

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN**

“Diseño e Implementación de un sistema para identificar  
texturas en una imagen”

### **TESINA DE SEMINARIO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Presentado por:

Diego Andrés Guevara Yaguana

Henry Neurio Mero Briones

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año 2011

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este proyecto a Dios por bendecirnos e iluminarnos con su gran sabiduría, a nuestros padres por ser nuestro ejemplo a seguir en nuestras vidas y apoyarnos incondicionalmente durante nuestra formación académica.

A todos nuestros profesores y a nuestros amigos por su apoyo moral e intelectual brindado en el día a día durante todos estos años de nuestra carrera universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos en primer lugar a Dios por darnos la vida, habernos iluminado día a día y haber guiado nuestros pasos durante toda la vida para culminar nuestra carrera universitaria.

A nuestros padres quienes fueron pilares importantes durante nuestra vida estudiantil, a nuestros profesores que impartieron sus conocimientos y resolvieron nuestras inquietudes con gran dedicación para formar profesionales de calidad con valores éticos y morales.

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

Ing. Juan Carlos Avilés

DELEGADO DECANO FIEC

---

Ing. Patricia Chávez

PROFESORA SEMINARIO DE  
GRADUACION

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

**DIEGO GUEVARA YAGUANA**

---

**HENRY MERO BRIONES**

## **RESUMEN**

El objetivo principal de este trabajo es realizar una aplicación interactiva dirigida a los estudiantes de la facultad, donde puedan identificar las diferentes texturas existentes en una imagen: ya sean en blanco y negro, escala de grises o color. Permitiendo a los usuarios escoger diferentes métodos de segmentación, y la capacidad de modificar los parámetros con el objetivo de obtener diferentes resultados.

Se utilizarán algoritmos propuestos en la herramienta de simulación Matlab. Depende de cada usuario escoger los métodos correctos y los parámetros adecuados para realizar la segmentación de las texturas de cada imagen, debido a que no existe una respuesta única ni universal para este problema.

# Índice General

RESUMEN .....	I
ÍNDICE GENERAL .....	II
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	III
INTRODUCCIÓN .....	IV
CAPÍTULO 1 .....	1
1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	1
1.1 Operadores Morfológicos.....	1
1.2 Elementos Estructurales.....	2
1.2.1 Composición de los elementos estructurales .....	2
1.2.2 Descripción de los elementos estructurales .....	2
1.2.3 Origen del elemento estructural .....	4
1.3 Operador Dilatación.....	6
1.3.1 Proceso de Aplicación .....	6
1.3.2 Análisis matemático del operador dilatación-binaria .....	7
1.3.3 Aplicación del operador Dilatación .....	8
1.4 Operador Erosión .....	10

1.4.1	Análisis matemáticos del operador Erosión-binaria.....	11
1.4.2	Aplicaciones del operador Erosión .....	13
1.5	Operador Apertura.....	13
1.6	Operador Cerradura .....	16
1.7	Comparación del operador apertura con el operador cerradura.....	17
1.8	Medidas estadísticas .....	18
1.6.1	Entropía.....	18
1.6.2	Desviación estándar.....	19
1.6.3	Rango de la imagen .....	19
CAPÍTULO 2.....		21
2.	IMPLEMENTACIÓN .....	21
2.1	Software Utilizado.....	21
2.2	Estructura de la Aplicación .....	22
2.3	Procesamiento de las imágenes en Blanco y Negro .....	23
2.4	Procesamiento de las imágenes en Escala de Grises.....	27
2.5	Procesamiento de las imágenes en Color .....	30
2.6	Estructura de la Interfaz Grafica .....	33



CAPÍTULO 3.....	34
3.1    Pruebas realizadas a las imágenes en Blanco y Negro.....	34
3.1.1. Prueba #1.....	35
3.1.2. Prueba #2.....	35
3.1.3. Prueba #3.....	35
3.2    Pruebas realizadas a las imágenes en Escala de Grises y Color.....	36
3.2.1. Prueba de Filtraje y binarización de la imagen.....	37
3.2.2. Prueba eliminación de objetos .....	38
3.2.3. Prueba de Operador morfológico .....	38
CAPÍTULO 4.....	39
4. RESULTADOS .....	39
4.1    Resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas a las idiimágenes en Blanco y Negro. ....	39
4.1.1. Resultados Prueba #1 .....	39
4.1.2. Resultados Prueba #2.....	41
4.1.3. Resultados Prueba #3.....	42

4.2	Resultados Obtenidos a partir de las pruebas realizadas a las fdfdimágenes en Escala de Grises y Color.....	44
4.2.1	Resultados de la prueba de filtraje y binarización de la imagen.....	44
4.2.2.	Resultados de la prueba de eliminación de objeto .....	46
4.2.3.	Resultados de la prueba de operador morfológico.....	47

#### Conclusiones y Recomendaciones

#### ANEXOS

ANEXO A: APLICACIÓN GUIDE EN MATLAB:SISTEMA PARA IDENTIFICAR TEXTURAS EN UNA IMAGEN: MANUAL DEL USUARIO

ANEXO B: TABLAS DE LA APLICACIÓN DE LAS PRUEBAS A LA IMAGEN “GRIS 1”

ANEXO C: TABLAS DE LA APLICACIÓN DE LAS PRUEBAS A LA IMAGEN “GRIS 2”

ANEXO D: TABLAS DE LA APLICACIÓN DE LAS PRUEBAS A LA IMAGEN A COLOR

#### REFERENCIAS

# Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Muestras matriciales de los elementos estructurales .....	5
Ilustración 2. Centro del elemento estructural (cuadrado) .....	6
Ilustración 3. Ejemplo matricial de la operación dilatación.....	7
Ilustración 4 Ejemplo gráfico de la operación dilatación .....	9
Ilustración 5 Aplicación del operador morfológico Dilatación .....	10
Ilustración 6 Ejemplo matricial de la operación erosión .....	11
Ilustración 7 Ejemplo gráfico de la operación erosión.....	13
Ilustración 8 Aplicación del operador morfológico “Erosión” .....	14
Ilustración 9 Operador morfológico “Apertura” .....	15
Ilustración 10 Aplicación del operador morfológico “Apertura”.....	15
Ilustración 11 Aplicación del operador cerradura .....	16
Ilustración 12 Comparación de resultados entre los operadores apertura y cerradura .....	17
Ilustración 13 Aplicación del operador bwareopen en una imagen.....	18
Ilustración 14 Determinación del rango de filtrado de un pixel en una imagen de salida .....	20
Ilustración 15 Diagrama de Bloques de la Aplicación en General.....	22

Ilustración 16 Diagrama de Bloques del procesamiento de imágenes en Blanco y Negro .....	23
Ilustración 17 Imagen Binaria.....	24
Ilustración 18 Imagen Segmentada .....	25
Ilustración 19 Obtención de la segunda máscara .....	26
Ilustración 20 Imagen segmentada.....	26
Ilustración 21 Diagrama de Bloques del procesamiento de imágenes en Escala de Grises .....	27
Ilustración 22 Segmentación de las textura en la imagen.....	29
Ilustración 23 Diagrama de Bloques del procesamiento de imágenes en Color. ....	30
Ilustración 24 Transformación de Imagen a color a escala de grises .....	31
Ilustración 25 Imagen a color separada en sus matrices primarias: Rojo, Verde y Azul.....	32
Ilustración 26 Segmentación de las texturas en una imagen a color .....	32
Ilustración 27 Diagrama de bloques de las interfaces del aplicativo .....	33
Ilustración 28 Imágenes binarias “bw1” .....	34
Ilustración 29 Imágenes binarias “bw2” .....	34
Ilustración 30 Imagen gris 1 .....	36
Ilustración 31 Imagen gris 2.....	36

Ilustración 32 Imagen a color .....	37
Ilustración 33 Texturas binarias segmentadas de la imagen “bw1” mediante prueba# 1 .....	40
Ilustración 34 Texturas binarias segmentadas de la imagen “bw2” mediante prueba# 1 .....	40
Ilustración 35 Texturas binarias segmentadas de la imagen “bw1” mediante prueba# 2 .....	41
Ilustración 36 Texturas binarias segmentadas de la imagen “bw2” mediante prueba# 2 .....	42
Ilustración 37 Texturas binarias segmentadas de la imagen “bw1” mediante prueba# 3 .....	43
Ilustración 38 Texturas binarias segmentadas de la imagen “bw2” mediante prueba# 3 .....	44
Ilustración 39 Filtrado en Imagen gris 1 .....	45
Ilustración 40 Filtrado en Imagen gris 2 .....	45
Ilustración 41 Filtrado en Imagen a Color .....	46
Ilustración 42 Filtrado mejorado en Imagen gris 1 .....	46
Ilustración 43 Filtrado mejorado en Imagen gris 2 .....	47
Ilustración 44 Filtrado mejorado en Imagen a Color .....	47
Ilustración 45 Mascara resultante de la imagen Gris1 .....	48

Ilustración 46 Mascara resultante de la imagen Gris2 .....	48
Ilustración 47 Mascara resultante de la imagen a Color .....	49
Ilustración 48 Segmentación de texturas de la imagen gris 1 .....	49
Ilustración 49 Segmentación de texturas de la imagen gris 2.....	50
Ilustración 50 Segmentación de texturas de la imagen color.....	50

# INTRODUCCIÓN

Generalmente se piensa que el procesamiento y manipulación de imágenes solo se puede realizar en programas gráficos, este proyecto muestra la gran capacidad que posee el software Matlab para desarrollar aplicaciones con imágenes muy interesantes. El punto principal es tomar cualquier imagen como una matriz, en general; si se tiene una imagen en blanco y negro, o escala de grises se tienen matrices de dos dimensiones, en cambio con imágenes a colores la interpretación es la de una matriz tridimensional.

En el presente proyecto lo primordial es el trabajo con operaciones morfológicas las cuales aplican un elemento estructural a la imagen seleccionada como: cuadrados, rombos, círculos, líneas, rectángulos o un elemento estructural arbitrario, con el objetivo de poder identificar las texturas de cualquier tipo de imagen. Además existen varias operaciones morfológicas y mediante la aplicación desarrollada se puede observar la diferencia entre cada una de ellas. Además se puede verificar que cada imagen tiene parámetros diferentes para poder segmentarla en función de sus texturas.

# **CAPÍTULO I**

## **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

Para entender el funcionamiento de los procesos aplicados en el proyecto es necesario conocer los procesos morfológicos y su forma de operación, los cuales son procesamientos no lineales de la señal, caracterizados por realzar la geometría y forma de los objetos. Su fundamento matemático se basa en la teoría de conjunto. Estos procesos se aplican sobre las imágenes binarias o en niveles de grises, los cuales son indispensables para obtener las texturas de cada imagen escogida.

### **1.1. Operadores Morfológicos**

Los operadores morfológicos son los que darán la pauta para la segmentación de las texturas de cada imagen. Existen varios tipos de operadores morfológicos los cuales utilizan elementos estructurales con el objeto de obtener la mejor perspectiva para realizar los debidos reconocimientos de texturas. Las operaciones morfológicas son aquellas en el que el valor de cada pixel de la imagen de salida depende del valor de ese pixel en la imagen de entrada y su relación con los pixeles vecinos [1], cabe recalcar que las operaciones morfológicas no varían la dimensión



de la imagen. Entre los operadores más utilizados tenemos el operador de dilatación, erosión, apertura, cerradura además tenemos otras operaciones compuestas como transformada de ganancia o pérdida (hit or miss)(1).

## **1.2 Elementos Estructurales**

Definen tanto el tamaño de la vecindad donde se va aplicar la operación morfológica, este puede tener forma de cuadrado, disco, línea, rectángulo, rombo o diamante, octágono o arbitrario (2).

### **1.2.1 Composición de los elementos estructurales**

Está formado de ceros y unos de formas y tamaños arbitrarios en los cuales las posiciones donde está el uno define la vecindad(2).

### **1.2.2 Descripción de los elementos estructurales**

El elemento estructural *Cuadrado* crea una matriz cuadrada de “unos” y el parámetro de dicho elemento estructural corresponde a la longitud de los lados de la matriz.

El elemento estructural Disco forma un círculo relleno de “unos”, el parámetro a definir en este elemento estructural es el radio del círculo.

El elemento estructural rectángulo forma una matriz rectangular de “unos” cuyos parámetros de variación son la altura y la base de dicha matriz.

El elemento estructural diamante forma un rombo de “unos” donde el parámetro a definir es la distancia desde el origen a los extremos de dicha figura.

El elemento estructural *lineal* como su mismo nombre lo dice define una línea de unos dentro de una matriz de ceros, los parámetros a variar son la longitud de la línea y el grado de inclinación de la misma.

El elemento estructural *octágono* forma un octágono relleno de “unos” dentro de una matriz de ceros, en donde el parámetro a

definir es la distancia del origen a los lados del octágono como medida entre la horizontal y la vertical, cabe recalcar que el parámetro antes mencionado debe ser positivo y múltiplo de tres.

En lo que se refiere al elemento estructural *arbitrario* podemos formar una matriz con ceros y unos dependiendo de las circunstancias que se necesite.

En la ilustración1 se muestra ejemplos de cada uno de los elementos estructurales para un mejor entendimiento.

### 1.2.3 Origen del elemento estructural

El centro del elemento estructural responde a la siguiente fórmula:

$$Centro = \frac{(Tamaño+1)}{2}[1]$$

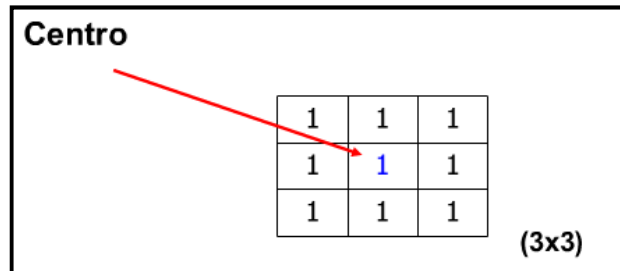
<pre>&gt;&gt; ee=strel('diamond', 3) 0001000 0011100 0111110 1111111 0111110 0011100 0001000</pre>	<pre>&gt;&gt; ee=strel('disk', 4) 0011100 0111110 1111111 1111111 1111111 0111110 0011100</pre>	<pre>&gt;&gt; a=[0 1 0 1; 0 0 0 0;       0 0 0 0; 1 0 1 0]; &gt;&gt; se=strel('arbitrary',a) 0101 0000 0000 1010</pre>
<pre>&gt;&gt; ee=strel('line', 7, 135) 10000 01000 00100 00010 00001</pre>	<pre>&gt;&gt; ee=strel('octagon', 3) 0011100 0111110 1111111 1111111 1111111 0111110 0011100</pre>	<pre>&gt;&gt; ee=strel('rectangle', [4 3]) 111 111 111 111</pre>

**Ilustración 1 Muestras matriciales de los elementos estructurales**

Para entender mejor la formula tomemos el ejemplo de un cuadrado de tamaño de 3 x 3, vamos a obtener que el centro es 2x2 como se demuestra a continuación (ver ilustración 2):

$$Centro = \frac{(3 + 1) \times (3 + 1)}{2}$$

$$Centro = 2 \times 2$$



**Ilustración 2. Centro del elemento estructural (cuadrado)**

### 1.3 Operador Dilatación

Esta operación adiciona píxeles al entorno de objetos presentes en la imagen, es decir que aumenta el nivel de los valores de los píxeles en el entorno de los objetos(3).

#### 1.3.1 Proceso de Aplicación

Los pasos para aplicar la dilatación son:

- Seleccionar el píxel de la imagen original a tratar.
- Buscar el mayor de los píxeles de la vecindad, incluido el central, definidos por la forma y tamaño de la estructura.
- Sustituir el valor del píxel por el valor máximo.

15	27	8	1	1	1	15	27	8
100	95	1	1	1	1	100	125	1
125	30	2	1	1	1	125	30	2
Imagen de entrada			Elemento estructural			Imagen de salida		

### Ilustración 3 Ejemplo matricial de la operación dilatación

En el ejemplo de la ilustración 3, debido a que el valor del píxel 125 es el más alto entonces el píxel central anterior se sustituye por este valor y se comprueba que este criterio puede utilizarse en imágenes definidas por escala de grises (2).

#### 1.3.2 Análisis matemático del operador dilatación-binaria

El resultado de la dilatación es el conjunto de elementos tal que al menos algún elemento del conjunto “elemento estructural” B está contenido en el conjunto X, cuando B se desplaza sobre el conjunto X:

$$\delta_b(X) = X \oplus B = \{x | X \cap B_x \neq \emptyset\} \quad [2]$$

La operación que se refleja en [2] representa un crecimiento progresivo del conjunto  $X$ . Al pasar el elemento estructural dentro del conjunto, éste no se modificará. Sin embargo, en la frontera del conjunto  $X$ , al desplazar a  $B$ , el conjunto resultado se expande. La aplicación iterada de este operador degrada la imagen, haciendo coincidir el conjunto dilatado con la imagen (3). La dilatación es una transformación extensiva:

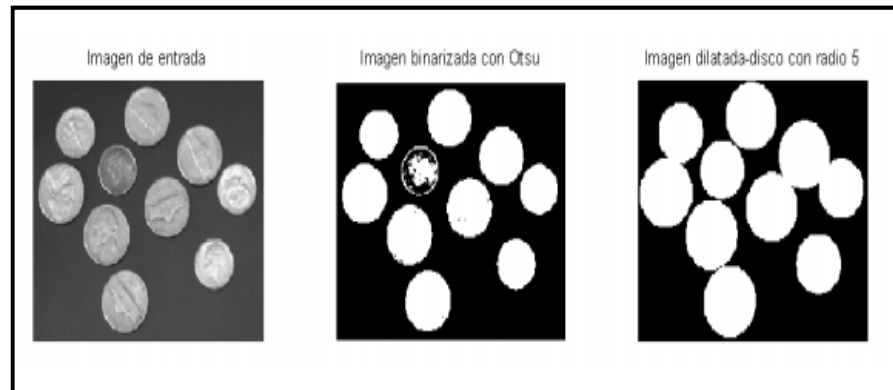
$$X \subseteq \delta_b(X)[3]$$

La dilatación también se interpreta como el valor máximo del entorno de vecindad definido por el elemento estructural. Las aplicaciones de las operaciones de erosión seguida con una dilatación no son conmutativas. Los resultados son diferentes dando paso a las aperturas y cierres morfológicos (4).

### **1.3.3 Aplicación del operador Dilatación**

Existen varias aplicaciones del operador morfológico dilatación, una de estas es la recuperación de caracteres en un texto borroso. En la

ilustración 4 se ve claramente cómo se puede obtener una mejor perspectiva del texto.



**Ilustración 4 Ejemplo gráfico de la operación de dilatación**

De esta forma se puede encontrar utilidad para obtener las máscaras y separar las texturas mediante este operador morfológico.

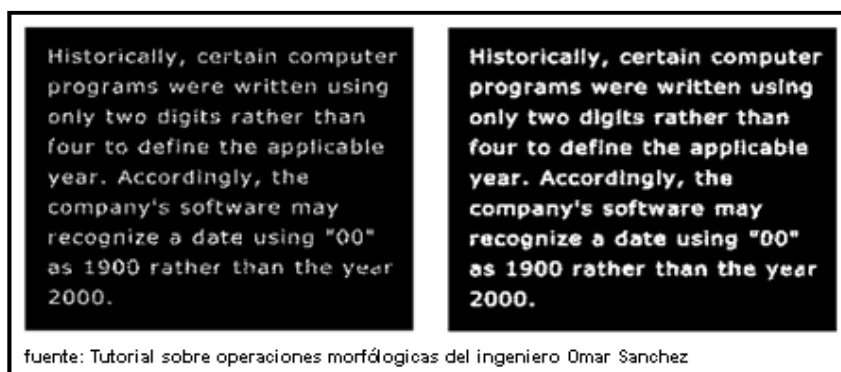
*Por lo tanto se puede concluir que el operador morfológico "Dilatación" amplía los bordes, une objetos próximos, además une puntos blancos próximos y elimina detalles próximos negros.*



## 1.4 Operador Erosión

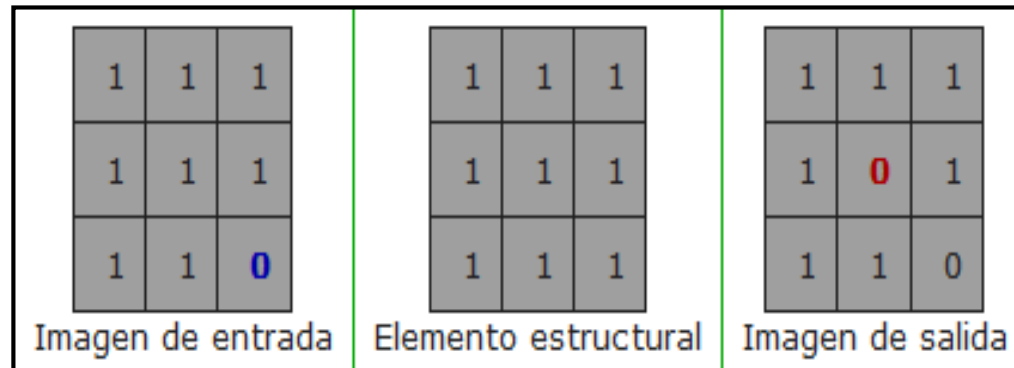
La erosión se basa en reducir el nivel de los píxeles del entorno de un objeto. Se puede observar que la Erosión es la operación inversa de la dilatación (4).

En la ilustración 5 se puede verificar como se recuperan los caracteres que son pocos visibles en el texto mediante la operación morfológica erosión.



### Ilustración 5 Aplicación del operador morfológico Dilatación

En la ilustración 6 se demuestra que la erosión reduce el nivel de los píxeles del entorno de un objeto, para ello se selecciona el mínimo valor de la vecindad del punto a tratar.



### Ilustración 6 Ejemplo matricial de la operación erosión

El número de píxeles a los que se aumenta o reduce el nivel depende del tamaño y forma del elemento estructural usado para procesar la imagen. La dilatación y la erosión expanden y contraen la imagen.

#### 1.4.1 Análisis matemáticos del operador Erosión-binaria

La transformación de la erosión es el resultado de comprobar si el elemento estructural  $B$  está completamente incluido dentro del conjunto  $X$ . Cuando no ocurre, el resultado de la erosión es el conjunto vacío (3):

$$\varepsilon_b(X) = X \ominus B = \{x \mid B_x x \subseteq X\} \quad [4]$$

Cuando los objetos de la escena sean menores que el elemento estructural, éstos desaparecerán. Otra interpretación de la erosión supone tomar el valor mínimo de la imagen en el entorno de vecindad definido por el elemento estructural.

Su utilidad consiste en definir una geometría determinada al elemento estructural y pasarlo sobre la imagen.

Los objetos menores al elemento estructural no aparecerán en la imagen resultante. Los objetos que queden de la transformación habrán sido degradados. Por tanto, la erosión supone una degradación de la imagen.

La aplicación iterativa de esta transformación hará que se eliminen todos los objetos existentes en la imagen. La erosión es una transformación anti extensiva (3):

$$\varepsilon_b(X) \subseteq X \quad [5]$$

En la ilustración 7 se observa el resultado de este operador morfológico:



**Ilustración 7 Ejemplo gráfico de la operación erosión**

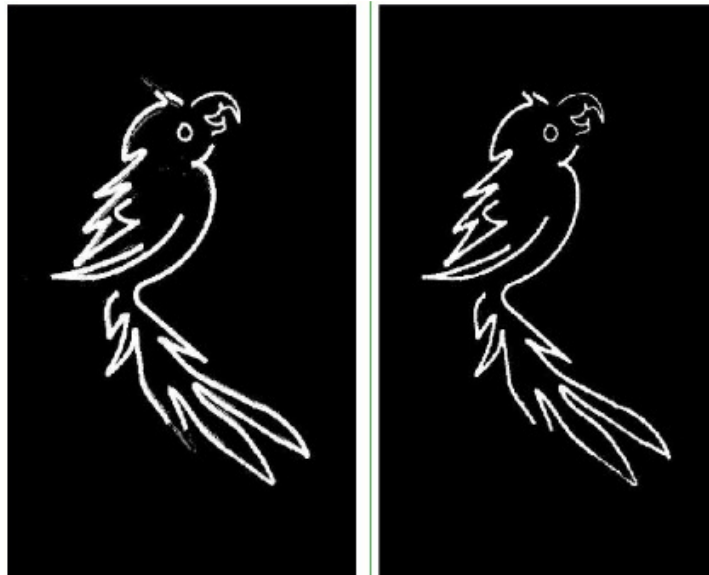
#### **1.4.2 Aplicaciones del operador Erosión**

En lo que se refiere al operador morfológico “Erosión” se establece que *reduce los bordes, separa objetos próximos, además elimina puntos blancos separados y amplía detalles negros pequeños*. La aplicación de este operador se la observa en la ilustración 8.

#### **1.5 Operador Apertura**

Las operaciones vistas anteriormente como dilatación y erosión se combinan para formar varios métodos de procesamientos de imágenes.

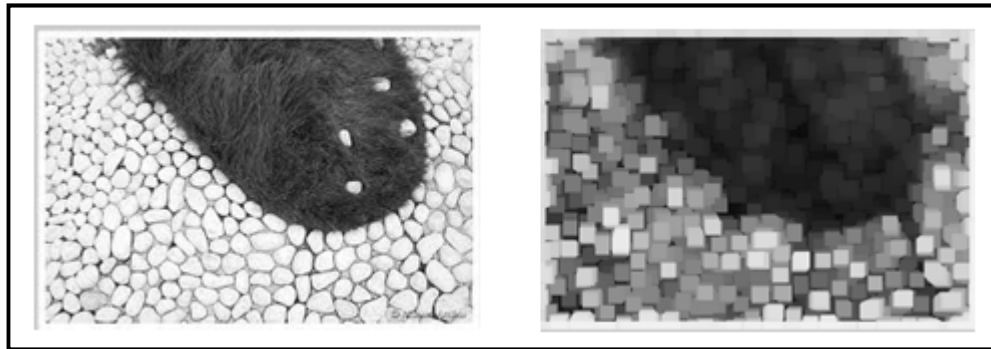
Uno de estos casos es la *apertura de una imagen*, que es la realización de una erosión seguida de una dilatación utilizando el mismo elemento estructural en ambas operaciones (4).



**Ilustración 8 Aplicación del operador morfológico “Erosión”**

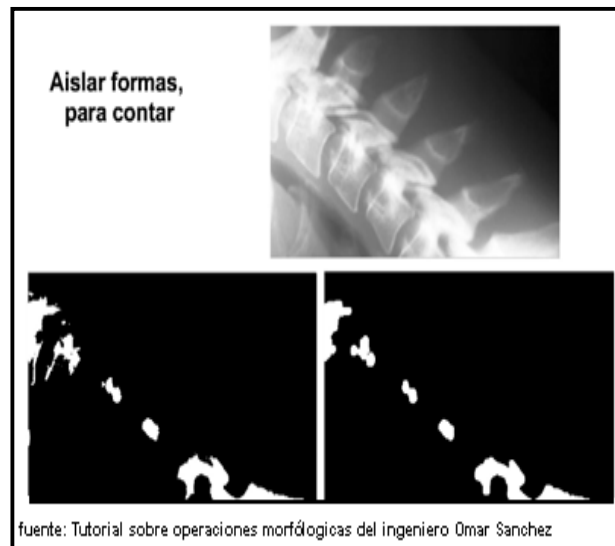
Además se puede mencionar que la apertura *suaviza el contorno de un objeto y separa pequeños enlaces*.

En la ilustración 9 se observa el efecto del operador apertura sobre una imagen:



**Ilustración 9 Operador morfológico “Apertura”**

En la ilustración 10 se muestra la aplicación medica del operador apertura en lo que se refiere a traumatología con el conteo de vertebras en la columna vertebral.

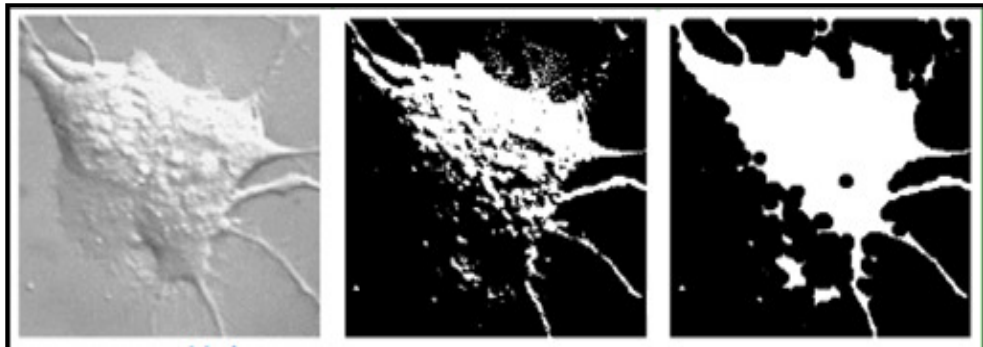


**Ilustración 10 Aplicación del operador morfológico “Apertura”**

## 1.6 Operador Cerradura

El operador cerradura es otra combinación del operador dilatación con el operador erosión, solo que a diferencia del operador apertura la combinación se la realiza en forma inversa, es decir que primero se ejecuta la dilatación seguida de la erosión utilizando el mismo elemento estructural en ambas operaciones.

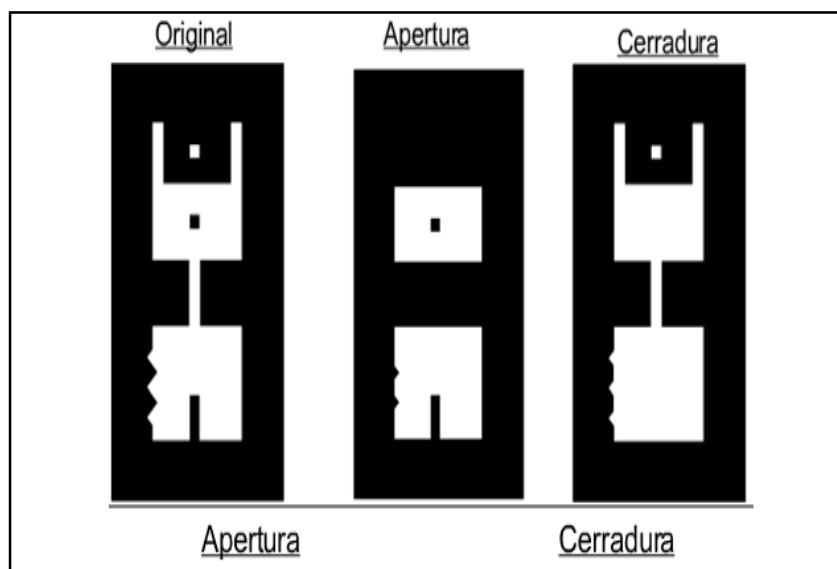
Esta operación se la ejecuta cuando se desea rellenar detalles y conectar objetos que están próximos entre sí (4). A continuación se muestra en la ilustración 11 la aplicación de este operador donde aumenta la definición de las formas en la imagen.



**Ilustración 11 Aplicación del operador cerradura**

### 1.7 Comparación del operador apertura con el operador cerradura

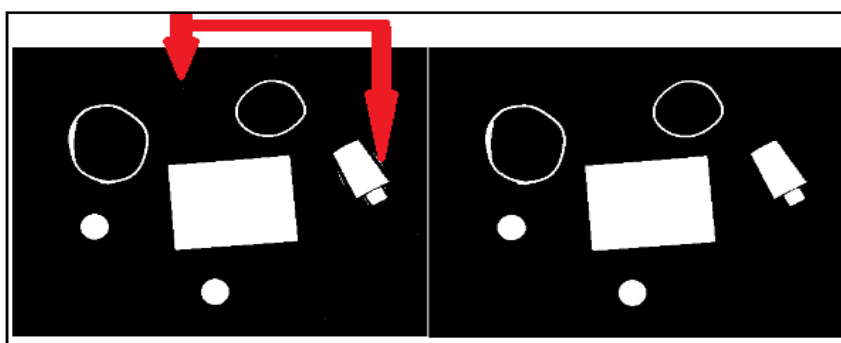
Es necesario mencionar que los operadores apertura con el operador cerradura son operadores inversos, ya que realizan las mismas operaciones en diferente orden y es por esa razón que se obtienen resultados variados, los cuales se pueden observar de una mejor manera en la ilustración 12, se puede visualizar como el operador apertura suaviza el contorno de un objeto y separa pequeños enlaces, en cambio cerradura rellena los detalles y conecta pequeños objetos.



**Ilustración 12 Comparación de resultados entre los operadores apertura y cerradura**



Además de estos operadores también existe el comando que elimina cualquier objeto con menos de N píxeles, este comando es el “bwareopen”, a continuación en la ilustración 13 se muestra una aplicación de cómo eliminar objetos con menos de 30 píxeles en una imagen:



**Ilustración 13** Aplicación del operador bwareopen en una imagen

## **1.8 Medidas estadísticas**

Estas estadísticas pueden caracterizar la textura de una imagen, ya que proporcionan información sobre la variabilidad local de los valores de intensidad de los píxeles de una imagen (5).

### **1.6.1 Entropía**

La entropía proviene del vocabulario griego y significa evolución o transformación, la medida de la entropía permite establecer el

“orden” que posee un sistema en determinada instancia, respecto al que poseía o pudo haber poseído en otra (4). En nuestro caso el sistema donde se va aplicar la entropía es en cada imagen, la función de entropía “entropyfilt” retorna una matriz en donde cada píxel de salida contiene el valor de la entropía de los alrededores de 9x9 alrededor del píxel correspondiente en la entrada de la imagen que está siendo procesada (5).

### **1.6.2 Desviación estándar**

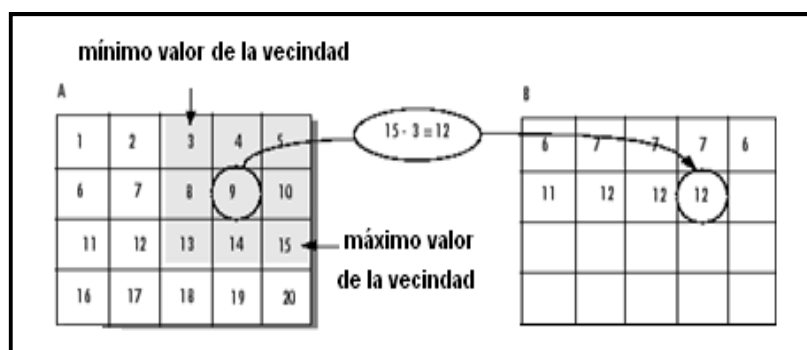
Es una medida de dispersión para variables de razón y de intervalo, de gran utilidad en la estadística descriptiva. El cálculo de la desviación estándar de los píxeles puede indicar el grado de variabilidad de los valores de los píxeles en esa región. El comando utilizado es “stdfilt” para realizar la medida de la desviación estándar local de la imagen (5).

### **1.6.3 Rango de la imagen**

El rango de la imagen puede ser considerado como la resta entre el máximo valor y el mínimo valor alrededor del píxel central.

Por ejemplo, en áreas con textura suave, el rango de valores en la zona de alrededor de un pixel será un valor pequeño, en áreas de textura rugosa, la gama será más grande. El comando encargado de realizar el cálculo de rango en una imagen es “rangefilt” (5).

A continuación se muestra un ejemplo con el cual se puede entender mejor el funcionamiento de dicho comando:



**Ilustración 14 Determinación del rango de filtrado de un pixel en una imagen de salida**

# CAPÍTULO II

## IMPLEMENTACIÓN

### 2.1 Software Utilizado

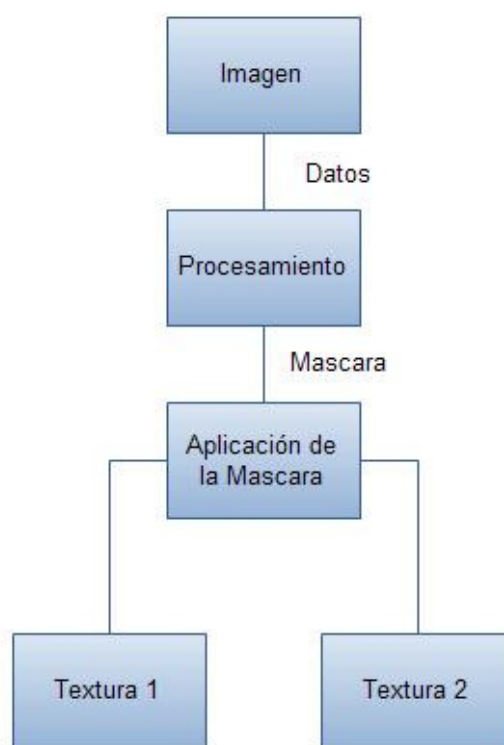
Para el desarrollo de la aplicación se utilizó el software matemático MATLAB 7.7.0 (R2008b) y sus correspondientes Herramientas (ToolBox), de la compañía MathWorks, que dispone de una serie de funciones que facilitan el procesamiento de imágenes.

MATLAB incluye GUIDE (Editor de interfaces de usuario), una aplicación interactiva que permite la creación de programas de interfaz de tal forma que, el código de algoritmos y procesos pueda ser incrustado en un entorno atractivo y enfocado al usuario. Esta es una forma excelente de proporcionar al usuario la posibilidad de construir sus propias segmentaciones de una manera fácil y agradable (6).

Además, MATLAB ofrece la posibilidad de construir aplicaciones autónomas, independientes del motor de MATLAB, permitiendo la

distribución de los programas implementados a los usuarios finales de tal forma que éstos no requieran tener MATLAB en su sistema.

## 2.2 Estructura de la Aplicación

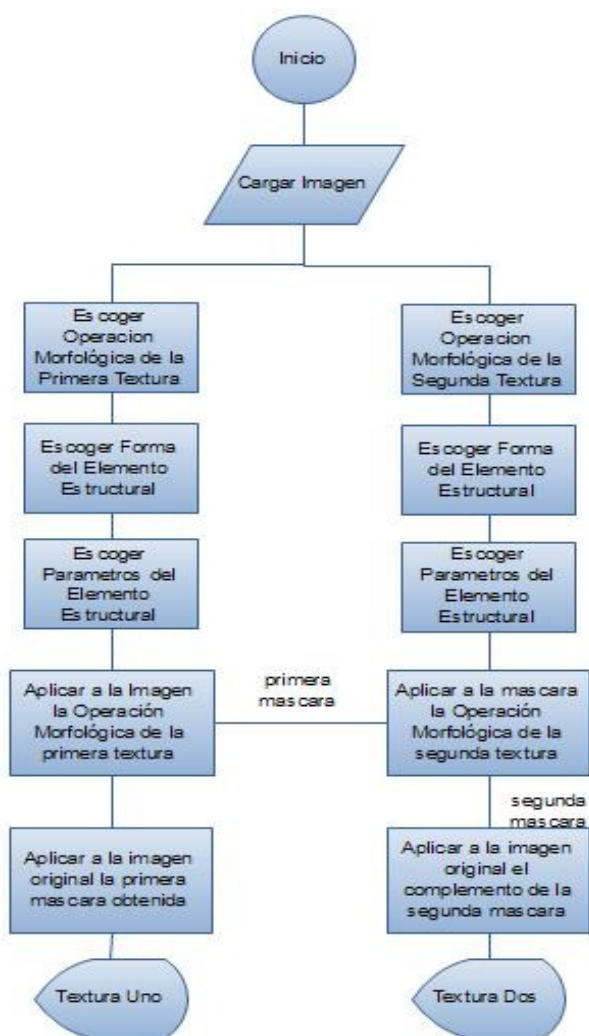


**Ilustración 15 Diagrama de Bloques de la Aplicación en General**

En esta aplicación, se ha trabajado con una serie de imágenes, tanto en blanco y negro, escala de grises y color. La forma de identificar las texturas

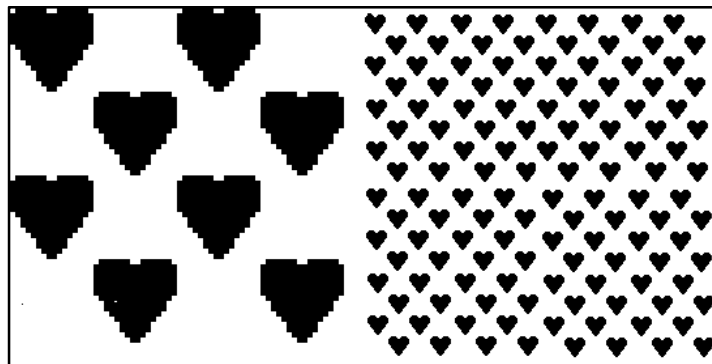
para cada tipo de imagen ha sido diferente. Por eso se divide el análisis tanto para imágenes en blanco y negro como para escala de grises y color.

### 2.3 Procesamiento de las imágenes en Blanco y Negro



**Ilustración 16 Diagrama de Bloques del procesamiento de imágenes en Blanco y Negro**

La ilustración 16 no muestra de forma esquemática las etapas que atraviesa el proceso de identificación de texturas en imágenes blanco y negro. El primer paso consiste en seleccionar de la base de datos la imagen a trabajar. Las imágenes están en formato png. La función `imread` en Matlab lee la imagen y devuelve una matriz bidimensional de 1s y 0s.

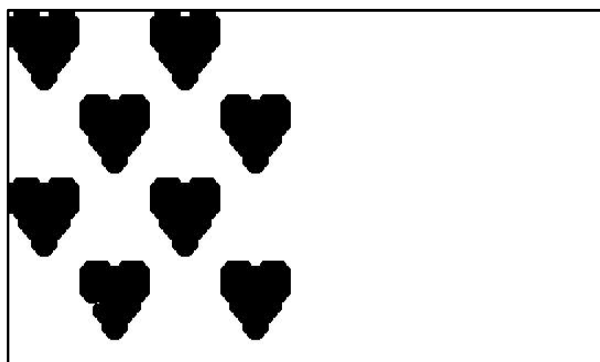


**Ilustración 17 Imagen Binaria**

La segunda parte consiste en la selección de la operación morfológica como dilatación, erosión, apertura y cerradura. Estas operaciones aplican un elemento estructural a la imagen de entrada, esta puede ser un cuadrado, rombo o diamantes, rectangular, disco, línea u octágono.

Posteriormente se escoge el valor del parámetro del elemento estructural dando como resultado la máscara y a la vez la primera textura segmentada, como se refleja en la ilustración 18.

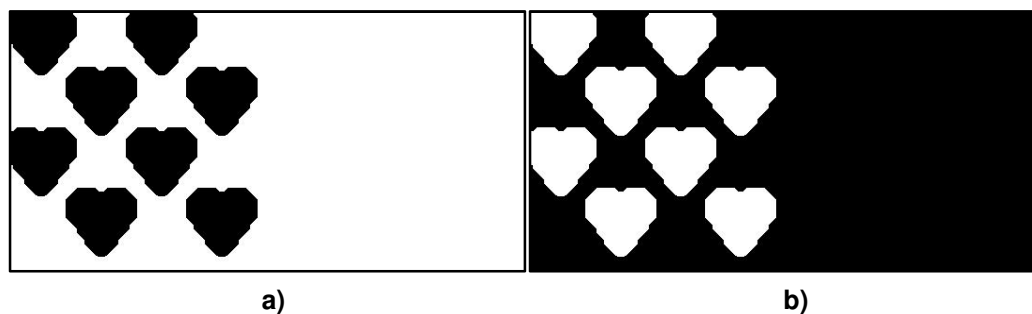
A esta máscara se le aplica nuevamente una operación morfológica que puede variar entre las antes mencionadas, además nuevamente se tiene la posibilidad de escoger un elemento estructural con el respectivo valor del parámetro.



**Ilustración 18 Imagen Segmentada**

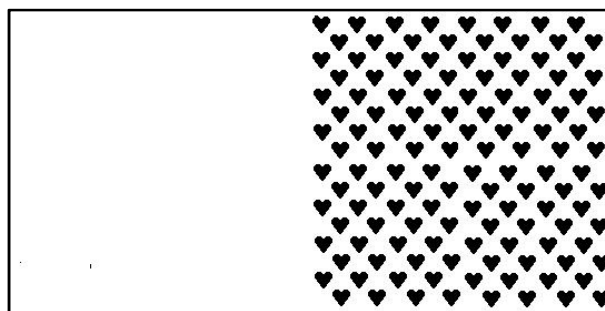
Con esto se busca mejorar la primera máscara y con el complemento de dicha imagen obtener la segunda máscara con las características deseadas.





**Ilustración 19 Obtención de la segunda máscara**

Finalmente se aplica esta nueva máscara a la imagen inicial para obtener la segunda segmentación y por ende la segunda textura, como se puede observar en la ilustración 20:

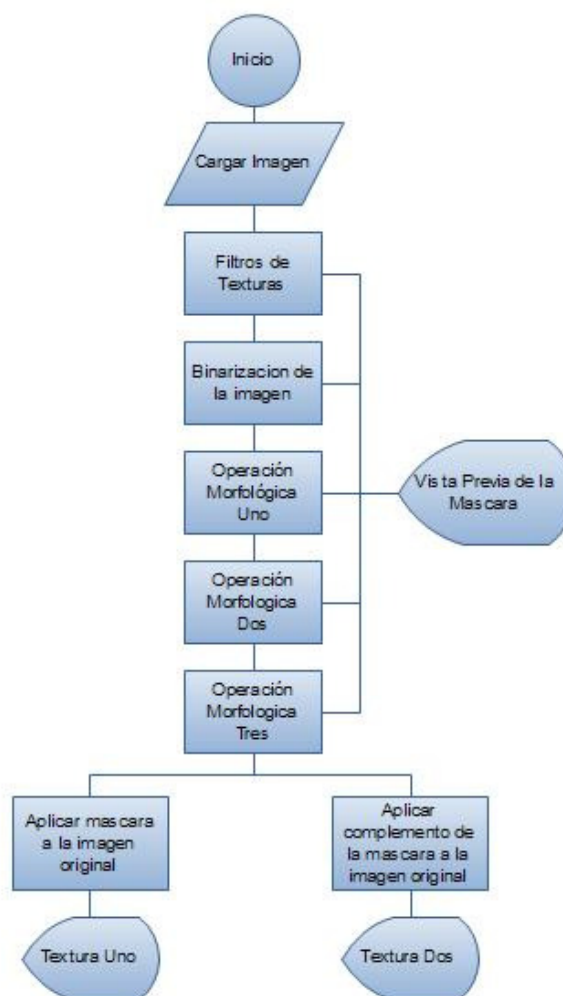


**Ilustración 20 Imagen segmentada**

Los resultados obtenidos de cada imagen segmentada se podrán observar en la interfaz una vez que el usuario haya presionado el botón “segmentar”. Cabe recalcar que dichas imágenes segmentadas se pueden

guardar por separado con diferentes extensiones como jpg, png, bmp entre otros.

## 2.4 Procesamiento de las imágenes en Escala de Grises



**Ilustración 21 Diagrama de Bloques del procesamiento de imágenes en Escala de Grises**

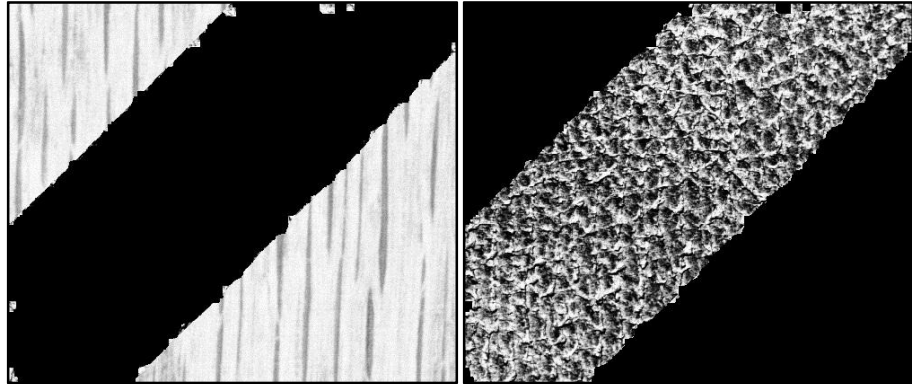
Primero se carga la imagen de la base de datos de imágenes en escala de grises. Una vez cargada la imagen se le aplica un filtro de textura entre los cuales se puede elegir entre los filtros de entropía, de desviación estándar o el de rango de la imagen con su respectivo parámetro (entre 0 y 1) para binarizar la imagen.

Posteriormente se tienen tres secciones de operaciones morfológicas donde es posible combinarlas para obtener la mejor máscara que segmente las texturas seleccionadas.

La primera sección está compuesta por los operadores de “bwareaopen”, reconstrucción o ninguno. Es necesario elegir cualquiera de estas tres opciones para ser aplicada a la imagen. A continuación se escoge la operación morfológica deseada: cerradura, apertura, dilatación, erosión o ninguno. En la última sección existen las opciones de limpieza de la imagen como imfill, clean o ninguno.

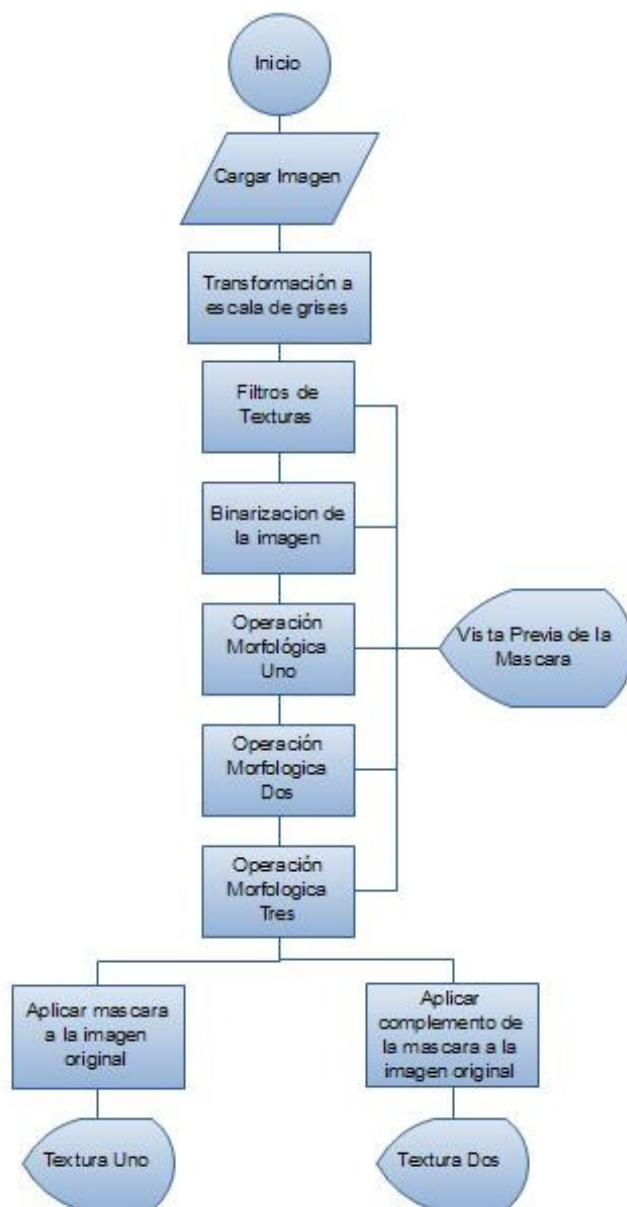
Una vez elegidos los operadores a combinar, se procede a segmentar la imagen y se puede verificar el resultado obtenido de las operaciones conocido como máscara resultante.

Finalmente se aplica la máscara a la imagen original obteniendo como resultado las segmentaciones de las dos texturas en escala de grises.



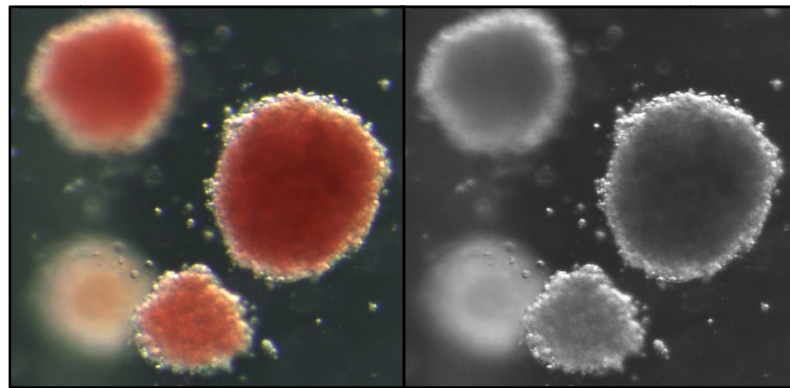
**Ilustración 22 Segmentación de las textura en la**

## 2.5 Procesamiento de las imágenes en Color



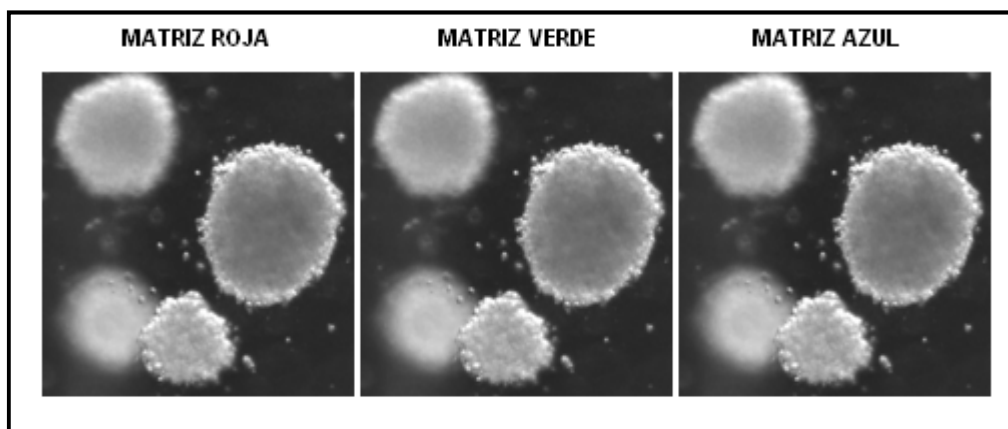
**Ilustración 23** Diagrama de Bloques del procesamiento de imágenes en Color.

Primer paso elegir de la base de datos la imagen a color que se desea segmentar, dicha imagen a color se debe transformar a escala de grises y de esta forma seguir el mismo procedimiento que se describió en el punto 2.4 (procesamiento de las imágenes en escala de grises) con el objetivo de obtener la mejor segmentación de texturas.

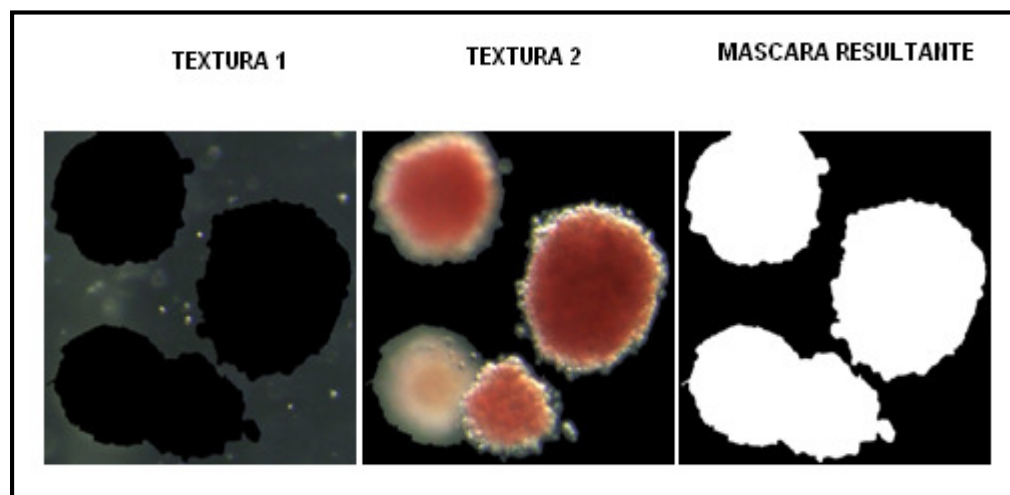


**Ilustración 24 Transformación de Imagen a color a escala de grises**

Después la máscara resultante se debe aplicar a cada matriz de la imagen color. En la ilustración 25 se pueden observar las matrices que componen una imagen a color y en la ilustración 26 se tiene la máscara que se le aplica a cada una para obtener la segmentación de texturas en la imagen.

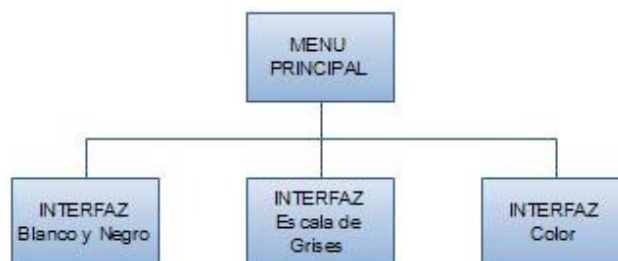


**Ilustración 25 Imagen a color separada en sus matrices primarias: Rojo, Verde y Azul**



**Ilustración 26 Segmentación de las texturas en una imagen a color**

## 2.6 Estructura de la Interfaz Grafica



**Ilustración 27 Diagrama de bloques de las interfaces del aplicativo**

Se ha tratado de separar por medio de un Menú las interfaces de cada uno de los tipos de imágenes a segmentar. La razón se debe a que el tratamiento de cada tipo de imagen es diferente.



## CAPÍTULO III

### PRUEBAS

#### 3.1 Pruebas realizadas a las imágenes en Blanco y Negro.

Hemos seleccionado dos imágenes en blanco y negro de la base de imágenes para realizar las siguientes pruebas.

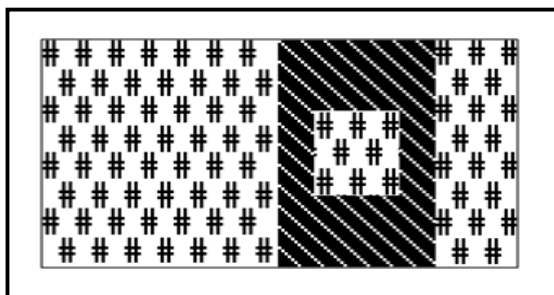


Ilustración 28 Imágenes binarias “bw1”

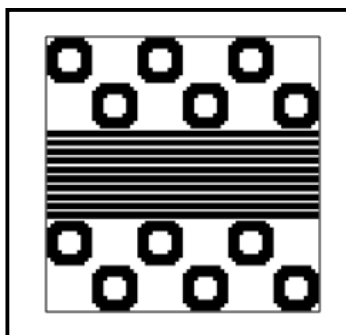


Ilustración 29 Imágenes binarias “bw2”

### **3.1.1. Prueba #1**

Se estableció un mismo elemento estructural con forma de disco y radio de seis píxeles para las dos operaciones morfológicas. La primera operación morfológica fue apertura seguida de la operación dilatación.

### **3.1.2. Prueba #2**

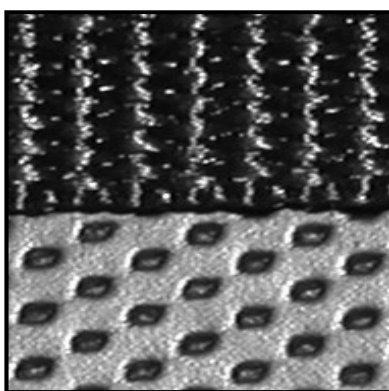
Con un mismo elemento estructural con forma de rombo y radio de cuatro, se aplicó la operación morfológica de cerradura y a continuación la operación erosión.

### **3.1.3. Prueba #3**

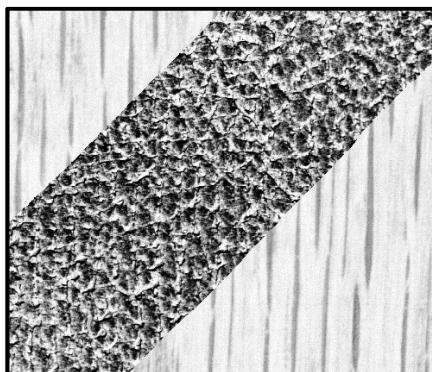
Aplicando sobre la imagen la operación morfológica dilatación con un elemento estructural octágono con radio tres seguido de una operación apertura con elemento estructural rectángulo con ancho de siete píxeles y largo de cinco píxeles.

### 3.2 Pruebas realizadas a las imágenes en Escala de Grises y Color.

Se escogieron dos imágenes a escala de grises y una imagen a color para realizar las pruebas correspondientes, las mismas que se muestra en las ilustraciones 30, 31 y 32.



**Ilustración 30 Imagen gris 1**



**Ilustración 31 Imagen gris 2**



**Ilustración 32 Imagen a color**

### **3.2.1. Prueba de Filtraje y binarización de la imagen**

Esta prueba consiste en aplicar los tres filtros disponibles en la aplicación a cada una de las imágenes mostrada anteriormente. Tales filtros como: entropía, desviación estándar y rango de la imagen, se combinarán con tres valores de umbral diferente, el primer valor es de un nivel bajo, el segundo de un nivel medio y el último un valor de un nivel alto. De esta forma se obtendrán diferentes resultados y se realizarán observaciones.

### **3.2.2. Prueba eliminación de objetos**

En esta prueba se aplicarán los operadores que permiten eliminar los objetos dentro de cada imagen. Las imágenes que sufrirán estos efectos son las obtenidas de la primera prueba descrita en la Prueba 3.2.1. Los operadores a elegir son “Bwareaopen” y “reconstrucción”; con esto se verificará las mejorías en la imagen o en caso contrario se observará el deterioro de dicha imagen.

### **3.2.3. Prueba de Operador morfológico**

En esta prueba se selecciona el operador morfológico que se desea aplicar a las imágenes obtenidas en la Prueba 3.2.1, con el objetivo de realizar la mejor definición de las fronteras de las texturas y proceder con la obtención del diseño de la máscara. Los operadores a elección son: Apertura, Cerradura, Dilatación y Erosión.

Una vez realizada estas pruebas se aplicará imfill a cada uno de las imágenes obtenidas para conseguir la máscara que permita segmentar las texturas en cada imagen.

## **CAPÍTULO IV**

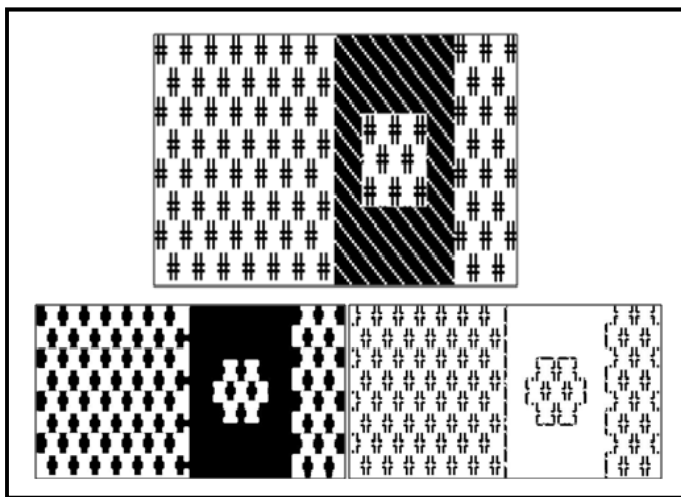
### **RESULTADOS**

#### **4.1 Resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas a las imágenes en Blanco y Negro.**

##### **4.1.1. Resultados Prueba #1**

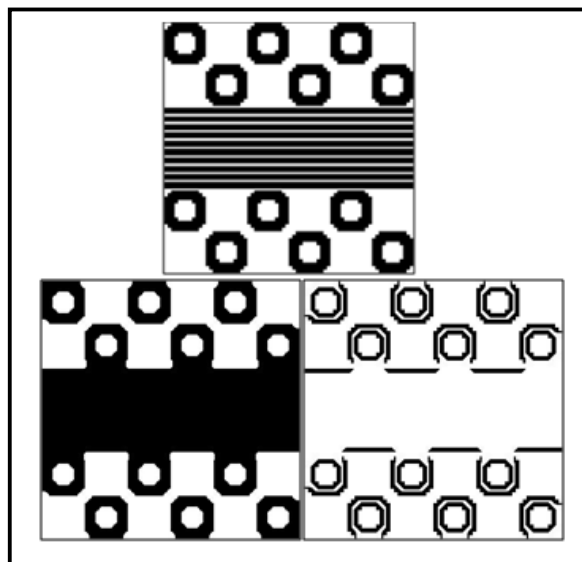
Como se puede observar en la ilustración 33 se muestra la máscara y la segmentación de texturas en la imagen binaria 1, en la cual es posible percatarse que la operación dilatación combinada con la apertura resalta más los bordes negros de la texturas, por lo que genera que se pierdan la líneas diagonales de la textura central y la textura lateral pierda la forma.

La misma apreciación es visible en la ilustración 34, en la cual los bordes blancos se pierden y se obtiene una segmentación de texturas incorrecta ya que la textura central pierde su forma original.



**Ilustración 33** Texturas binarias segmentadas de la imagen

“bw1” mediante prueba# 1.

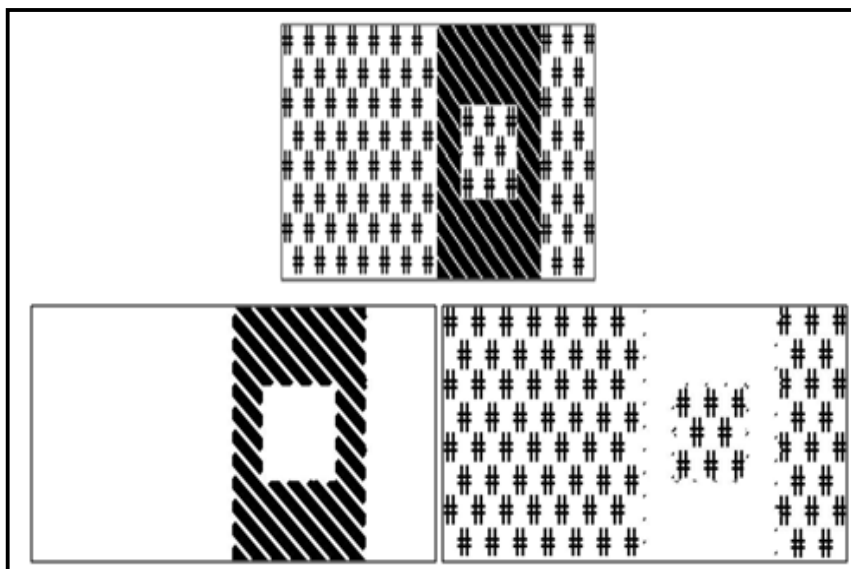


**Ilustración 34** Texturas binarias segmentadas de la imagen

“bw2” mediante prueba# 1.

#### 4.1.2. Resultados Prueba #2

En la prueba#2 se puede observar la ilustración 35, que muestra la textura central segmentada perfectamente y la textura lateral también se obtiene un resultado similar, además existen ciertos puntos negros que no fueron totalmente segmentados, sin embargo se puede apreciar que la combinación de los operadores morfológicos de cerradura y erosión no distorsionan las texturas y resaltan los bordes blancos sin afectar los objetos negros.

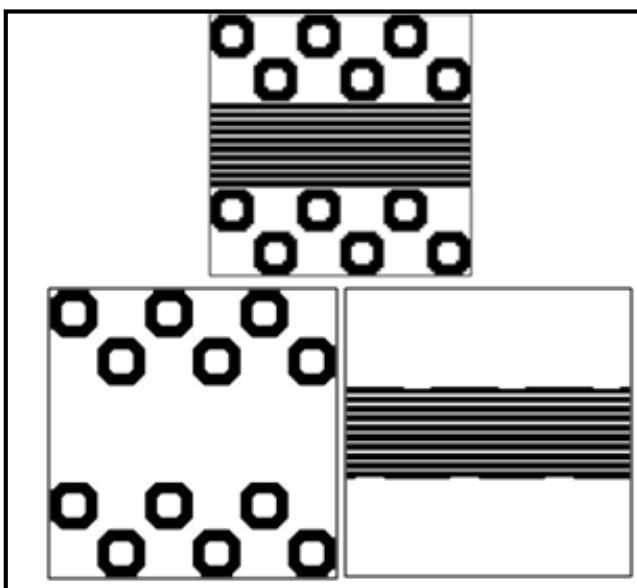


**Ilustración 35** Texturas binarias segmentadas de la imagen

“bw1” mediante prueba# 2.



En la ilustración36 se consigue el mismo resultado con ligeras impurezas en la segmentacion como en la ilustración35. Los círculos son separados correctamente de las líneas horizontales consiguiendo de esta forma un resultado positivo en lo que se refiere a la segmentacion de textura.

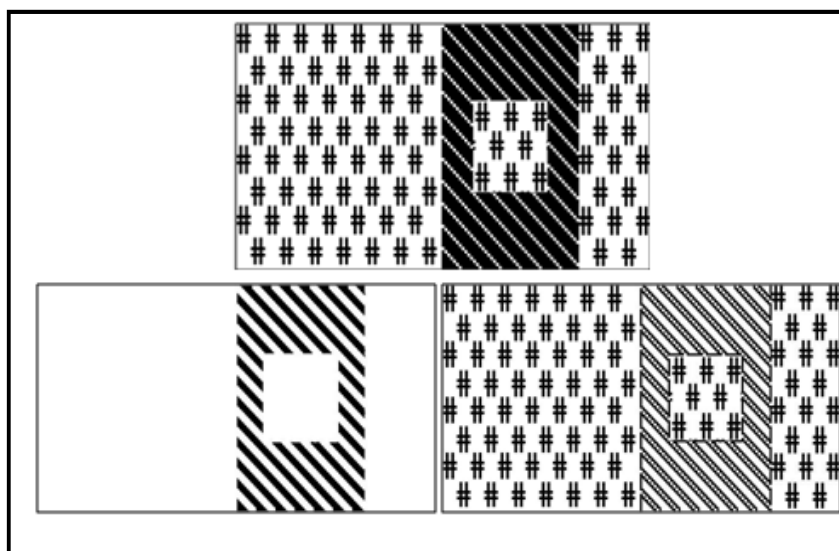


**Ilustración 36 Texturas binarias segmentadas de la imagen  
“bw2” mediante prueba# 2.**

#### **4.1.3. Resultados Prueba #3**

En la ilustración37 se presenta el resultado de la segmentación de texturas de la imagen “bw1”, donde es posible observar que no se

logran los resultados requeridos. La deformación de las texturas es muy evidente por lo que la combinación del operador morfológico dilatación con apertura no es muy buena debido a que se resaltan los bordes en la imagen y se produce la distorsión de las texturas.

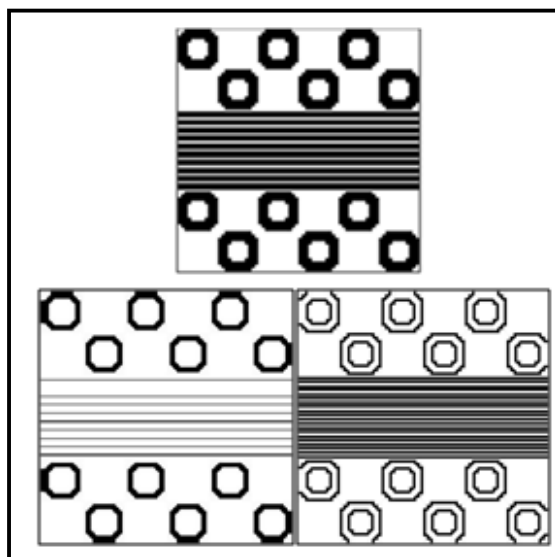


**Ilustración 37 Texturas binarias segmentadas de la imagen  
“bw1” mediante prueba# 3.**

En la ilustración38 se puede visualizar el mismo efecto en las texturas. En la imagen se resaltan los bordes blancos de los círculos y las líneas horizontales por lo que pierden su forma provocando una alteración en la segmentación de texturas.

## 4.2 Resultados Obtenidos a partir de las pruebas realizadas a las imágenes en Escala de Grises y Color.

A continuación se presentan los mejores resultados obtenidos de cada prueba realizada, de los cuales se realizan las respectivas observaciones.

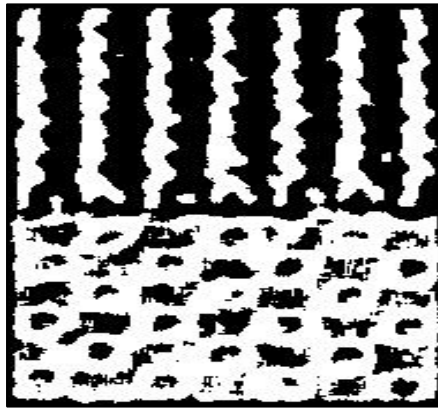


**Ilustración 38 Texturas binarias segmentadas de la imagen  
“bw2” mediante prueba# 3.**

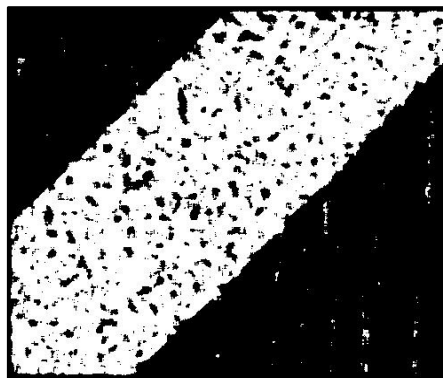
### 4.2.1 Resultados de la prueba de filtraje y binarización de la imagen

En las ilustraciones 39, 40 y 41, se muestra el mejor filtraje realizado, el cual es el filtro de entropía con un valor umbral de 0.8 para las

imágenes en escala de grises y con un valor de 0.5 para la imagen a color. Se puede observar como se define la separación de las dos texturas en cada imagen.



**Ilustración 39 Filtrado en Imagen gris 1**



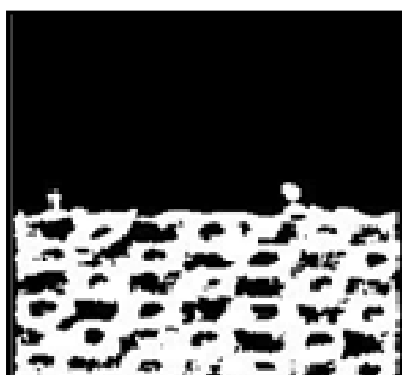
**Ilustración 40 Filtrado en Imagen gris 2**



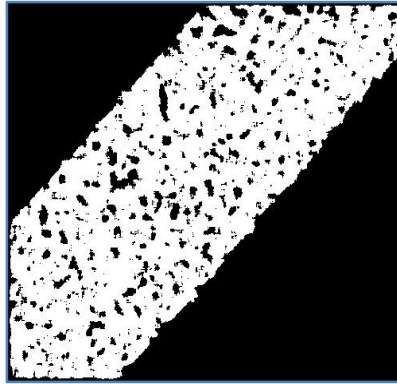
**Ilustración 41 Filtrado en Imagen a Color**

#### **4.2.2. Resultados de la prueba de eliminación de objeto**

En las ilustraciones 42, 43 y 44, se muestra el mejor resultado de eliminación de objetos en la imagen filtrada. El operador más eficiente fue el “bwareaopen”, con este operador se logra una mejor definición de las dos texturas a segmentar.



**Ilustración 42 Filtrado mejorado en Imagen gris 1**



**Ilustración 43**Filtrado mejorado en Imagen gris 2



**Ilustración 44**Filtrado mejorado en Imagen a Color

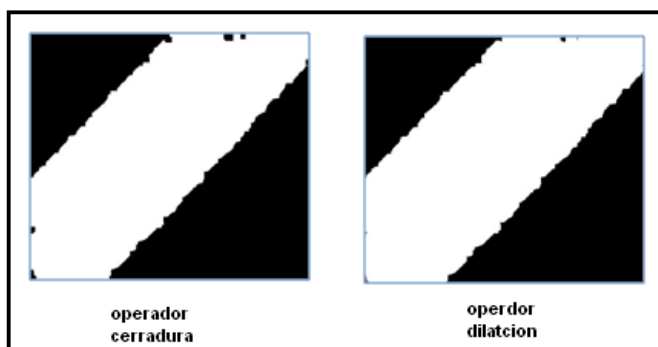
#### **4.2.3. Resultados de la prueba de operador morfológico**

En esta última prueba se puede observar que los operadores morfológicos con los cuales se obtuvieron los mejores resultados fueron el operador de dilatación y cerradura. Se puede apreciar en

la ilustraciones 45 y 46 la similitud en las máscaras obtenidas para cada imagen, sin embargo en la ilustración 47, para la imagen a color debido a las características de las texturas que la componen, se obtiene que el mejor operador morfológico es el operador de cerradura.



**Ilustración 45** Mascara resultante de la imagen Gris1

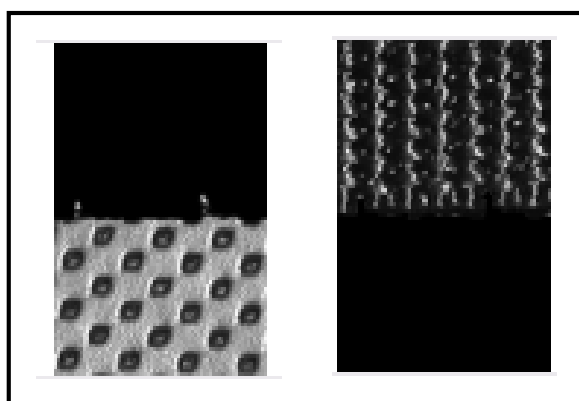


**Ilustración 46** Mascara resultante de la imagen Gris2



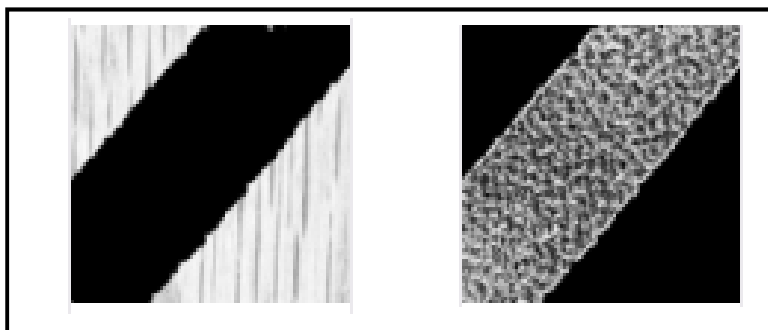
**Ilustración 47**Mascara resultante de la imagen a Color

Una vez obtenidas las máscaras, es posible realizar la segmentación de texturas en cada imagen, como se visualiza en las ilustraciones 48, 49 y 50 consiguiendo un resultado apropiado a los objetivos planteados.



**Ilustración 48**Segmentación de texturas de la imagen gris 1





**Ilustración 49** Segmentación de texturas de la imagen gris 2



**Ilustración 50** Segmentación de texturas de la imagen color

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones son:

1. Mediante las pruebas realizadas en las imágenes en blanco y negro se determinaron las texturas mediante la variación de brillo, ya que estas imágenes solo cuentan con dos niveles como 1 y 0, de acuerdo a las combinaciones posibles de operaciones morfológicas y elementos estructurales en estas imágenes concluimos que el mejor elemento estructural fue el disco, sin embargo el radio que es el parámetro a escoger, varía dependiendo del tamaño de los objetos dentro de cada textura. Además es importante que el usuario tenga los conceptos claros de las operaciones morfológicas para que obtenga los mejores resultados, por ejemplo la operación cerradura asociada con la operación erosión que se presentan en la prueba # 2 de imágenes blanco y negro, es una buena alternativa para realizar una segmentación libre de impurezas debido a que la operación cerradura elimina los objetos negros pequeños y con la erosión resalta los bordes negros de la primera segmentación obteniendo la primera textura, posteriormente el complemento de dicha imagen resulta en una máscara más precisa que se aplica a la imagen inicial para conseguir como resultado la segunda textura. A diferencia de las prueba #

1 y prueba # 3 que no cumplieron con el objetivo, debido a que las operaciones que combinadas en cada prueba resaltan mucho más los bordes negros, por lo que se obtiene como resultado que las texturas dentro de la imagen pierden su forma original y no se consiga una segmentación apropiada.

2. En lo que respecta a la segmentación de imágenes en escala de grises o a color, uno de los factores importantes es el filtro de textura y del umbral escogido, ya que de estos valores depende la definición de las fronteras de dichas texturas y con ayuda de las operaciones morfológicas se obtiene como resultado la mejor máscara para realizar la perfecta segmentación en cada imagen. Con las pruebas realizadas se concluye que los mejores resultados logrados fueron con el filtro de entropía, porque define mejor las texturas de la imagen, posteriormente con `bwareaopen`, `cerradura` e `imfill`, se tiene que es una combinación adecuada de operadores morfológicos para conseguir una máscara cercana al resultado requerido. Además cabe indicar que el factor más importante es la característica de las texturas en la imagen, ya que se visualiza que para la imagen a color, el mejor factor de umbral es 0.5, ya que con este valor se obtiene que las texturas de las manzanas sean homogéneas y se puede segmentar apropiadamente la

imagen. Los demás resultados no alcanzaron la segmentación requerida, debido a que los demás filtros con las combinaciones de operadores no lograron definir los bordes de las texturas correctamente.

3. Por último el entorno gráfico desarrollado con la herramienta GUIDE en Matlab está enfocado como una ayuda al usuario para que pueda visualizar bajo su apreciación el efecto que producen las operaciones morfológicas en la segmentación de texturas.

Las recomendaciones son:

1. Para el uso correcto del software implementado se recomienda seguir todos los pasos indicados en el manual del usuario para que no existan inconvenientes.
2. La aplicación se ha enfocado en el hecho de identificar dos texturas. Como trabajo futuro, se podría incluir la segmentación de más de dos texturas usando métodos más complejos.
3. Para no usar una base de imágenes establecidas, sería una buena opción obtenerlas por medio de una cámara web, dando libertad al usuario de experimentar con fotos reales.

# **ANEXOS**

# ANEXO A

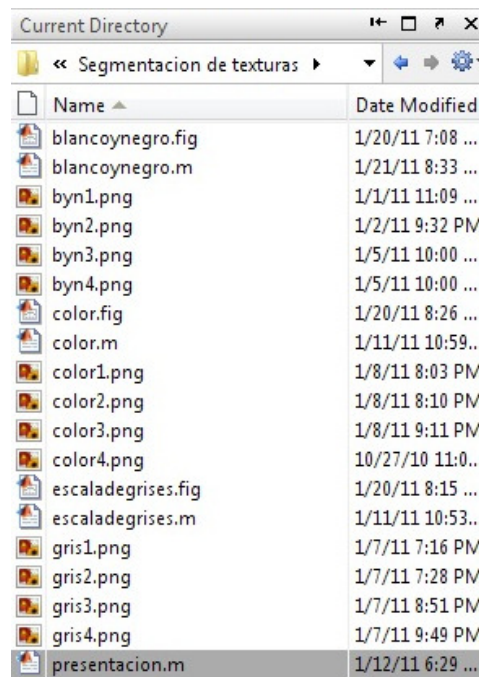
## APLICACIÓN GUIDE EN MATLAB:

### SISTEMA PARA IDENTIFICAR TEXTURAS EN UNA IMAGEN


#### MANUAL DEL USUARIO

#### 1. Ingreso a la aplicación

1. Ingrese a MATLAB.
2. Ubique la carpeta del programa en el directorio actual de Matlab.



3. En la ventana de comandos ejecute la siguiente instrucción.



```
Command Window
i New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
fx >> presentacion
```

## 2. Menú Principal

Se visualiza un Menú con las siguientes opciones:

**Blanco y Negro:** Interfaz dedicada a imágenes en blanco y negro.

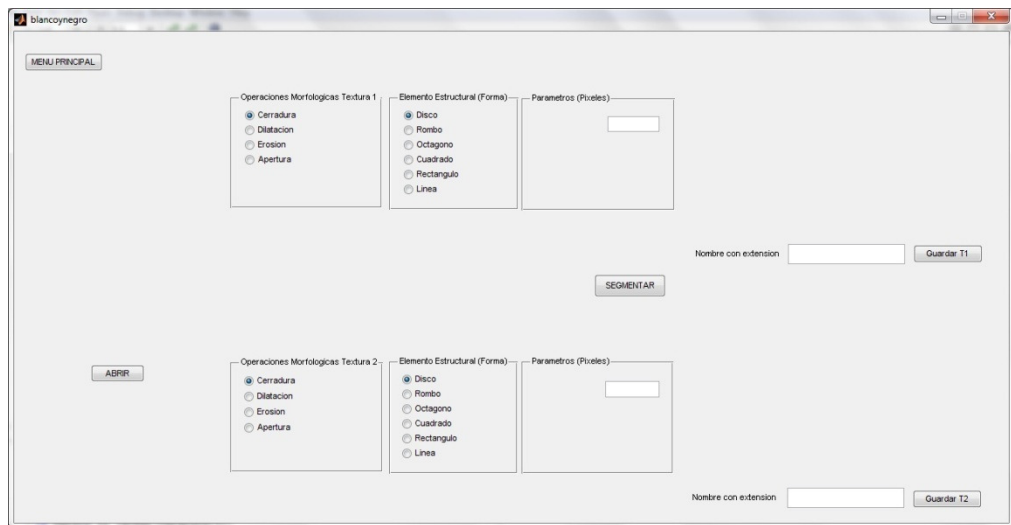
**Escala de Grises:** Interfaz dedicada a imágenes en escala de grises.

**Color:** Interfaz dedicada a imágenes a colores.

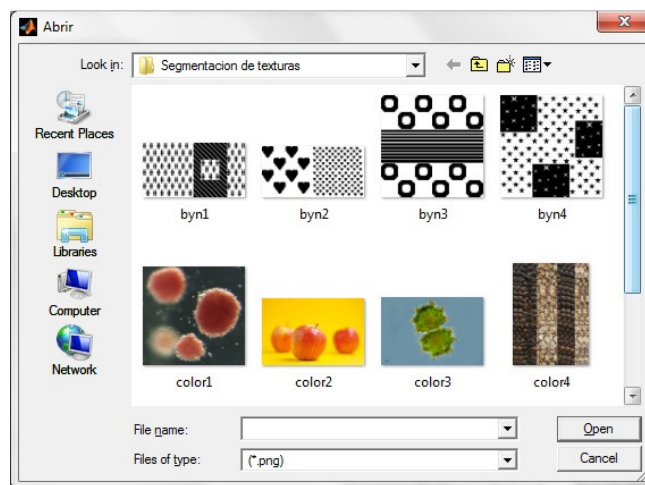




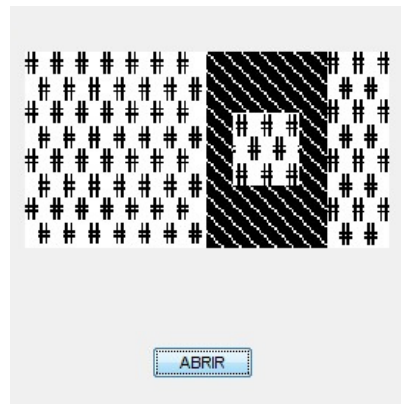
### 3. Blanco y Negro



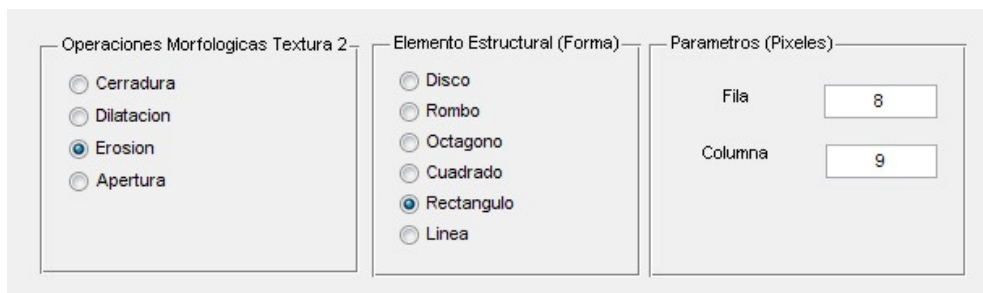
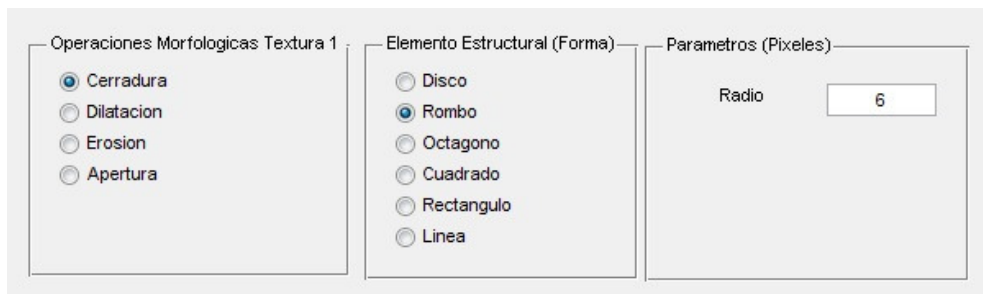
Para cargar la imagen que se desea segmentar se presiona el botón **Abrir**. Solo se pueden escoger las imágenes con nombre **bynumero**, ya que solo éstas tienen el formato requerido para esta sección del programa.



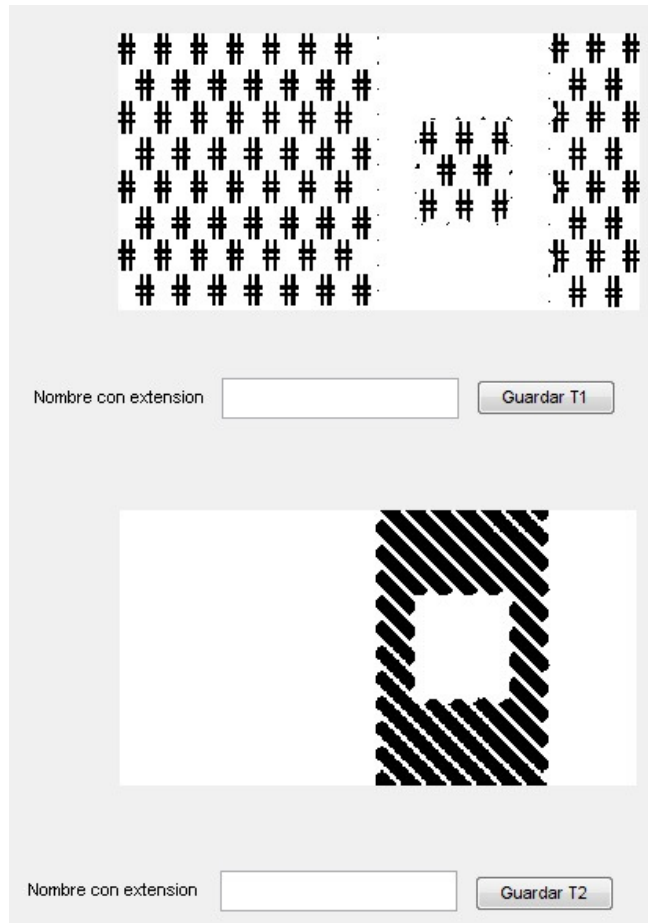
En este momento aparecerá la imagen seleccionada en la interfaz.



Cuando ya se ha cargado la imagen es posible ir variando las diferentes opciones que nos proporciona la interfaz.

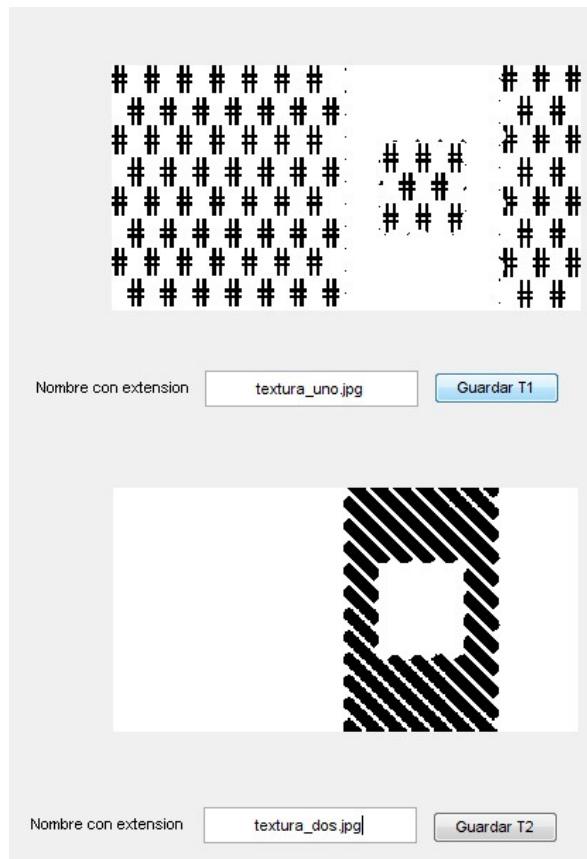


Estos parámetros son aplicados a la imagen inicial presionando el botón **Segmentar**. Finalmente nos da como resultado dos imágenes segmentadas.



Según varíen los parámetros, se van a obtener diferentes tipos de máscaras que serán aplicadas a la imagen inicial, pero para poder visualizar estos cambios se debe volver a presionar el botón **Segmentar**.

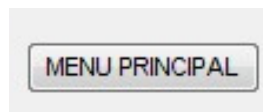
En cualquier momento está disponible la opción de guardar las imágenes segmentadas. Para poder almacenar las imágenes resultantes se debe llenar el campo **Nombre con extensión** seguido del botón **Guardar**.



Antes de poder segmentar las imágenes se deben llenar todos los campos requeridos. Si falta un parámetro, la interfaz va a mostrar un mensaje de error con la solución correspondiente.

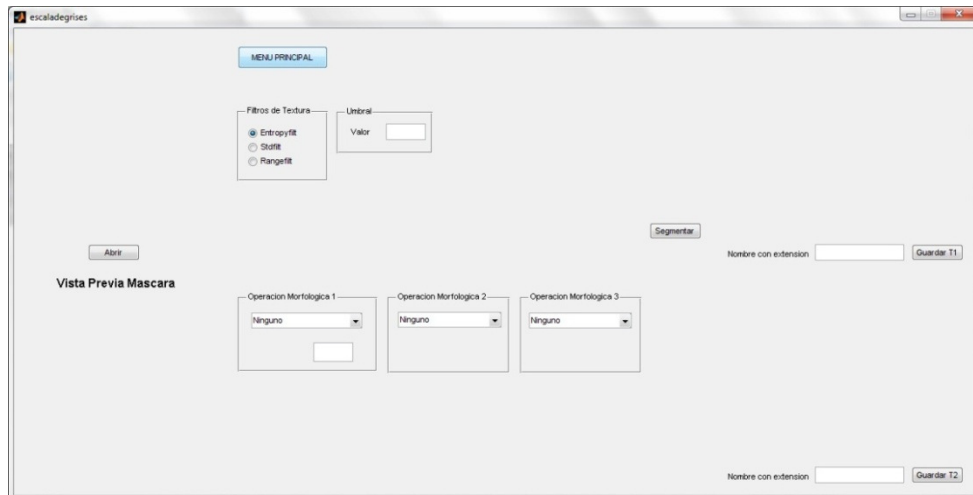


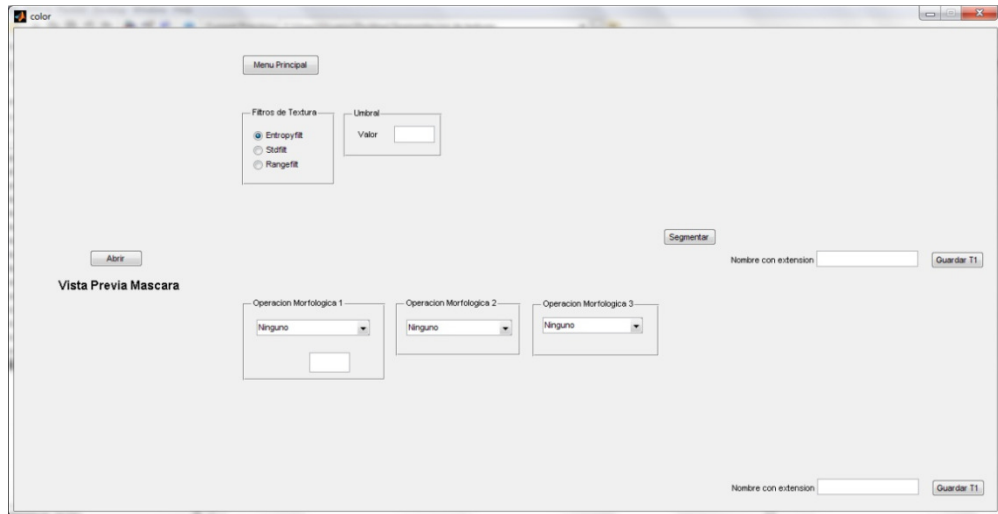
Si el usuario desea regresar al Menú Inicial lo puede hacer mediante el botón **Menú Principal**.



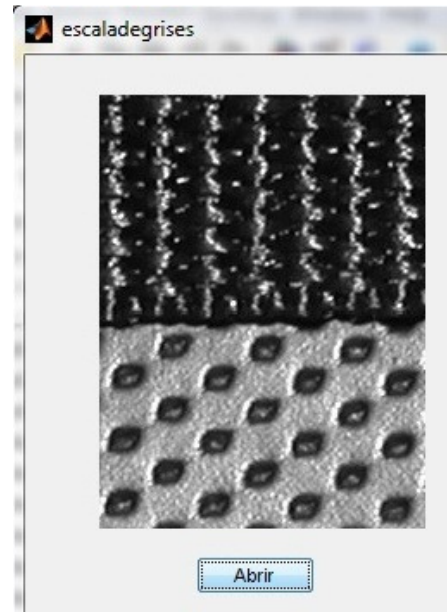
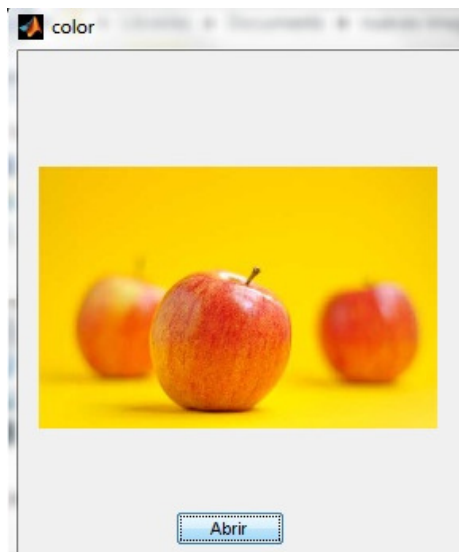
#### 4. Escala de Grises y Color

Las dos interfaces son prácticamente iguales, lo que difiere una de la otra, es que la interfaz escala de grises solo puede cargar imágenes con el nombre de referencia **grisnumero** y la interfaz color solo **colornumero**.





Escogemos la imagen correspondiente para cada interfaz por medio del botón **Abrir**.

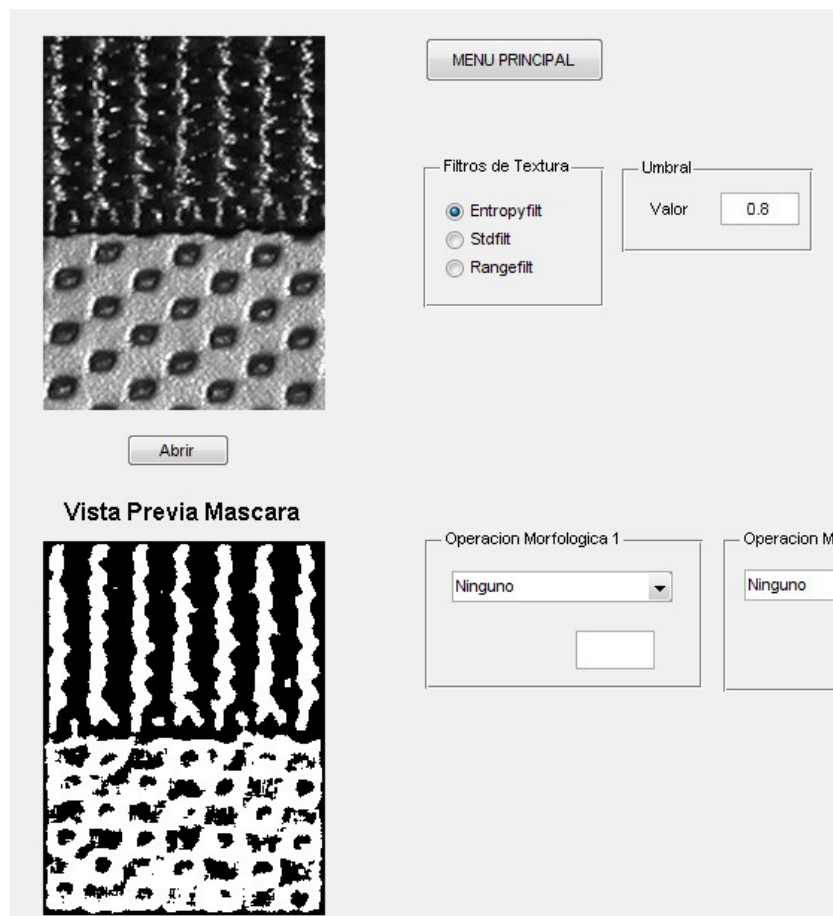


Como se indicó anteriormente las interfaces son iguales y se va hacer referencia de cómo utilizar sus diferentes opciones con la interfaz **escaladegrises**.

Una vez escogida la imagen se podrá empezar a seleccionar los diferentes parámetros. Algo muy importante en este paso es hacerlo en orden. Es decir empezar por escoger el filtro de textura a usar seguido del umbral que se desea emplear. El valor del campo Umbral puede ser un valor desde 0 a 1 y para poder visualizar la máscara resultante después de



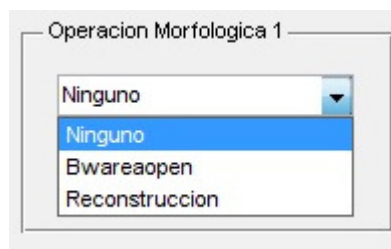
estos cambios es necesario aplastar la tecla Enter después de modificar dicho parámetro.



Cuando se obtiene esta primera mascara que es el resultado de llevar la imagen original a una imagen binaria, recién ahí es posible comenzar a seleccionar las diferentes operaciones morfológicas. Es muy importante el

orden en escoger estas operaciones. Siempre se debe empezar por la primera, luego la segunda y por último la tercera operación morfológica.

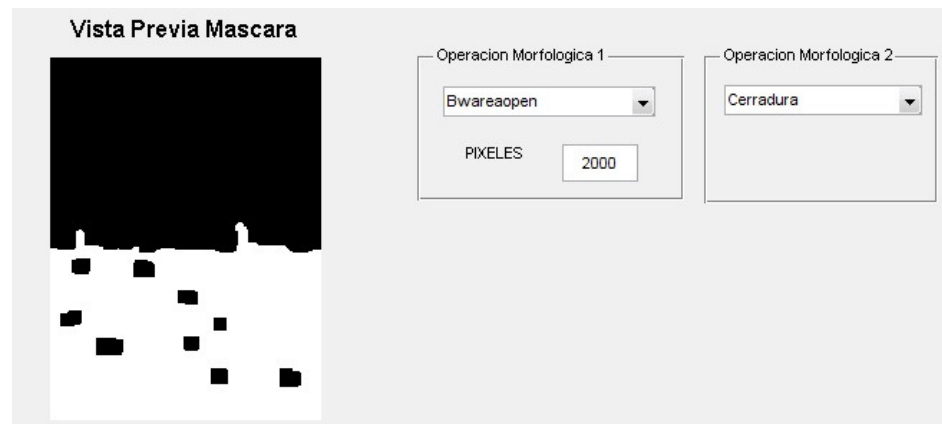
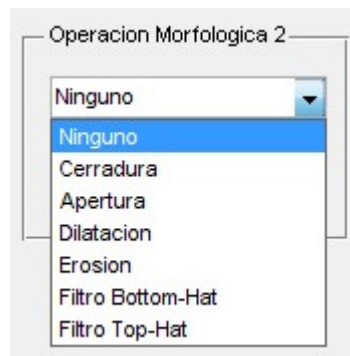
#### 4.1 Operación Morfológica 1



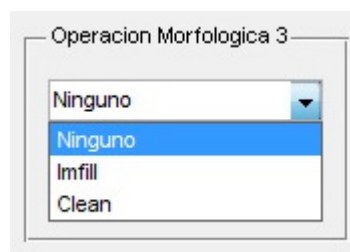
Solo el campo Bwareaopen de Operación Morfológica 1 necesita llenar un valor adicional que es pixeles. Después de ingresar un valor entero se debe dar un Enter para mostrar los cambios en la Máscara...



## 4.2 Operación Morfológica 2



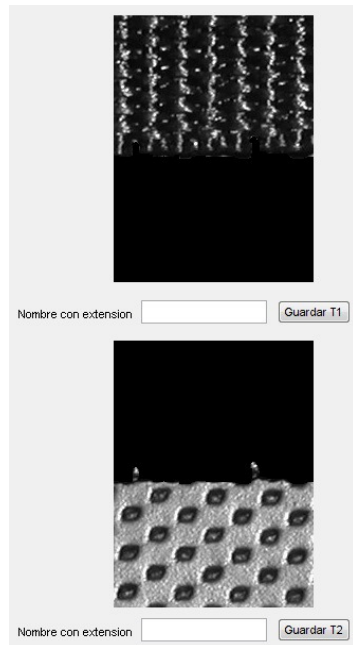
## 4.3 Operación Morfológica 3



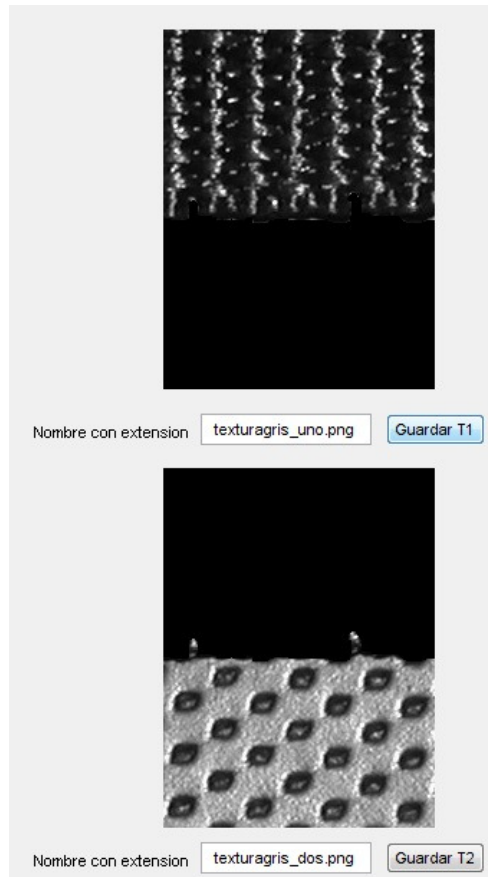


Ya sea cuando se modifica el parámetro Filtro de Textura o Umbral es necesario volver a seleccionar las operaciones morfológicas desde la primera hasta la última para poder ver los cambios reales en la máscara.

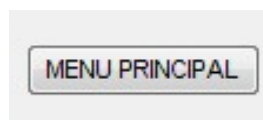
Finalmente luego de haber seleccionado la tercera operación morfológica, es posible aplicar la máscara a la imagen inicial mediante el botón **Segmentar**.



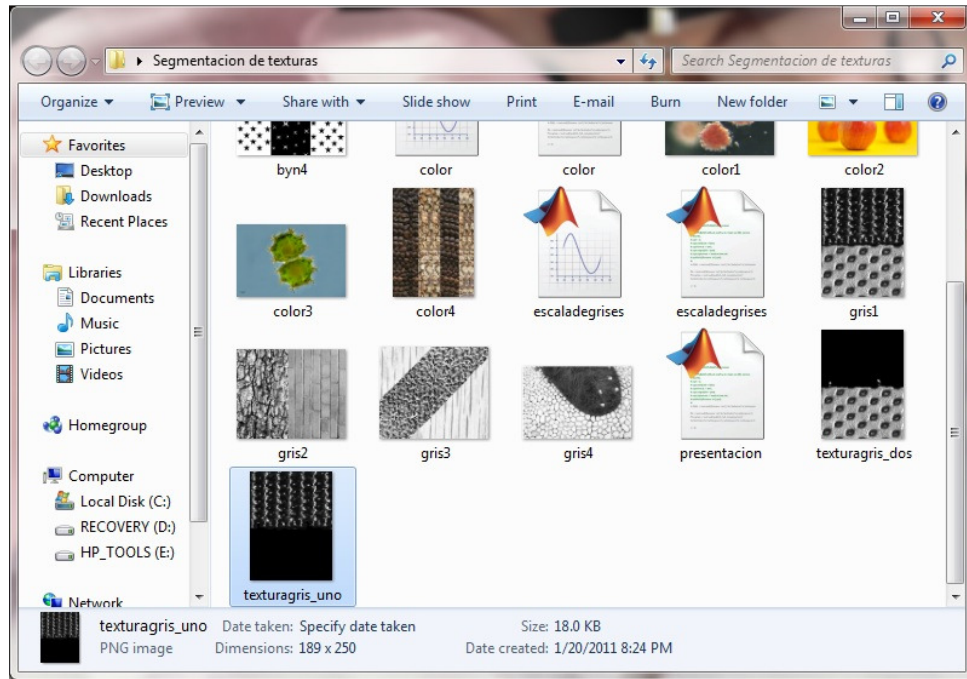
Al igual que la interfaz anterior es posible guardar las imágenes segmentadas llenando el campo **Nombre con extensión** seguido del botón **Guardar**.



Para poder regresar al menú inicial está disponible el botón **Menú Principal**




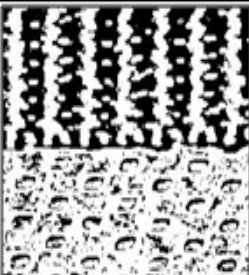
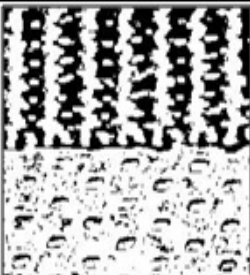






Al salir todas las imágenes guardadas por medio del programa se las puede encontrar en la carpeta del proyecto.



## ANEXO B

### Tablas de la aplicación de las pruebas a la imagen “gris 1”


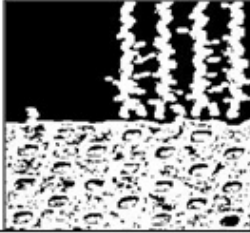
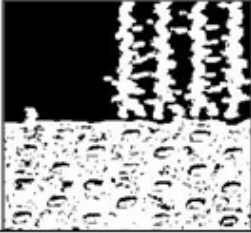

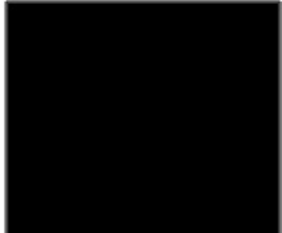

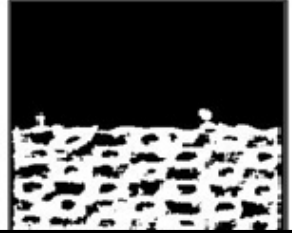
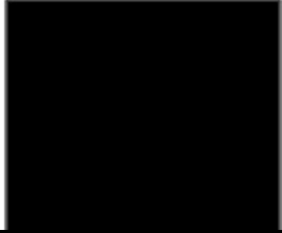
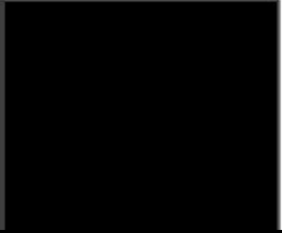
Procesos de filtraje aplicado a la imagen “Gris 1”

Gris1	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

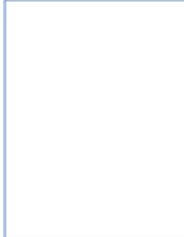







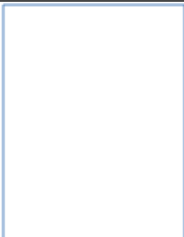


## Procesos de eliminación de objeto aplicado a la imagen "Gris 1"

### "Bwareaopen"




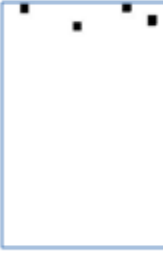
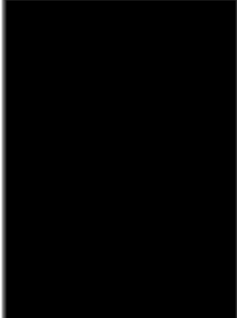




Bwarea	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

## “Reconstrucción”

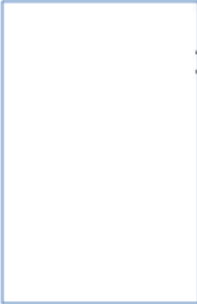








Reconstrucción	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

## Procesos de aplicación de operadores morfológicos “Gris 1”


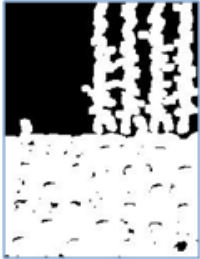







“Bwareopen + cerradura”

Bwareaopen + cerradura	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

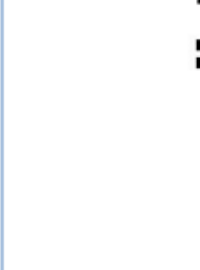


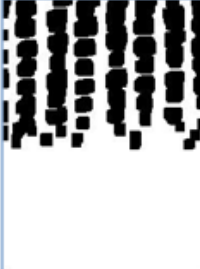





“Bwareopen + apertura”

Bwareopen + Apertura	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

**“Bwareopen + dilatación”**








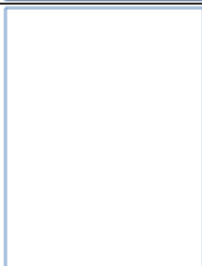

<b>Bwareopen + dilatación</b>	<b>Entropía</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Rango</b>
<b>Umbral: 0.1</b>			
<b>Umbral: 0.5</b>			
<b>Umbral: 0.8</b>			

**“Bwareopen + Erosión”**


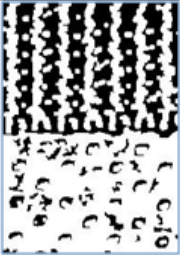







<b>Bwareaopen + erosión</b>	<b>Entropía</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Rango</b>
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

## Procesos de aplicación de operadores morfológicos “Gris 1”

### “Reconstrucción + cerradura”


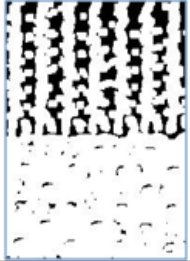
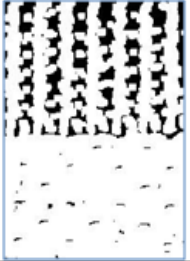






Reconstrucción_ cerradura	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

**“Reconstrucción + apertura”**










Reconstrucción apertura	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			



**“Reconstrucción + dilatación”**










Reconstrucción dilatación	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

“Reconstrucción + Erosión”

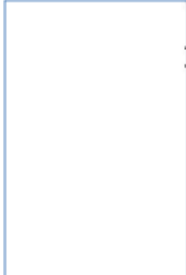


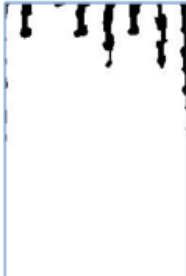





Reconstrucción _Erosión	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

Procesos de obtención de la máscara sobre la imagen “Gris 1”








“Bwareopen+cerradura+imfill”

Bwareopen_c erradura_imfil	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

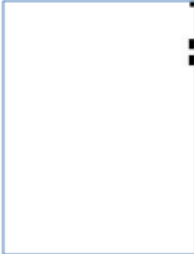




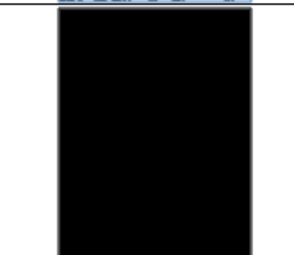


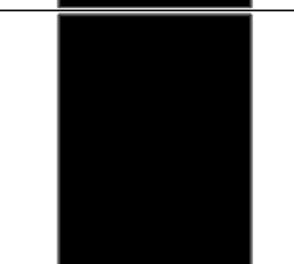
**“Bwareopen + apertura + imfill”**

Bwareopen_ aperutra_imfill	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

**“Bwareopen + dilatation + imfill”**










<b>Bwareopen_ dilatacion_imfill</b>	<b>Entropia</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Rango</b>
<b>Umbral: 0.1</b> 			
<b>Umbral: 0.5</b> 			
<b>Umbral: 0.8</b> 			

**“Bwareopen + erosión + imfill”**

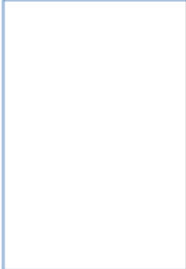
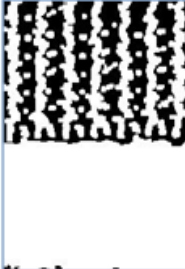
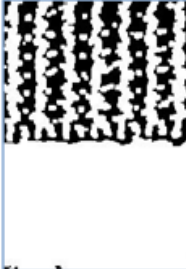
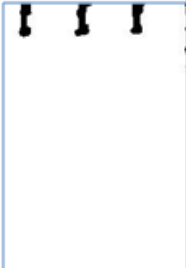
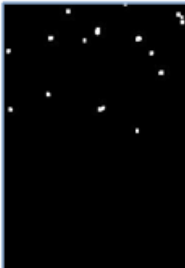


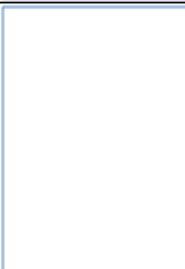
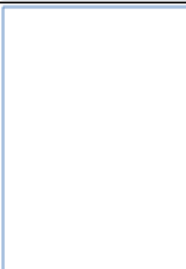
Bwareopen erosion_imfill	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

Procesos de obtención de la máscara sobre la imagen “Gris 1”

“Reconstrucción + cerradura + imfill”

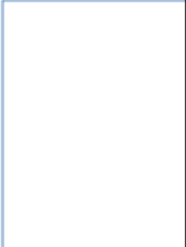

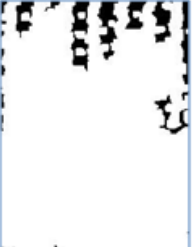
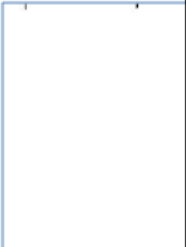





Reconstrucción cerradura_imfill	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

**“Reconstrucción + apertura + imfill”**

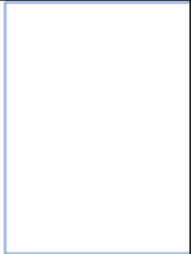
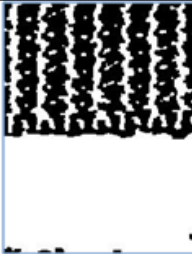
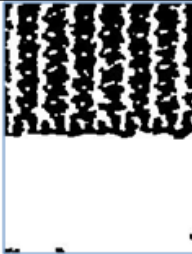




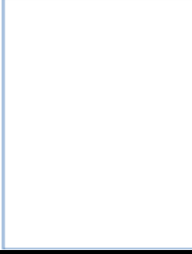
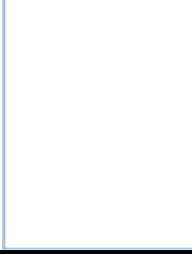
Reconstruccion_ apertura_imfill	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			



**“Reconstrucción + dilatación + imfill”**

Reconstrucción dilatacion_imfill	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

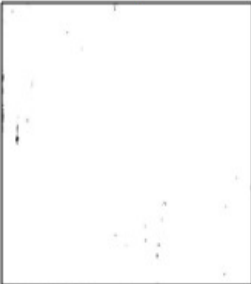



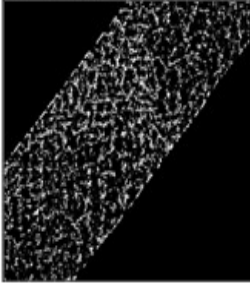
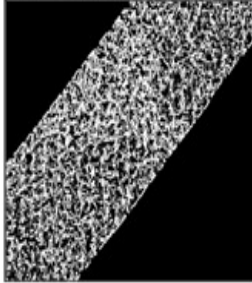


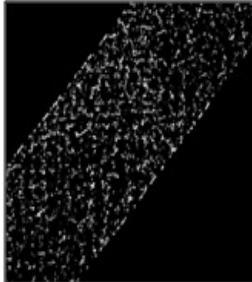
**“Reconstrucción + Erosión + imfill”**

Reconstrucción_erosion_imfill	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

## ANEXO C


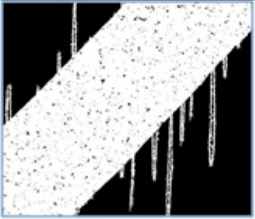
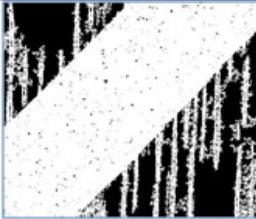
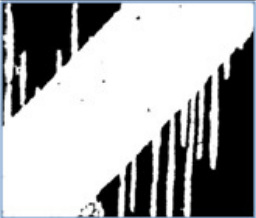


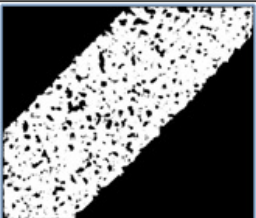
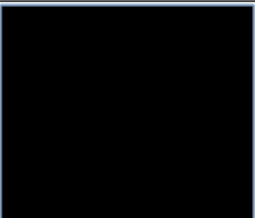
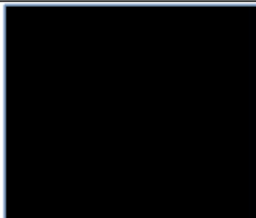
### Tablas de la aplicación de las pruebas realizadas en la imagen "Gris2"

Procesos de filtraje aplicado a la imagen "Gris 2"


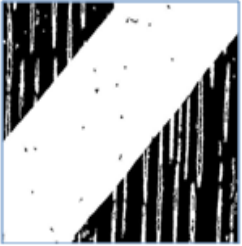
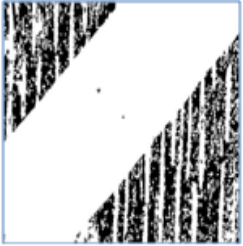
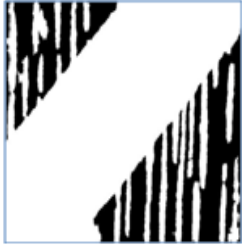

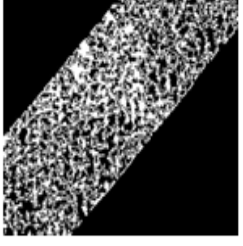



Gris3	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

## Procesos de eliminación de objeto aplicado a la imagen "Gris2"

"Bwareaopen"

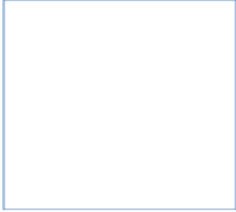
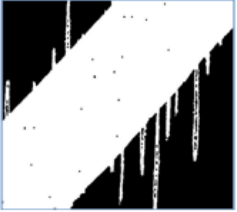
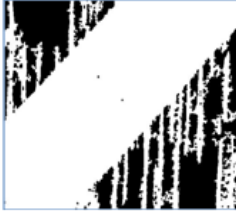
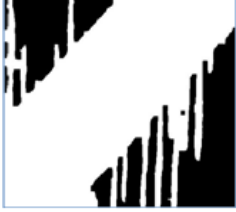



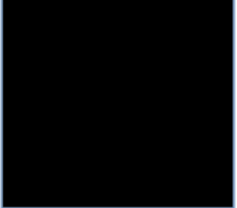
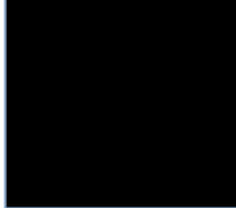
Bwareaopen	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

## “Reconstrucción”


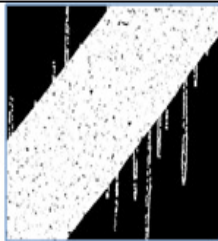
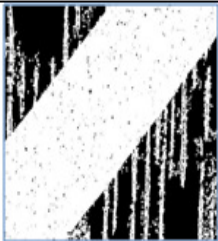
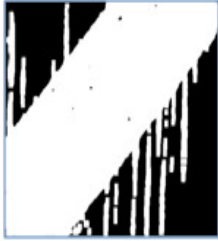


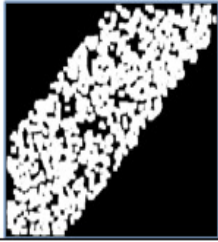

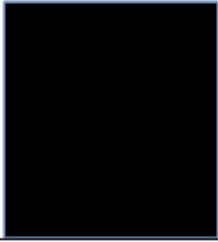
Reconstrucción	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

## Procesos de aplicación de operadores morfológicos “Gris 2”

### “Bwareaopen + cerradura”

Bwareaopen + cerradura	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

“Bwareopen + apertura”

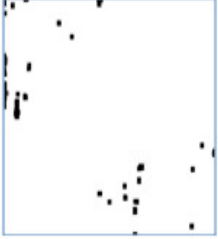
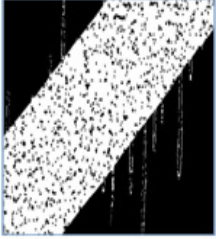

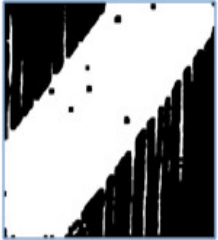
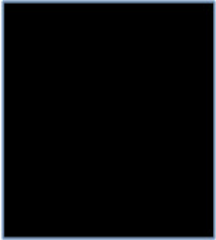


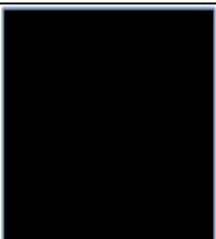
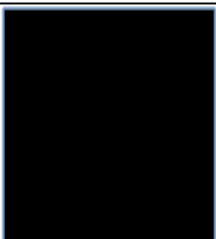
Bwareopen apertura	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

**“Bwareopen + dilatación”**

Bwareopen_ dilatacion]	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

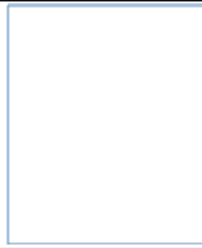


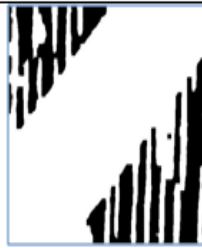

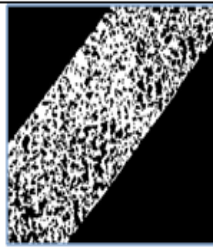
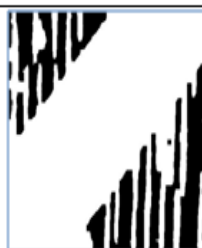
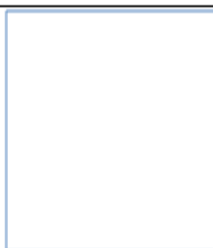



**“Bwareopen + Erosión”**


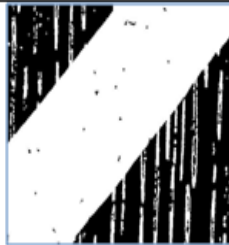



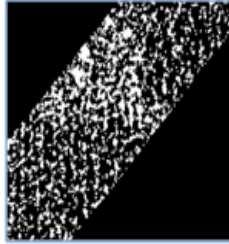

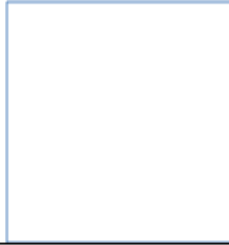

Bwareopen_erosion	Entropia	Desviación Estandar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

## Procesos de aplicación de operadores morfológicos “Gris 2”




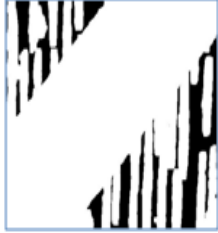

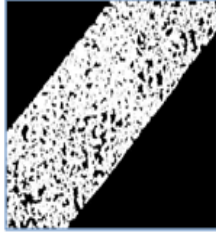



### “Reconstrucción + cerradura”

Reconstrucción _ cerradura	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			


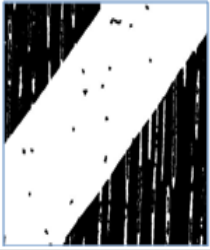



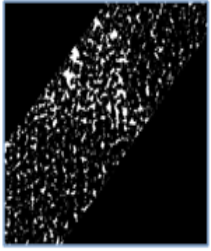



**“Reconstrucción + apertura”**

Reconstrucción _apertura	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

## “Reconstrucción + dilatación”

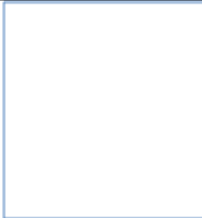
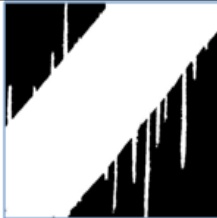

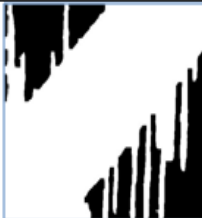
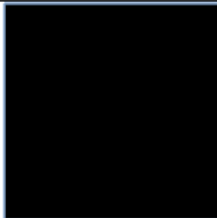




Reconstrucción + dilatación	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

## “Reconstrucción + Erosión”


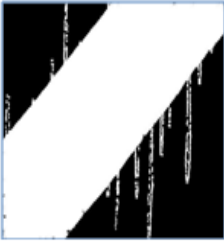

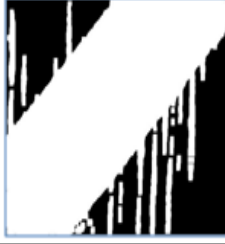
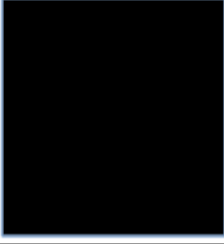
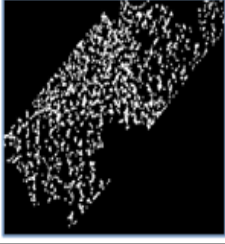

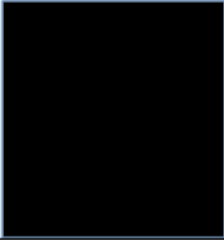
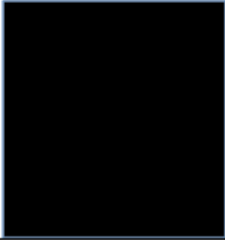
Reconstrucción erosión	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

Procesos de obtención de la máscara sobre la imagen “Gris 1”


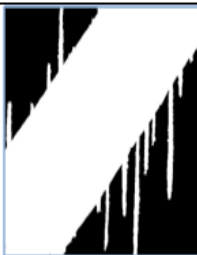
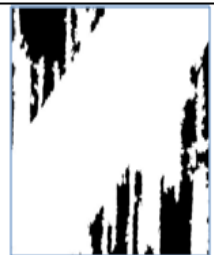






“Bwareopen+cerradura+imfill”

Bwareaopen_cerradura_imfill	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

“Bwareopen + apertura + imfill”




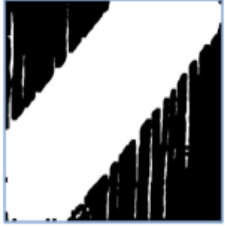



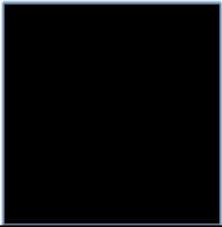
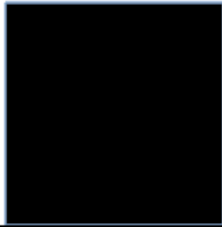
Bwareopen_ap ertura_imfill	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

**“Bwareopen + dilatation + imfill”**

Bwareopen_dilatation_imfill	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			



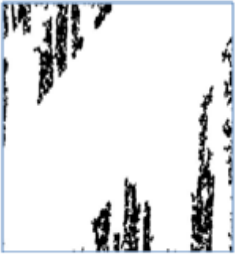
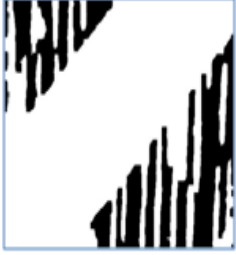







**“Bwareopen + erosión + imfill”**






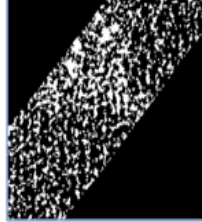
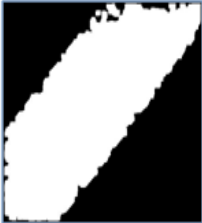
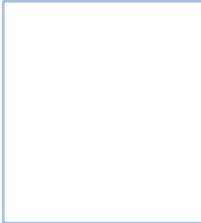

Bwareopen_erosion_imfill	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

**Procesos de obtención de la máscara sobre la imagen “Gris 1”**



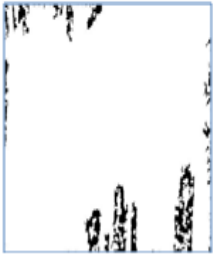
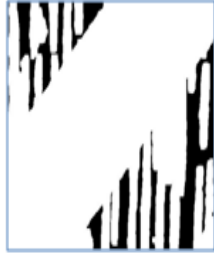



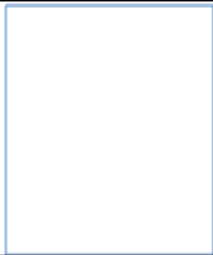

**“Reconstrucción + cerradura + imfill”**

Recon_cerrad _imfill	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			


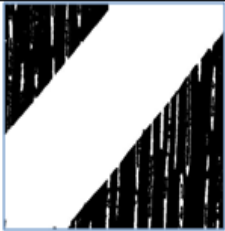



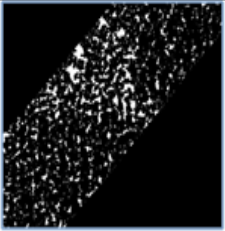

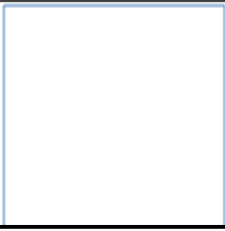

**“Reconstrucción + apertura + imfill”**

Recon_apert _imfill	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

**“Reconstrucción + dilatación + imfill”**

Recon_dilt at_imfill	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			


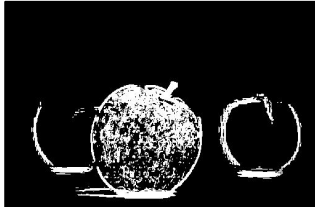
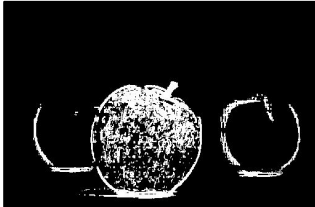

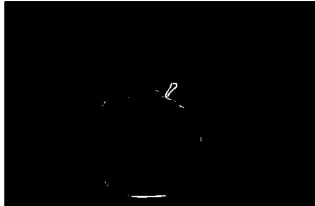
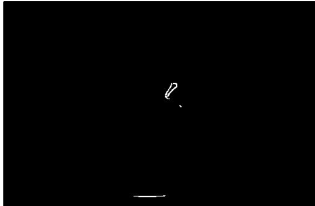
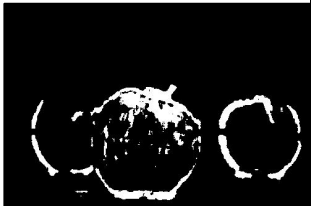
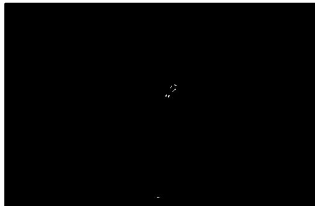
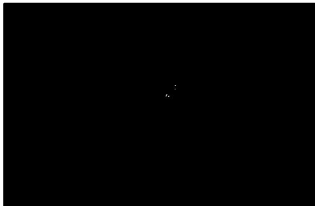
**“Reconstrucción + Erosión + imfill”**

Reco_erosi on_imfill	Entropia	Desviación Estándar	Rango
Umbral: 0.1			
Umbral: 0.5			
Umbral: 0.8			

## ANEXO D


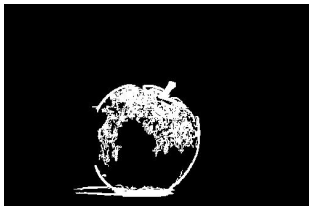
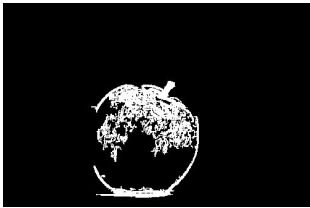



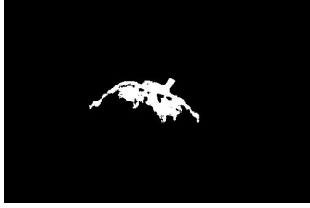
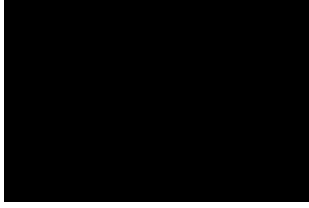
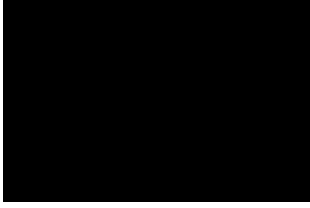
### Tablas de la aplicación de las pruebas realizadas en la imagen "Color"

#### Procesos de filtraje aplicado a la imagen "Color"

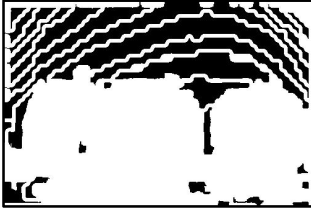
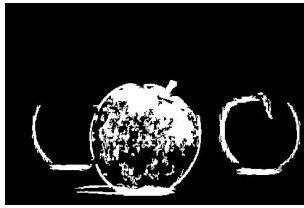
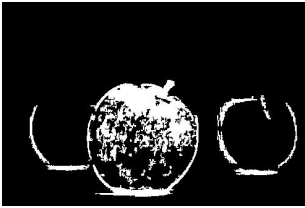

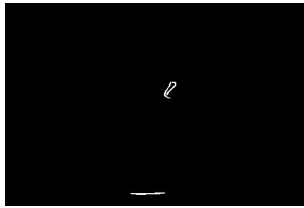
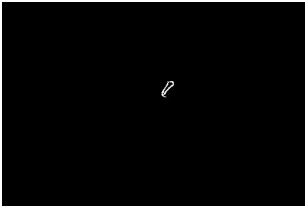
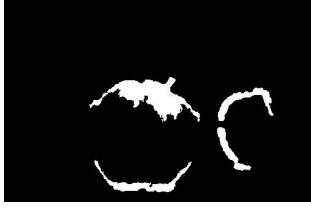


Filtros Textura	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			

Procesos de eliminación de objeto aplicado a la imagen "Color"

"Bwareaopen"

Bwareaopen	Entropía	DesviaciónEstándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			


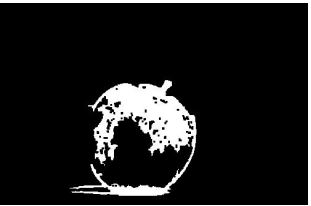
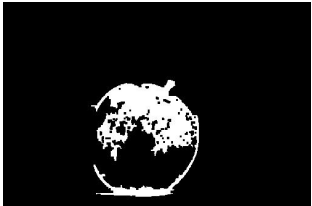



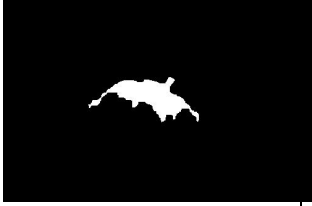


**“Reconstrucción”**

Reconstrucción	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			

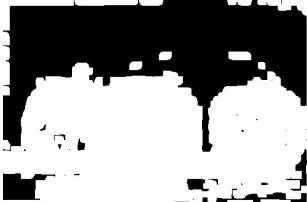



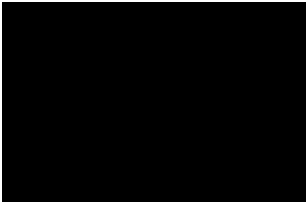
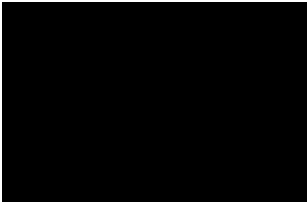
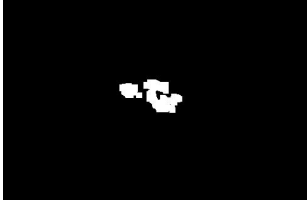
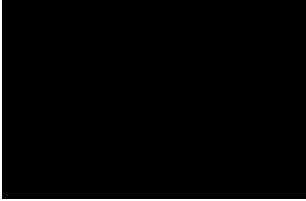
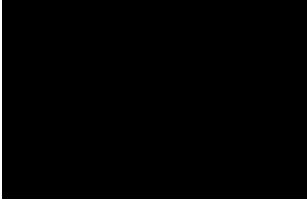


Procesos de aplicación de operadores morfológicos “Color”

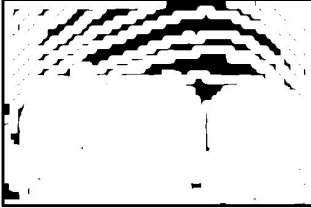
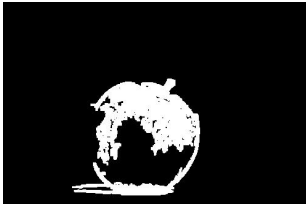




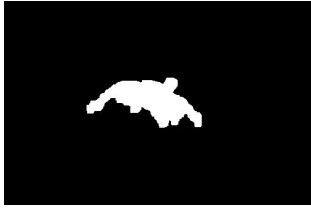


“Bwareaopen + cerradura”

Bwareaopen + Cerradura	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			




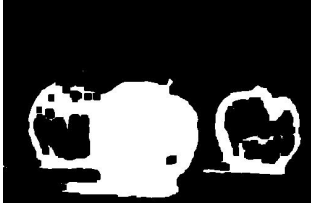
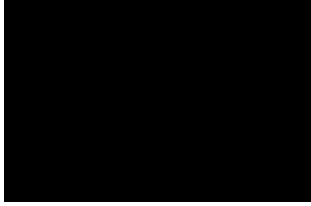
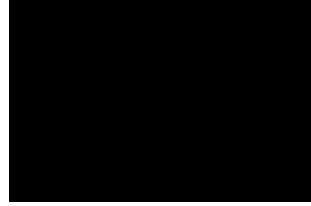
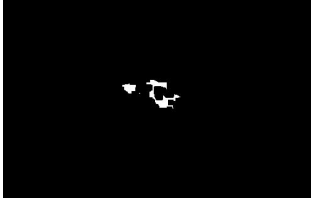
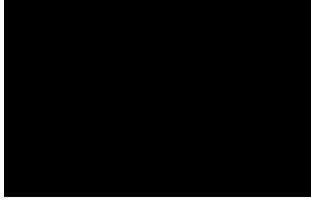
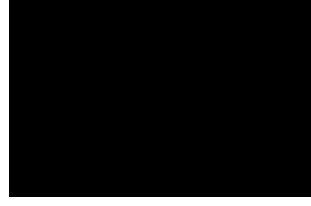
“Bwareaopen + apertura”

Bwareaopen + Apertura	Entropía	DesviaciónEstándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			

**“Bwareaopen + dilatación”**

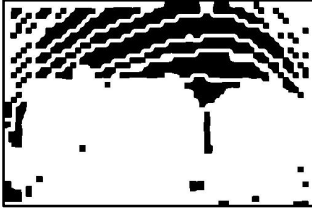
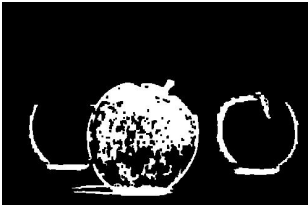
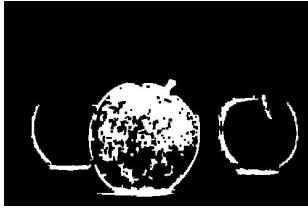

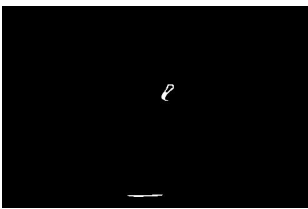
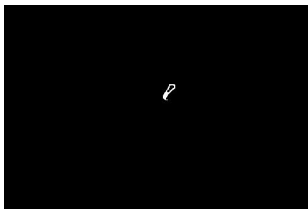

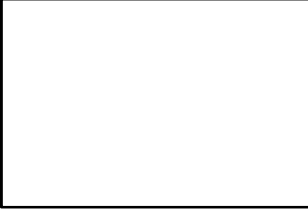

Bwareaopen + Dilatación	Entropía	DesviaciónEstándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			

“Bwareaopen + erosión”

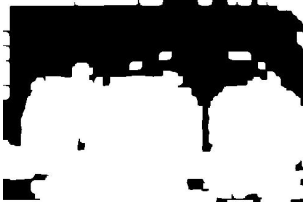
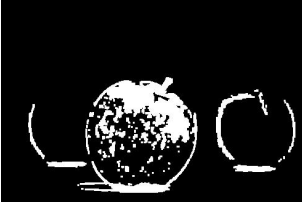


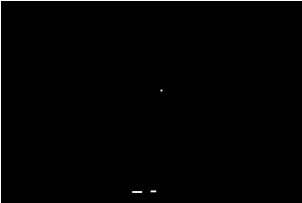
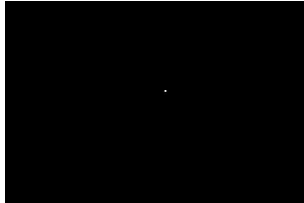
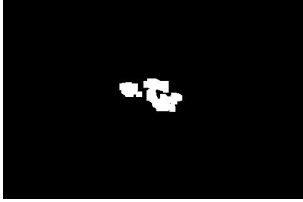


Bwareopen + Erosión	Entropía	DesviaciónEstándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			

Procesos de aplicación de operadores morfológicos “Color”

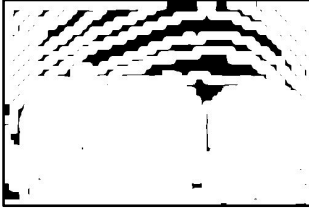



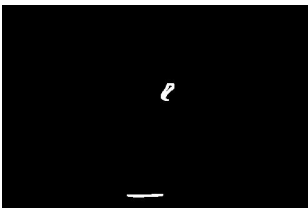
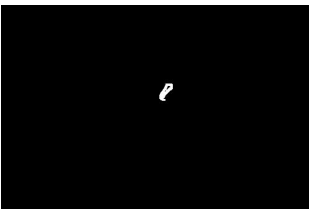



“Reconstrucción + cerradura”

Reconstrucción + Cerradura	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			


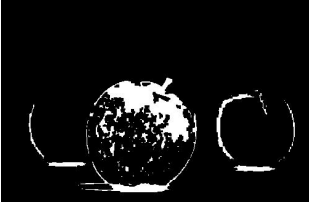
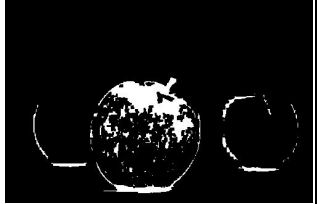

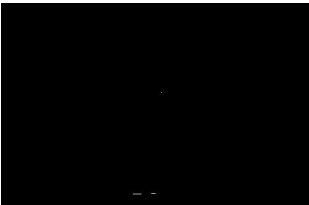
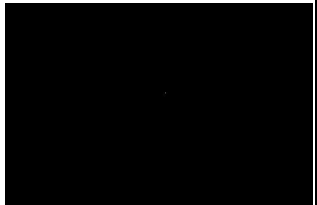



**“Reconstrucción + apertura”**

Reconstrucción + Apertura	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			

**“Reconstrucción + dilatación”**

Reconstrucción + Dilatación	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			

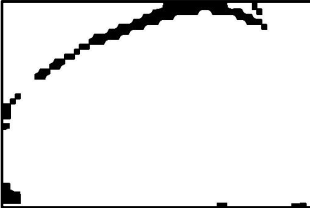
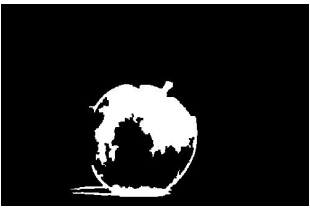
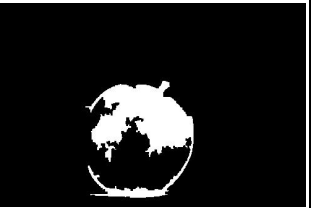



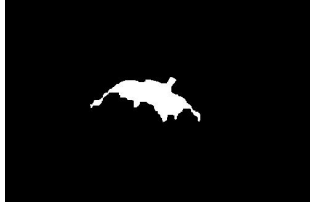
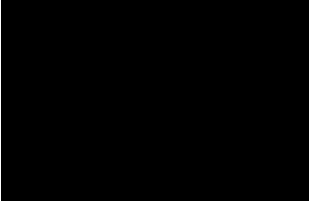
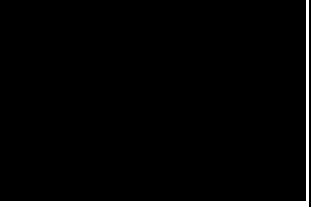
**“Reconstrucción + erosión”**

Reconstrucción + Erosión	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			


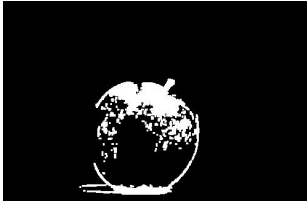


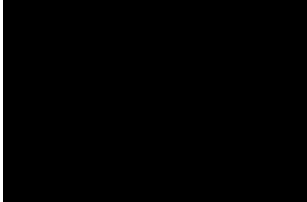
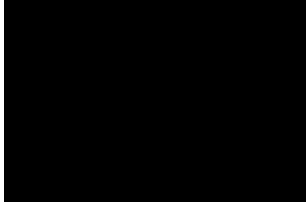
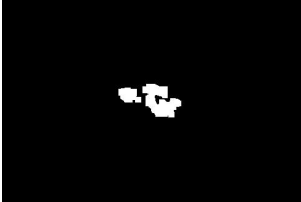
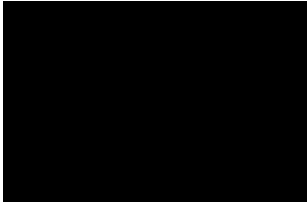
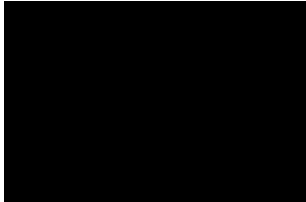


Procesos de obtención de la máscara sobre la imagen "Color"

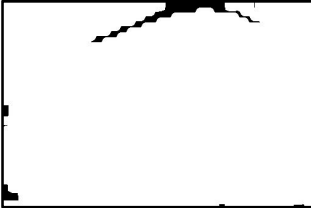
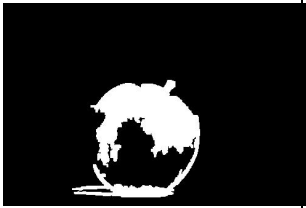
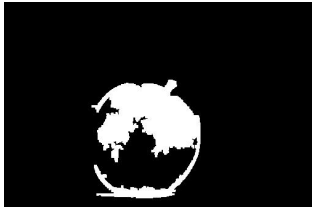



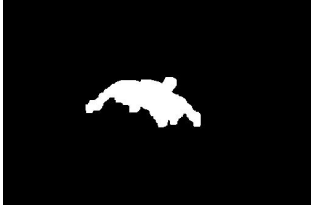


"Bwareaopen+cerradura+imfill"

Bwareaopen + Cerradura +Imfill	Entropía	DesviaciónEstándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			

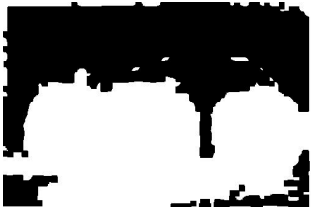
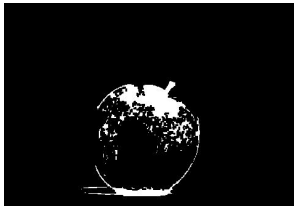
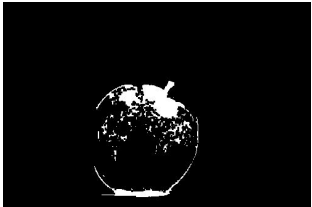

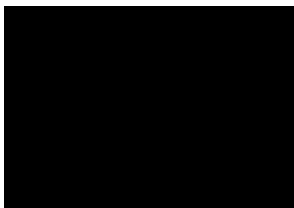
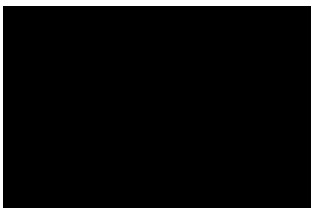
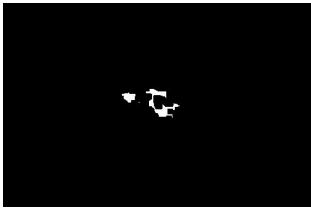


“Bwareaopen+apertura+imfill”

Bwareaopen + Apertura +Imfill	Entropía	DesviaciónEstándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			

**“Bwareaopen+dilatacion+imfill”**





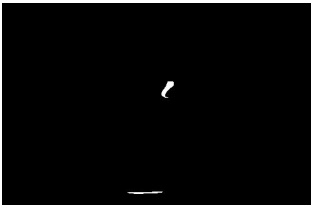
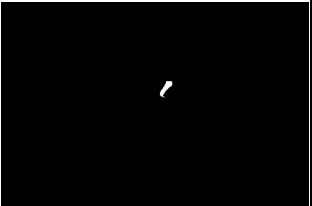



Bwareaopen + Dilatación + Imfill	Entropía	DesviaciónEstándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			

**“Bwareaopen+erosion+imfill”**


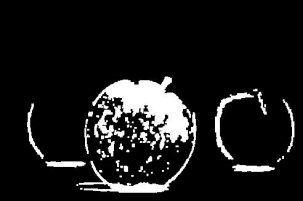


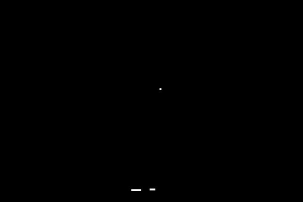
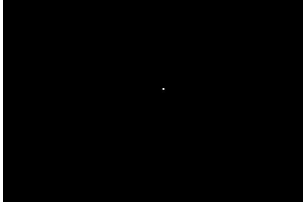
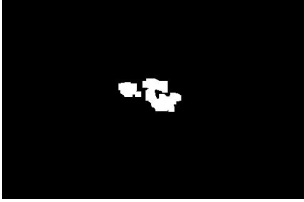

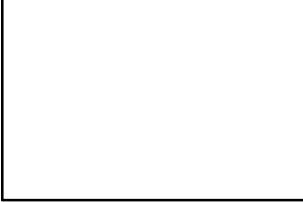
Bwareaopen + Erosión + Imfill	Entropía	DesviaciónEstánd ar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			

Procesos de obtención de la máscara sobre la imagen "Color"

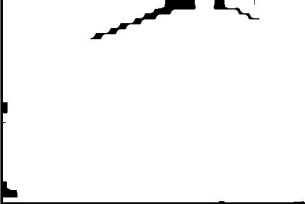



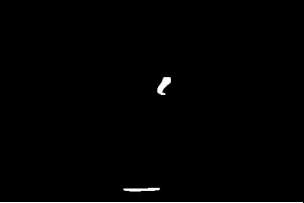
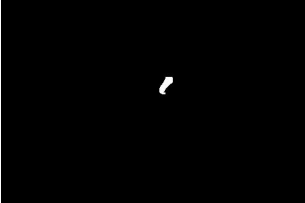



"Reconstrucción + cerradura + imfill"

Reconstrucción + Cerradura + Imfill	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			



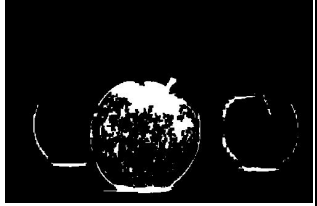

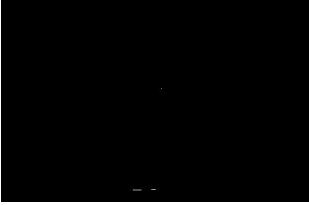
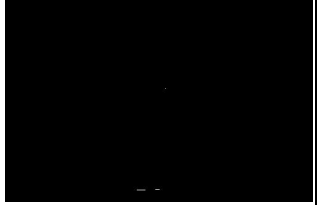



“Reconstrucción + apertura + imfill”

Reconstrucción + Apertura + Imfill	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			

**“Reconstrucción + dilatación + imfill”**

Reconstrucción + Dilatación + Imfill	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			

**“Reconstrucción + erosión + imfill”**

Reconstrucción + Erosión + Imfill	Entropía	Desviación Estándar	Rango
Umbral 0.1			
Umbral 0.5			
Umbral 0.8			



## REFERENCIAS

- [1] R. C. González, R. E. Woods and S. L. Eddins, *Digital Image Processing Using MATLAB*, Prentice Hall, 2004.
- [2]. Ashfaq A. Khan, *Digital Signal Processing Fundamentals*, Da Vinci Engineering Press, 2005.
- [3] Maria Petrou and Pedro Garcia Sevilla, *Image Processing Dealing with Texture*, John Wiley and Son, 2006.
- [4] José Ramón Mejía Vilet, *Apuntes de Procesamiento Digital de Imágenes*, Primer Borrador, 2005
- [5] MathWorks, Function Reference,  
<http://www.mathworks.com/help/toolbox/images/ref/f3-23960.html>, 17/02/2011
- [6] Patrick Marchand and O. Thomas Holland, *Graphics and GUIs with MATLAB Third Edition*, CHAPMAN & HALL/CRC, 2003.
- [7] Scott T. Smith, *MATLAB Advanced GUI Development*, Paperback, 2006.
- [8] MathWorks, *Image Processing ToolBox 7, User's Guide*, [http://www.mathworks.com/help/pdf\\_doc/images/images\\_tb.pdf](http://www.mathworks.com/help/pdf_doc/images/images_tb.pdf),  
17/02/2011