Elaboración propia

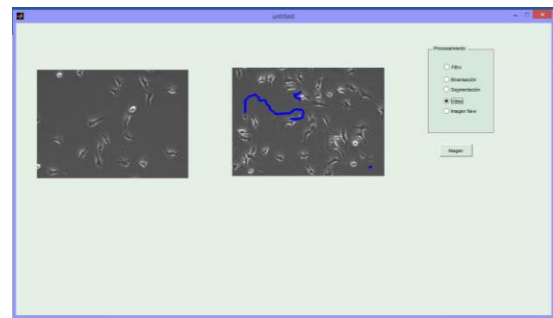
En la figura 14 se puede observar cómo va avanzando las células en la secuencia de imágenes, van apareciendo, modificando su forma, o moviéndose ninguna se queda totalmente estática.



**Figura 14** Segunda toma.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 se puede ver la interfaz con sus 5 operaciones de procesamiento, su área de visualización para comparar la imagen original y la imagen procesada.



**Figura 15** Gui rastreo celular

Fuente: Elaboración propia

## Resultados

Se obtuvo una GUI, para llegar al resultado obtenido se tuvo que estar haciendo diferentes pruebas con los códigos que se tenían se clasificaron en dos grupos los que tenían problemas de codificación y los que codificaban. Los del segundo grupo se estuvieron haciendo pruebas para ver cuál de todos ellos son los indicados para realizar las tareas que necesitamos, también se estuvo trabajando con los del primer grupo para corregir el código. Primero se empezó con el filtrado de las imágenes se opta por empezar en este paso para la mejora de las imágenes, eliminado ruidos, ya sean gaussiano o de tipo sal y pimienta, otro motivo es para mejorar el contraste de estas, teniendo en cuenta que el fin de estas imágenes son para uso médico, que no se deben de alterar los valores reales. Se escogió por realizar un primer filtrado como el comando utilizado no mejoro del todo la imagen se volvió a filtrar la imagen ya filtrada, teniendo como resultado una imagen con menos ruido.

Obtenido el filtro de las imágenes se procedió hacer la segmentación, para obtener una segmentación en imágenes anteriormente se tiene que realizar diferentes procesos a la imagen, tales son la erosión, dilatación, binarización y obtener el gradiente morfológico de la imagen, este paso depende del tipo del método que se vaya a utilizar para la segmentación de las imágenes como también depende de ello el tipo de imagen con la que se está trabajando, en este caso ya todas las imágenes estaban en escalas de grises y no se tuvo que convertir las imágenes a otro tipo. El resultado se enmascara con las imágenes originales para que el ojo humano pueda observar los resultados de los códigos. Se realizó una secuencia de imágenes para que cualquier usuario de la Guía pueda ver cómo se van desarrollando las células y así tener un criterio de su comportamiento de cada una de ellas.

### Conclusiones

El arte del procesamiento de imágenes es muy complejo en el embarca diferentes formas de procesar imágenes las cuales se pueden desarrollar para diferentes cosas o situaciones. Una de ellas es la segmentación de imágenes la cual es un proceso mediante el cual se toma como entrada una imagen y genera como salida atributos extraídos de dichas imágenes. La segmentación subdivide a una imagen en sus regiones u objetos constituyentes, de tal manera que los píxeles de esas regiones poseen propiedades o atributos idénticos, como niveles de gris, contraste o texturas. La mayoría de los algoritmos de segmentación están basados en dos propiedades básicas de intensidad de la imagen: la discontinuidad y la similitud.

### Referencias

Ambriz, F., Torres, M., Aviña, J., Saavedra, J., Debeir, O., & Sanchez, J. (2006). Detection of Biological Cells in Phase-Contrast Microscopy Images. *Artificial Intelligence, 2006. MICAI'06. Fifth Mexican International Conference on*, 68-77.

Corcuera, P. (s.f.). *Dpto. Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación, Universidad de Cantabria*. Obtenido de [http://www.utm.mx/~vero0304/HCPM/GUI\\_Matlab.pdf](http://www.utm.mx/~vero0304/HCPM/GUI_Matlab.pdf).

Debeir, O., Van Ham, P., & Kiss, R. (2005). Tracking of migrating cells under phase-contrast video microscopy with combined mean-shift processes. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 697 -711.

Pratt., W. K. (2001.). *Digital Image Processing*. New York, NY: Wiley & Sons, Inc.