

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01- 27

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE PATRONES PSEUDO-PERIÓDICOS DE PUNTOS PARA LA DETECCIÓN DE SECUENCIAS BINARIAS.

Duvan Carmona Castaño

Edward Londoño

Ingeniería en sistemas de información

Director(es) del trabajo de grado

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Medellín

16/11/2017

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

En el presente trabajo de grado se implementan diferentes métodos de procesamiento digital de imágenes, para la caracterización de elementos contenidos en imágenes; en este caso se busca las coordenadas de todos los puntos presentes en imágenes de patrones pseudo-periódicos de puntos. La primera metodología implementada es la aplicación de filtros, se experimenta con tres tipos de filtros diferentes (pasa Alto, pasa Medio, Gradiente). Se determina que el filtro a utilizar es el "pasa medio", ya que, al obtener el resultado final el total de coordenadas encontradas se acerca al total de elementos que se quieren caracterizar. Como segundo paso la imagen que se está procesando se divide en varias regiones, una vez que se tenga la imagen dividida en regiones se procede a umbralizar cada una de ellas, obteniendo una umbralización más uniforme. Una vez realizada la umbralización se une cada una de las regiones umbralizadas para volver a construir la imagen original. Se construye un patrón morfológico (elemento estructurante) con el cual se elimina el ruido que haya quedado del proceso de umbralización, además se le da forma a todas a todos los elementos que se quieren caracterizar; esto consiste en que, si dos elementos están muy unidos a tal punto de representar un solo elemento, aplicando dicho patrón morfológico podemos separarlos, convirtiéndolo de nuevo en dos elementos diferentes. Por último, nos apoyamos en una serie de funciones para encontrar las coordenadas de todos los elementos que fueron caracterizados; empezamos por la función "bwlabel", la cual nos caracteriza cada uno de los elementos que fueron hallados después de haber aplicado las anteriores metodologías y posteriormente utilizamos la función "regionprops", la cual retorna una estructura que contiene todas las coordenadas de los elementos caracterizados.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Se agradece a la Profesora. July Andrea Galeano, quien acompañó y brindó asesoría a los estudiantes involucrados para que pudiesen llevar a cabo la investigación, y a los profesores que colaboraron resolviendo inquietudes acerca de los temas involucrados en la investigación.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

PDI Procesamiento digital de imágenes.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	6
2. MARCO TEÓRICO	8
3. METODOLOGÍA	12
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	19
REFERENCIAS	20
APÉNDICE	21

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

El procesamiento digital de imágenes (PDI) es el procesamiento, entendiéndolo éste como el almacenamiento, transmisión y representación de información, de imágenes digitales por medio de una computadora digital.

Con el avance de la tecnología, el tratamiento de imágenes se ha vuelto muy común y utilizado con el objetivo de producir información numérica o simbólica para que puedan ser tratados por un computador. Todo esto se logra a través de metodologías de PDI con la cual podemos caracterizar objetos presentes en imágenes que se estén analizando. Una metodología muy comúnmente usada es la segmentación, la cual permite identificar y aislar áreas de interés llamativas o estructuras específicas en las imágenes, por medio de diferentes procedimientos como la umbralización. También existen otras metodologías muy comunes como la reconstrucción, la cual permite mejorar la calidad de una imagen que nos posibilite efectuar operaciones del procesado sobre ella. Estas mejoras se realizan por medio de procedimientos como son los filtros, según el tipo de filtro a utilizar podemos obtener mejoras como: suavizar la imagen, eliminar ruido, realzar bordes o detectarlos. Otro procedimiento utilizado en esta metodología es la morfología matemática, la cual a través de sus diferentes funciones (erosión, dilatación, apertura, cierre), se pueden separar regiones débilmente unidas o para eliminar pequeños detalles, para rellenar agujeros o

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

cuando interesa unir regiones próximas que en la imagen se han podido separar por una deficiente binarización.

Con la implementación de diferentes metodologías pertenecientes al PDI, se intenta encontrar las coordenadas espaciales (X, Y) , de elementos presentes en imágenes que presente un comportamiento de patrones pseudo-periódicos de puntos, para posteriormente ser analizados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

Cuando hablamos de tratamiento de imágenes, lo más conveniente es binarizar la imagen y empezar con el PDI, antes de llegar a la binarización hablamos de convertir la imagen a escala de grises. La escala de grises es la representación de una imagen en la que cada pixel se representa usando un valor numérico individual que corresponde a su luminancia, en una escala que se extiende entre blanco y negro.

En el tratamiento digital de las imágenes, el término “escala de grises” está limitada por una serie de valores de un color o tono neutro, que van desde una intensidad más clara (blanco) aumentando a una intensidad más oscura (negro), la cual se aplica a cada píxel de una imagen. Como ejemplo las imágenes con profundidad de 8 bits poseen 256 valores posibles.

Cuando obtenemos resultado de una imagen que se le aplica la binarización (escalas de grises), podemos hablar de los métodos del valor umbral. Los métodos del valor umbral son algoritmos cuya finalidad es separar objetos de interés del resto de la imagen. Estos métodos en situaciones favorables permiten decidir qué valores de píxeles conforman un objeto que se quiere encontrar y cuáles son los píxeles que forman su entorno. Por ejemplo, estos métodos son muy útiles al momento de separar textos de una imagen, cuando deseamos

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

digitalizar libros antiguos en donde su contraste ha perdido pigmentación o su papel está demasiado oscurecido o desgastado por el paso del tiempo.

Los métodos de valor umbral o métodos de segmentación, consiste en asignar cada pixel a un grupo llamado "segmento". La comparación entre el nivel de gris y un valor umbral, determina la pertenencia de un pixel a un segmento, el nivel de gris de un pixel es su valor o nivel de luminosidad. Estas comparaciones se hacen pixel a pixel en una imagen por eso a los métodos de valor umbral se les considera como métodos orientados a píxeles.

Para obtener una umbralización con poco ruido utilizamos técnicas de filtrado; se trata de métodos para resaltar o suprimir, de forma selectiva, información contenida en una imagen a diferentes escalas espaciales, para destacar algunos elementos de la imagen, o también para ocultar valores anómalos. En el proceso de filtrado suele implementarse por lo general una matriz de 3x3 (aunque puede ser NxN) la cual está compuesta por números enteros, que al aplicarse a cada pixel de la imagen genera un nuevo valor mediante una función entre valor original y los píxeles a su alrededor. El valor resultante se divide entre un escalar que por lo general es la suma de los coeficientes de ponderación.

Después de las aplicaciones de filtros sobre imágenes, no podemos garantizar que la imagen quede totalmente libre de ruido después de haber pasado por un

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

proceso de umbralización, además se es necesario aplicar un patrón morfológico para darle un estándar a todas las figuras encontradas, es allí cuando hablamos de la morfología matemática. Las herramientas y los procedimientos matemáticos que se utilizan para extraer los componentes de una imagen utilizados para la representación y descripción de regiones se denominan procesamiento morfológico o morfología. La morfología ofrece soluciones a numerosos problemas de procesamiento de imagen, puesto que propone operadores generales que manejan grupos de píxeles, los cuales se interpretan como información en la imagen, que puede ser texturas, formas, líneas de contorno, etc.

La morfología se puede aplicar a imágenes de intensidad y a imágenes binarias. Los principales operadores morfológicos para las imágenes binarias son erosionar y dilatar. También existen abrir, cerrar, encoger, adelgazar, esbozar, engrosar, rellenar, etc. Todos estos operadores pueden ser descritos simplemente en términos de aumentar o remover píxeles de la imagen binaria de acuerdo a ciertas reglas que dependen del patrón de vecindad del píxel que se modifica. Para las imágenes binarias, los píxeles blancos son regiones de importancia, mientras que los píxeles oscuros son el fondo de la imagen.

La morfología matemática se puede usar, entre otros, con los siguientes objetivos:

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Pre-procesamiento de imágenes (supresión de ruidos, simplificación de formas).
- Destacar la estructura de los objetos (extraer el esqueleto, detección de objetos, envolvente convexa, ampliación, reducción)
- Descripción de objetos (área, perímetro)

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

Para la construcción de la matriz que contiene las coordenadas que representan los puntos encontrados en la imagen, se realizaron una serie de metodologías para el tratamiento de imágenes, las metodologías implementadas son las siguientes.

- Convertir la imagen a escala de grises: para poder cumplir con el primer objetivo de binarizar la imagen, debemos llevar cualquier imagen a escala de grises, este procedimiento se logra con la utilización de la función “rgb2gray” en Matlab, logrando así convertir toda la imagen a escala de grises.
- Aplicación de filtro: Se realiza la aplicación de filtro pasa medio, para reducir el ruido que se pueda presentar en la imagen, y así de esta manera evitar la umbralización de dicho ruido.
- División de imagen: La imagen es dividida en pequeñas regiones, esto se hace con el fin, de que posteriormente podamos realizar una umbralización uniforme, ya que la imagen puede presentar sesiones oscurecidas comparadas con otras.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Umbralización: Se umbraliza cada una de las regiones divididas de la imagen, en este procedimiento se crea una matriz del mismo tamaño de la región entrante poblada de ceros, se saca el promedio de píxeles de toda la región para aplicarlo como el umbral, se realiza una comparación pixel por pixel contra el umbral, y los píxeles que superan el umbral son tomados con valor de 1 en la matriz de ceros.
- Aplicación del elemento estructurante: Se aplica un patrón morfológico, con el fin de llevar las áreas encontradas a formas circulares, llegado el caso que dos formas queden unidas entre sí después de la umbralización, con dicho patrón morfológico hace que las formas que hayan quedado unidas se separen.
- Identificación de formas: se identifican todas las figuras presentes en la imagen y son separadas con diferentes tonos de grises, esto se logra con la función "bwlabel" en Matlab.
- Eliminación de ruido: se elimina las formas que son menores a un área determinada ya que representan solo ruido.
- Encontrar los centroides: Por último, se encuentran los centros de las formas restantes, estos centros representan las coordenadas a propuestas a encontrar.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como primer resultado obtenido aplicando el procedimiento de filtros (medio, alto, gradiente), y realizando posteriormente el resto de procedimientos se detectaron las siguientes cantidades de puntos en una determinada imagen.

Tipo de filtro	Cantidad de puntos encontrados
Alto	6466
Medio	4012
Gradiente	3765

El Total de puntos que contiene la imagen es de 4030. Se realiza un análisis de cada filtro y se observa que cuando utilizamos filtro pasa alto se obtiene más puntos de los que hay en la imagen original, teniendo una diferencia de más de 2000 puntos, comparado con otros filtros es el de mayor diferencia, le sigue el filtro del gradiente que tiene una diferencia de 265 puntos menos, con respecto a la cantidad de puntos presentados con la imagen original. Por último, tenemos el filtro pasa medio y vemos que la diferencia de puntos con respecto a la imagen original es de apenas 18 puntos menos, por lo cual se escoge el filtro pasa medio, para utilizar en el procesamiento de imágenes.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Como segundo resultado, se analiza la cantidad de puntos obtenidos al dividir la imagen en regiones, al igual que con los filtros, se analizó el resultado final, la imagen se dividió 25, 15, 10 veces su tamaño original, obteniendo los siguientes resultados:

Cantidad de veces en que la imagen es dividida	Cantidad de Puntos encontrados en dos imágenes distintas.
25	4012, 2575
15	4014, 2593
10	4014, 2613
5	4005, 2591

Cuando la imagen tiende a ser dividida en demasiadas regiones el resultado obtenido se vuelve incierto, ya que la cantidad de puntos encontrados se aleja de la cantidad total. Cuando las regiones resultantes son demasiado grandes, el resultado final difiere de lo que se pretende encontrar, sucede la misma situación del anterior punto. Por otro lado, al dividir la imagen a una cantidad que no sea muy alta ni muy baja, se observa que la cantidad de puntos encontrados se acerca a la cantidad real de puntos presentes en la imagen. Podemos decir que cuando las regiones son demasiado grandes, las zonas de la región que son oscuras van a quedar por debajo del valor promedio del umbral, por lo tanto, dicha zona no tendría el efecto de la umbralización. En contraste a lo anterior dicho, cuando las regiones son demasiado pequeñas, no se puede promediar un

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

buen valor del umbral, ya que no se tendrían suficientes elementos en la región para poder sacar dicho valor. En cuanto a una región de tamaño que tenga los suficientes elementos y que no sea demasiado extensa, obtenemos un buen valor para el umbral. Considerando lo anterior se escoge el valor de 10 para dividir la imagen, obteniendo como resultado regiones que no son tan grandes o demasiado pequeñas.

La imagen se divide en cantidades que son múltiplos de 5, ya que al dividir la imagen por dichas cantidades los resultados, para trabajar son más fáciles y más precisos.

En el siguiente proceso se aplica la morfología matemática, se trabaja con dos elementos estructurantes conformadas por las siguientes matrices:

$$H1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix};$$

$$H2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

Se erosiona la imagen aplicando por separado cada uno de los elementos estructurantes, este elemento estructurante es aplicado para poder darle forma a los puntos después de la umbralización, y poder eliminar ruido que pueda presentarse después de la umbralización.

Elemento Estructurante	Cantidad de Puntos encontrados en dos imágenes distintas.
H1	4014, 2613
H2	4003, 2612

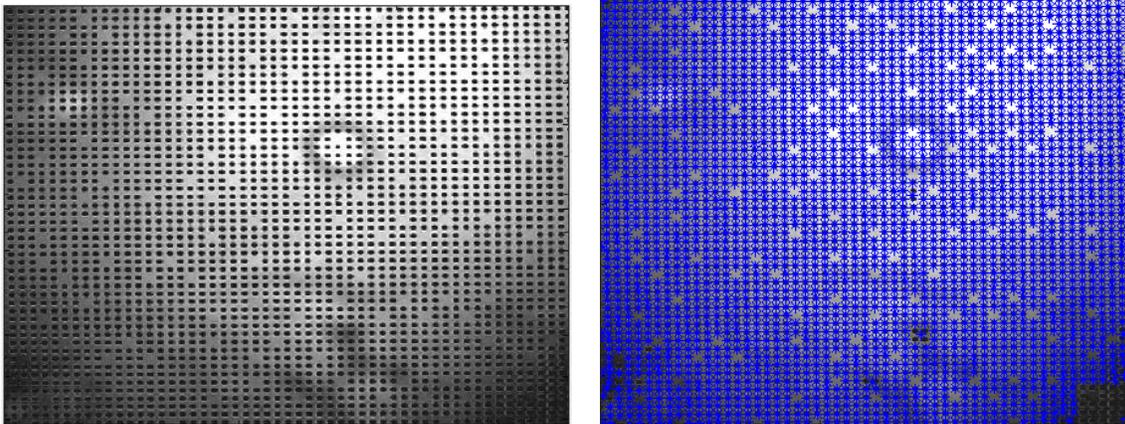
	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Como se puede observar en la tabla, la matriz del elemento estructurante H1, da mejor forma a los puntos después de la umbralización ya que se acerca a la cantidad total de puntos que hay en cada imagen. De H2 podemos decir, que al ser un patrón de tamaño más grande con respecto a H1; al sobreponerlo sobre una porción de la imagen original para realizar la erosión puede que no todos los elementos coincidan con la matriz del elemento estructurante, por lo cual elimina dicho píxel al no coincidir, provocando que el punto pueda desaparecer en su totalidad. Al contrario, con lo que sucede con la matriz H1, que al ser más pequeño y al sobreponerse sobre la imagen original se encuentra totalmente contenido dentro de la zona de la imagen que se está comparando, el punto se conserva, pero se elimina todo el ruido que pueda haber alrededor de dicho punto.

Como resultado final se tiene la imagen original, con las coordenadas dibujadas de todos los puntos presentes en ella. Para poder llegar a dicho resultado, se utilizó la función de "regionprops" de Matlab, para encontrar todos los centroides de los puntos presentes en la imagen. Antes de aplicar "regionprops", se usa la función "bwlable" la cual recibe la imagen que ha pasado por los diferentes tipos de procesamiento y nos retorna la misma imagen con todos los puntos clasificados, diferenciados por un nivel de intensidad que pertenece a la escala de grises, esta imagen que nos retorna es enviada a la función "regionprops" la cual identifica todos los puntos y nos devuelve una estructura que contiene: el área, los centroides y el BoundingBox. Utilizamos los centroides que representan

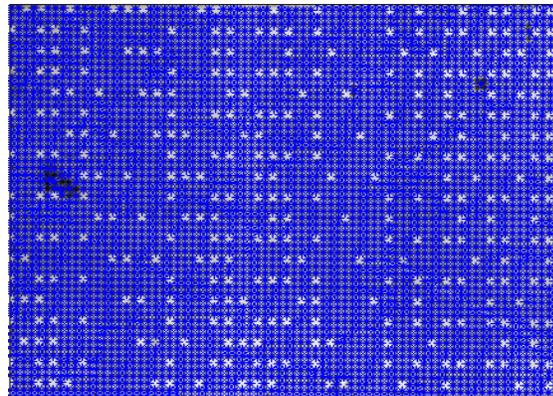
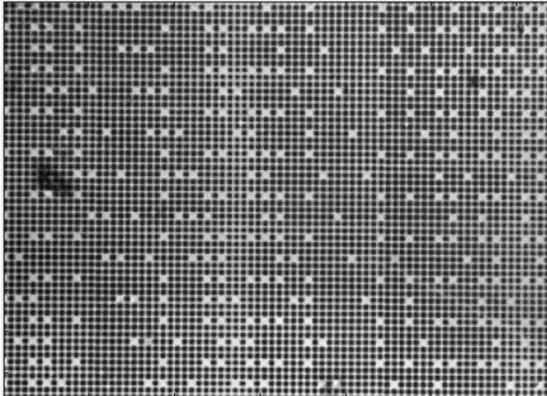
	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

las coordenadas de cada punto y los sobreponemos en la imagen original, obteniendo los siguientes resultados:



Podemos ver a la izquierda la imagen original y a la derecha la misma imagen con todos los puntos detectados. Esta imagen presenta un grado de dificultad alto debido a las grandes zonas oscuras, aun así, se logra identificar la mayoría de los puntos presentes.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



En esta segunda imagen con un grado de dificultad menor comparado con la anterior, se detecta casi la totalidad de los puntos presentes en la imagen.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

La ventaja principal que ofrece las metodologías de segmentación empleados consiste en su capacidad de segmentar imágenes que contiene regiones complejas, para obtener características específicas que queramos analizar de una imagen.

El programa presentado para segmentación de imágenes, además de demostrar una gran rapidez, resulta simple en su elaboración y compresión debido a las herramientas de procesamiento de imágenes con que cuenta Matlab, las cuales facilitan de manera considerable la tarea de programar.

Como recomendación se sugiere explorar más la metodología de morfología matemática, ya que es un tema extenso y complejo, por lo cual se pueden estudiar gran variedad de elementos estructurantes que permitan una mejora en la segmentación de características.

Como trabajo futuro se puede reutilizar todo el código para extraer otro tipo de características de los elementos presentes en la imagen.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

[1] Dr. Boris Escalante Ramírez, *Procesamiento Digital de Imágenes*, 2006.

[2] FG Ortiz Zamora, *Fundamentos de Morfología Matemática*, 2002.

[3] Nayid Triana, Andrés E. Jaramillo, Rafael M. Gutiérrez, César A. Rodríguez, *Técnicas de umbralización para el procesamiento digital de imágenes de GEMFoils*, 2006.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

APÉNDICE

Apéndice A: Ejemplo de declaración del filtro pasa media

```

tamFilt = 3;
mascara = 1/(tamFilt^2).*ones(tamFilt);
imFiltrada = conv2(imagen, mascara,'same');

```

Apéndice B: Código utilizado para la umbralización

```

function [ImagenUmbralizada] = UmbralizacionPorRegion(imagen)
    promedio = median(median(imagen));
    desv = std(std(imagen));
    prom = promedio-desv-10;
    [f,c]=size(imagen);
    resultado = ones(f,c);
    resultado(imagen>=prom) = 0;
    ImagenUmbralizada = resultado;
end

```

Apéndice C: Implementación del elemento estructurante

```

[nFilas,nColumnas]= size(imagen);
resultadoTotal = zeros(nFilas,nColumnas);
STR = [0 1 0; 1 1 1;0 1 0];
for fila=2:nFilas -1

```

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

```

for columna=2:nColumnas-1
  if(imagen(fila,columna) == 1)
    region = imagen(fila-1:fila+1,columna-1:columna+1);
    resultado = uint8(STR & region);
    algo = isequal(resultado,STR);
    if(algo == 1)
      resultadoTotal(fila,columna) = 1;
    end
    resultadoTotal(fila-1:fila+1,columna-1:columna+1) = resultado;
  end
end
end
end

```

Apéndice D : Funciones utilizadas en la caracterización.

```

[L,Ne] = bwlabel(imagen);
propied = regionprops(L,'Basic');

```

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES *[Signature]*
[Signature]

FIRMA ASESOR *[Signature]*
Firma informe final trabajo de grado Duvan
carmona y Edward Londono. 17/17/2017.
Hora: 4:00 p.m FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO _____ ACEPTADO _____ ACEPTADO CON MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____
 FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____
 FECHA ENTREGA: _____