

### 3 TEXTURA

#### 3.1 CONCEPTO DE LA TEXTURA

La textura es una característica importante utilizada en segmentación, identificación de objetos o regiones de interés en una imagen y obtención de forma. El uso de la textura para identificar una imagen proviene de la habilidad innata de los humanos para reconocer diferencias texturales. Por medio de la visión y el tacto, el ser humano es capaz de distinguir en forma intuitiva diversos tipos de textura.

La textura, por consiguiente, es una característica de difícil definición siendo la más extendida la siguiente la dada por Haralick [1]: “**Una textura está definida por la uniformidad, densidad, grosor, rugosidad, regularidad, intensidad y direccionalidad de medidas discretas del tono en los píxeles y de sus relaciones espaciales**”. En la siguiente figura se muestran las diferencias entre una textura suave (a) y otra rugosa (b), y entre una textura regular (c) de otra que no lo es (b).

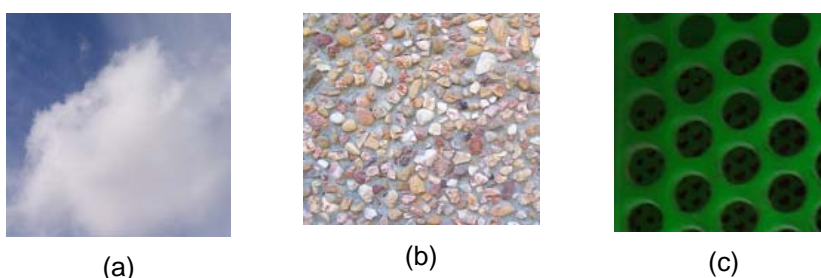


Figura 1: Propiedades de textura: (a) Suavidad, (b) Rugosidad y (c) Regularidad

En una imagen digital, la textura depende de tres conceptos:

- 1) La **frecuencia** de cambio de los tonos en los píxeles.
- 2) La **dirección** o direcciones de cambio.
- 3) El **contraste** entre un píxel y sus vecinos.

Sin embargo, es **independiente del tono o color** de la imagen: en el ejemplo de la figura 2 se muestran dos imágenes de una misma textura. Aunque una sea en tonos claros y la otra en tonos oscuros, se observa que se trata del mismo tipo de textura.



Figura 2: Independencia del tono o el color en la textura de una imagen digital

#### 3.2 MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN DE TEXTURAS

Para llevar a cabo el procesamiento digital de imágenes es de gran utilidad, para ciertas aplicaciones, obtener información sobre la textura. Este problema se puede abordar desde diferentes puntos de vista, dependiendo de la técnica específica utilizada para extraer de forma cuantitativa la información contenida en la textura de la imagen.

Para caracterizar las texturas existen básicamente tres formas de procesar la imagen y extraer su información: descriptores en frecuencia, descriptores estructurales y descriptores probabilísticos [3] [4]. A continuación se explican brevemente estos descriptores, haciendo hincapié en aquellos en los que se va a basar este trabajo.

### 3.2.1 Descriptores en Frecuencia

Los modelos espectrales o de frecuencia consisten en obtener la transformada en frecuencia de la imagen y a partir de ésta, obtener ciertas características. Dichas características son más fáciles de obtener del espectro en coordenadas polares y sirven de base para la clasificación.

Los descriptores en frecuencia se basan principalmente en el **análisis del espectro de Fourier** mediante la transformada del mismo nombre. El espectro de Fourier está especialmente indicado para describir la direccionalidad de patrones bidimensionales periódicos de una imagen, ya que estos patrones de textura son fácilmente distinguibles como concentraciones altas de energía en el espectro. Las características más importantes vienen dadas por:

- **Magnitud de “picos”** prominentes en frecuencia: proporciona información sobre la direccionalidad de los patrones de textura.
- **Localización de los “picos”**: proporciona información sobre el periodo espacial fundamental de los patrones.
- Aplicar técnicas estadísticas a **partes a-periódicas**, una vez separada de la parte periódica mediante un filtro.

En la siguiente figura se observa un patrón de textura y el espectro de su transformada, el cual tiene un solo pico cada 90° debido a la periodicidad del patrón.

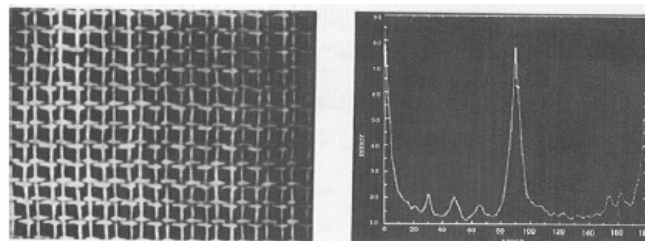


Figura 3: Ejemplo de características espectrales de textura

Sin embargo, su implementación se ve restringida por la poca información que se puede extraer cuando las texturas son heterogéneas o de carácter aleatorio ya que realiza una descomposición de las señales en sus componentes frecuenciales, pero **sin** facilitar **información temporal** de éstas.

El **análisis multirresolución** está diseñado para proporcionar una buena resolución temporal y pobre resolución en frecuencia para las altas frecuencias y buena resolución en frecuencia y baja en tiempo para las bajas frecuencias. Este tratamiento tiene especial utilidad cuando las señales a manejar tienen componentes de alta frecuencia de corta duración y componentes de baja frecuencia de larga duración. En este trabajo se utiliza el análisis multirresolución proporcionado por la **transformada wavelet**, que se estudia en detalle en el capítulo 4.

### 3.2.2 Descriptores Estructurales

En cuanto a los descriptores estructurales, su desarrollo se basa en obtener **patrones primitivos**, texel (del inglés “textura element”), de la textura para generar una descripción de cómo se agrupan éstos para formar la textura en sí. Glassner da una definición de **Texel** en [12]: “es la unidad mínima de una textura aplicada a una superficie”.

Es decir, es una primitiva visual con propiedades invariantes que ocurre a diferentes posiciones, deformaciones y orientaciones en un área. Estas propiedades invariantes pueden ser: forma, tamaño, nivel de gris o color.

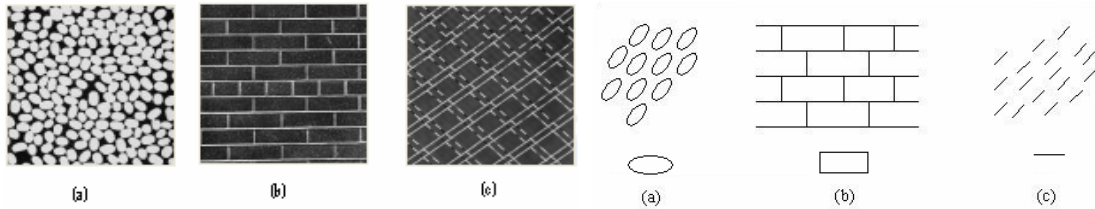


Figura 4: Ejemplos de texturas y sus correspondientes texels

Tras identificar estos elementos, la textura puede analizarse bajo dos perspectivas: computar propiedades estadísticas de los elementos extraídos o bien extraer la **regla de colocación** que describa la textura, esta última aproximación puede conllevar métodos geométricos o sintácticos. El inconveniente de este método es que no todas las texturas tienen un elemento que se repite.

### 3.2.3 Descriptores Basados en Modelos

Estos métodos se basan en construir de un modelo de la imagen, cuyos parámetros estimados sirven para describir y sintetizar una textura, ya que reúnen las características esenciales que caracterizan a la textura. Se consideran como tales las cadenas de Markov y los modelos fractales.

#### 3.2.3.1 Cadenas de Markov

Los métodos que utilizan los campos aleatorios de Markov gaussianos caracterizan la **relación estadística entre un píxel y sus vecinos**. Es decir, este método se basa en la hipótesis de que la intensidad de un píxel depende de las intensidades de los píxeles vecinos. El modelo estocástico resultante consta de un número de parámetros igual al tamaño de la máscara de la vecindad. Los parámetros se pueden estimar mediante un algoritmo de mínimos cuadrados sobre cada posición de la máscara en la imagen.

La **máscara** se forma tomando una serie de píxeles vecinos, siendo las más sencillas la de primer orden, formada por los cuatro píxeles directamente conectados a él, y la de segundo orden, formada por los ocho píxeles que lo rodean. Una máscara bastante habitual es la máscara simétrica.

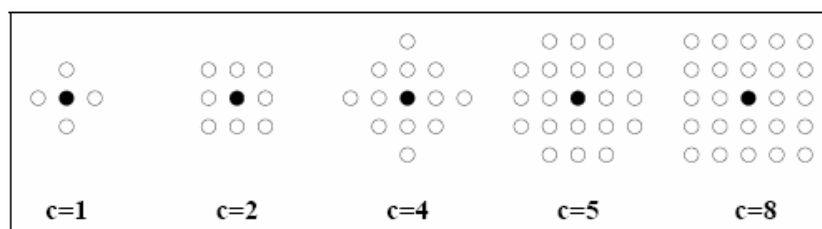


Figura 5: Máscaras de orden 1, 2, 3, 4, 5 y 8 que define la vecindad para el modelo de textura

#### 3.2.3.2 Fractales

El análisis de texturas basándose en fractales fue introducido por Pentland y muestra la correlación existente entre la dimensión fractal de una textura y su 'tosquedad'. La descripción fractal de texturas se basa en la determinación de la dimensión fractal.

La propiedad de **auto-similaridad** conlleva que la dimensión fractal de una imagen es independiente de la escala: un conjunto acotado  $A$  se dice que es auto-similar, si está constituido por la unión de  $N$  copias no solapadas y distintas de sí mismo, cada una de ellas escaladas con un factor  $r$ . La dimensión fractal correspondiente a dicha región viene dada por:

$$D = \frac{\log(Nr)}{\log(r^{-1})} \quad (1)$$

La **dimensión fractal  $D$**  da idea de la **rugosidad** de una superficie, de modo que cuanto mayor sea  $D$  más rugosa será la superficie.

### 3.2.4 Descriptores Probabilísticos

Por último, los descriptores probabilísticos son unos de los métodos más simples y se apoyan principalmente en **estadísticos del histograma** de niveles de gris de una imagen. Estos estadísticos pueden ser de Primer, Segundo o de Tercer orden:

**Primer orden:** las medidas texturales de primer orden son calculadas a partir de los valores de gris originales de la imagen y su frecuencia, como la media, varianza, desviación estándar. En estas medidas no se considera la relación entre los píxeles.

**Segundo Orden:** son las medidas que consideran la relación de co-ocurrencia entre grupos de dos píxeles de la imagen original y a una distancia dada.

**Tercer y más Orden:** se consideran las relaciones entre 3 o más píxeles. Si bien su cálculo es teóricamente posible, pero no se implementan porque requieren mucho tiempo de cálculo y su resultado es de difícil interpretación.

La matriz de co-ocurrencia para el cálculo de la textura que se describe en este trabajo es una medida basada en estadísticas de segundo orden. Mientras que se considera la energía y los parámetros del histograma como medidas estadísticas de primer orden.

Posteriormente se desarrolla este tema con mayor profundidad debido a la necesidad de explicar el uso de la **energía** y del **histograma** como características de la textura y a la cantidad de información que es posible obtener de la **matriz de co-ocurrencia**. Esta matriz cuenta con una amplia gama de descriptores para la caracterización de texturas, con la ventaja adicional de que puede ser aplicada a texturas de origen aleatorio o que no respondan a un patrón o serie de patrones determinados.

### 3.3 COMPARATIVA DE LOS MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN DE TEXTURAS

La siguiente tabla muestra un estudio comparativo de los distintos métodos vistos en el apartado anterior. De este modo se podrá justificar qué método es el más adecuado para este trabajo.

El método escogido es híbrido. Combinando la transformada *Wavelet* con los descriptores estadísticos. Se escogen los descriptores estadísticos porque son sencillos y permiten el análisis de texturas heterogéneas. Además, se combina con la transformada *Wavelet* que permite trabajar a varias escalas (con texturas de distintos tamaños) ya que realiza un análisis multirresolución y da una visión más cercana a la proporcionada por el ojo humano ya que separa los detalles de la textura según su orientación.

MÉTODOS		VENTAJAS	INCONVENIENTES
Descriptores espectrales	Fourier	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buenos resultados para imágenes de textura homogéneas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sólo es útil para texturas con patrones periódicos</li> <li>Sólo realiza análisis en frecuencia, no análisis temporal</li> </ul>
	Wavelet	<ul style="list-style-type: none"> <li>Única que permite el análisis multirresolución</li> <li>Realiza análisis multi-resolución que permite localizar en espacio y frecuencia</li> <li>No incrementa el número de datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevado coste computacional debido a que tiene varios niveles de descomposición</li> </ul>
Descriptores estructurales		<ul style="list-style-type: none"> <li>Resultados rápidos si la textura está formada por un elemento estructural reconocible por el sistema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No todas las texturas están formadas por elementos repetitivos</li> <li>Necesita memoria donde almacenar posibles elementos estructurales</li> </ul>
Descriptores basados en modelos	Cadenas de Markov	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resultados muy buenos para micro-texturas</li> <li>Interrelaciona píxeles vecinos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta complejidad computacional</li> <li>Necesidad de definir máscara adecuada</li> </ul>
	Fractales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buenos resultados para superficies rugosas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sólo es útil para texturas rugosas</li> </ul>
Descriptores estadísticos	1º orden - Energía e Histograma	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sencillos y rápidos</li> <li>Necesitan poca memoria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No tienen en cuenta la información dada por la posición relativa de los píxeles</li> </ul>
	2º orden - Matriz de Co-ocurrencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adecuada para texturas de origen aleatorio y que no respondan a un patrón determinado</li> <li>Tiene en cuenta la posición relativa de los píxeles entre sí</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta carga computacional</li> </ul>

Tabla 1: Estudio comparativo de los métodos de caracterización de texturas