

CAPÍTULO 7:

GRÁFICOS

En un sentido amplio, el término gráficos se utiliza para hacer referencia tanto a la tecnología hardware como software utilizadas en los sistemas informáticos para crear, modificar y mostrar imágenes almacenadas en formato digital.

En este sentido, los gráficos tienen una importancia fundamental en multimedia, no sólo porque permitan generar y mostrar imágenes, sino porque también proporcionan la base para mostrar imágenes en movimiento y texto.

En este Capítulo aprenderás a:

- Enumerar y definir los principales tipos de gráficos que se utilizan en Multimedia
 - Caracterizar los gráficos de mapa de píxeles
 - Caracterizar los gráficos vectoriales
 - Mostrar las ventajas y desventajas de las dos representaciones
-

ESQUEMA DEL CAPÍTULO 7: GRÁFICOS.

7.1 ¿QUÉ ES UN GRÁFICO EN MULTIMEDIA?.

7.1.1 Mapas de píxeles.

7.1.2 Gráficos vectoriales.

7.2 MAPAS DE PÍXELES.

7.2.1 Definición de mapa de píxeles.

7.2.2 Características de los mapas de píxeles.

7.2.3 Manipulación de los mapas de píxeles.

7.2.4 Formato de ficheros de mapa de píxeles y compresión.

7.3 GRÁFICOS VECTORIALES.

7.3.1 Definición de gráfico vectorial.

7.3.2 Características de los gráficos vectoriales.

7.3.3 Patrones de línea y de relleno.

7.3.4 Transformaciones y filtros.

7.3.5 Formato de ficheros vectoriales.

7.4 MAPAS DE PÍXELES FRENTE A GRÁFICOS VECTORIALES.

7.5 GRÁFICOS 3D.

7.5.1 Modelado 3D.

7.5.2 Rendering.

7.5.3 Software 3D.

APÉNDICE A – LA TRANSFORMADA DISCRETA DEL COSENO.

APÉNDICE B – CÓDIGOS HUFFMAN.

APÉNDICE C – ALGORITMO DE DE CASTELAU. CURVAS DE BÉZIER.

BIBLIOGRAFÍA.

7.1 ¿QUÉ ES UN GRÁFICO EN MULTIMEDIA?

Los gráficos son el componente esencial de la Multimedia. Una aplicación interactiva en la que no encontremos texto, pero disponga de imagen, sonido y tal vez animaciones difícilmente diremos que no es una aplicación Multimedia. Pero, si una aplicación interactiva, aún disponiendo de texto y sonido no dispone de elementos gráficos, nos resistiremos a calificarla como aplicación Multimedia.

Sin quitar importancia al resto de elementos Multimedia, podemos considerar que los gráficos, tanto estáticos como animados, son el elemento fundamental de la Multimedia

Existen dos tipos fundamentales de gráficos en Multimedia¹, los mapas de píxeles y los gráficos vectoriales.

7.1.1 Mapas de píxeles

La idea intuitiva de lo que entendemos por imagen se corresponde, de una manera bastante aproximada, con el concepto de mapa de píxeles. Un mapa de píxeles es una disposición bidimensional de elementos de color que reproduce un objeto real o sintético. La proximidad de los elementos de color y su pequeño tamaño, relativo al tamaño de la imagen a la que pertenecen, proporciona la apariencia de un continuo de color en la imagen.

Por ejemplo, la imagen de un círculo como un mapa de píxeles esta formada por un mapa de píxeles de tal modo que si un píxel pertenece al interior del círculo tendrá el color de relleno del círculo, y si no pertenece al interior, tendrá el color del fondo.

Las aplicaciones que crean y manipulan mapas de píxeles se llaman programas de pintado (painting programs).

7.1.2 Gráficos vectoriales

Los gráficos vectoriales están formados por un conjunto de primitivas geométricas tales como segmentos de recta, círculo, elipses, curvas de Bezier, etc. Estas primitivas describen el contenido de la imagen, la imagen se obtiene por la combinación de todos los elementos presentes en ella.

Siguiendo el mismo ejemplo que en el apartado de mapas de píxeles, la imagen de un círculo en un gráfico vectorial se describe geométricamente. De este modo, basta con almacenar el centro del círculo, su radio y el color de relleno.

Las aplicaciones que crean y manipulan gráficos vectoriales se llaman programas de dibujo (drawing programs).

7.2 MAPAS DE PÍXELES

Antes de definir qué es un mapa de píxeles hemos de definir qué es un píxel. El término píxel es la abreviación del inglés *picture element* (elemento de imagen). El píxel es la unidad mínima en una imagen, de este modo se convierte en una unidad de medida y podemos hablar del tamaño de una imagen en términos de la cantidad de píxeles que contiene. En un píxel se almacena la información de color de un punto en una imagen.

¹ Prácticamente estos son dos únicos tipos que se utilizan en Informática Gráfica.

7.2.1 Definición de mapa de píxeles

Un mapa es un modo de disponer información en dos dimensiones, generalmente un plano. A la información se accede seleccionando las coordenadas del punto. Así por ejemplo, en un mapa geográfico, un determinado punto se encuentra especificando su latitud y longitud y, a partir de ellas se obtiene el accidente geográfico, ciudad, carretera, etc. que en él se encuentre.

Un mapa de píxeles es una disposición bidimensional de tal modo que cada píxel se referencia mediante sus coordenadas x e y tomadas, generalmente como enteros. Puedes imaginar un mapa de píxeles como una rejilla o matriz donde cada celda, etiquetada con una pareja de enteros (x,y) , contiene un color.

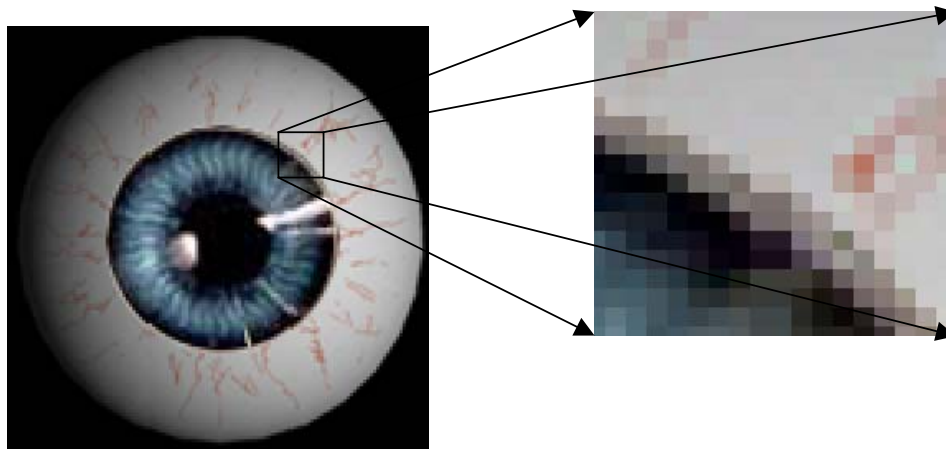


Figura 7.1: Un ejemplo de gráfico de mapa de píxeles y una región ampliada donde se aprecia el tamaño de los píxeles.

7.2.2 Características de los mapas de píxeles

Un concepto fundamental en los gráficos de mapa de píxeles es el de resolución. Podemos hablar de resolución espacial y resolución de color.

La resolución espacial puede hacer referencia tanto el número de puntos de color por pulgada², en el caso de impresoras, escanners y cámaras fotográficas, como al número de píxeles presentes en la imagen, en el caso de imágenes que se muestran en un monitor.

La resolución de color, también llamada profundidad de color, hace referencia al número de colores distintos que se encuentran en la imagen. Una imagen en blanco y negro tiene una resolución de un bit, cada uno de los píxeles de la imagen puede tener color blanco, el bit de color activado a 1, o negro, el bit de color activado a 0. También existen imágenes con resolución de 256 bits. Estos colores pueden ser 256 niveles distintos de gris o pueden ser un índice a una paleta de color, de tal modo de cada valor hace referencia a uno de los 256 colores posibles. Finalmente, existen imágenes con 24 bits de color (8 bits para cada una de las componentes RGB de color) en total más

² Exactamente es el número de puntos de color por pulgada cuadrada. En inglés dots per inch, dpi.

de 65 millones de colores distintos. A una imagen con 24 bits de color también se dice que posee color verdadero.

Ya que una imagen de mapa de píxeles almacena la información de color de cada una de los píxeles que componen la imagen, cuanto mayor sea una imagen más grande será el tamaño del fichero generado.

Las imágenes de mapa de píxeles se pueden obtener fácilmente a partir de cámaras fotográficas, escáneres, imágenes de vídeo o incluso de capturas de pantalla de un ordenador.

Un problema con este tipo de imágenes es la pérdida de calidad frente a un escalado. Ya que la imagen se obtiene a una determinada resolución se perderá calidad al aumentar o disminuir su resolución.

7.2.3 Manipulación de los mapas de píxeles

Usualmente una imagen capturada mediante una cámara digital o un escáner no tiene la suficiente calidad deseada. Un retrato obtenido mediante una cámara digital puede mostrar el indeseable efecto de ojos rojos³. Una imagen obtenida mediante un escáner puede estar demasiado oscura o presentar poco contraste. Por otro lado, los diseñadores gráficos desean manipular las imágenes digitales para obtener efectos difíciles de obtener con la óptica de las cámaras. Con ayuda de las herramientas de pintado es posible manipular las imágenes digitales con el fin de obtener los efectos deseados.

Manipular una imagen píxel a píxel resulta impracticable. La manipulación de imágenes de mapa de píxeles se hacen sobre regiones o áreas del mapa. El contorno de las regiones seleccionadas es típicamente un rectángulo, una circunferencia o una elipse. Estos contornos predefinidos no se ajustan, la mayoría de las veces, a las regiones que se desean manipular. Photoshop posee herramientas de selección de regiones más sofisticadas con las cuales es posible seleccionar regiones de contorno arbitrario.

En la Figura 7.2 se muestra el resultado tras una selección con la herramienta *Varita Mágica* de Photoshop. Esta herramienta es muy sencilla de utilizar, tras seleccionarla del panel de herramientas se hace un clic del botón del ratón sobre un píxel determinado. Todos los píxeles cercanos al seleccionado y con un color semejante, el valor de semejanza es un parámetro variable, se seleccionarán automáticamente.

Otra herramienta, disponible en Photoshop para seleccionar regiones, es el *Lazo Magnético*. Esta herramienta delimita una región siguiendo al cursor en la dirección de menor gradiente de color, es decir, a través de las aristas que limitan las zonas de color de una imagen. En la Figura 7.2 se muestra un ejemplo de utilización de esta herramienta. Una vez seleccionado el píxel de partida se desplaza el cursor a través del contorno imaginario que se desea. La herramienta seguirá al cursor a través de las aristas de color de la imagen. En la Figura 7.2 se muestra un ejemplo de selección con la ayuda del Lazo Magnético.

³ El efecto de ojos rojos en las retratos es debido a que la luz del flash se refleja en el fondo del ojo, de color rojo.

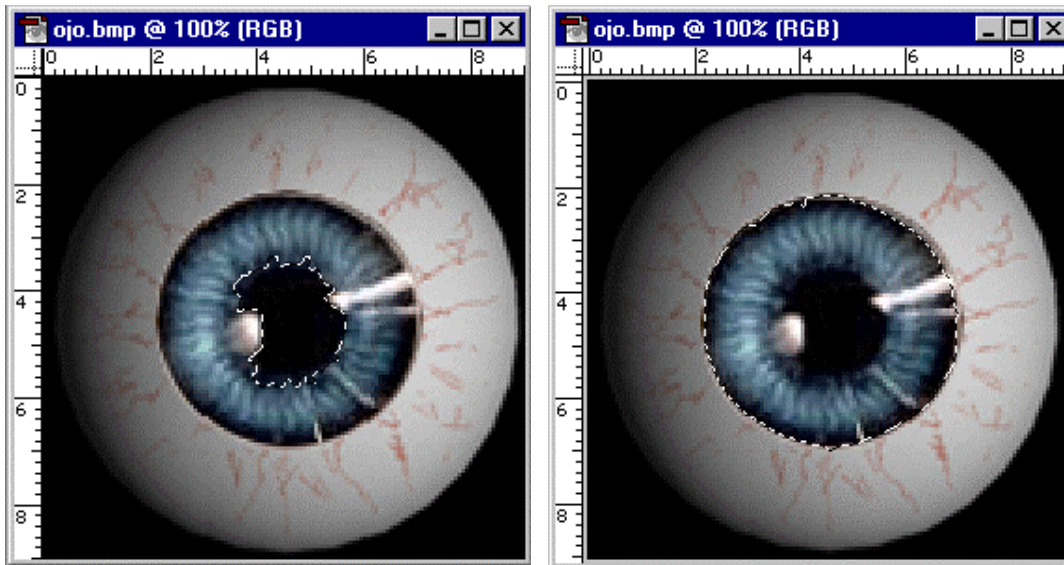


Figura 7.2: Izquierda, región seleccionada al utilizar la herramienta Varita Mágica en Photoshop. Derecha, región seleccionada al utilizar la herramienta Lazo Magnético en Photoshop.

Una vez se ha seleccionado una región esta se puede transformar teniendo únicamente en cuenta el valor del píxel o bien, teniendo en cuenta el valor del píxel y el de sus vecinos. Al primer tipo de transformación se le llama *transformación puntual de píxel*, al segundo tipo *transformación agrupada del píxel*.

Un ejemplo típico de transformación puntual de píxeles es el resaltado de una imagen mediante la ecualización de su histograma. Normalmente una imagen no posee una distribución uniforme de todos los colores, por ejemplo, la imagen de una amapola tendrá una mayor cantidad de colores cercanos al rojo que al azul o verde. Análogamente, una imagen oscura tendrá las tres componentes de color RGB sesgadas hacia valores bajos. Para resaltar una imagen oscura se puede utilizar la ecualización, que consiste en modificar la imagen de tal modo que los valores de color en la imagen se distribuyan uniformemente sobre todos los valores posibles. El histograma de una imagen indica cuantos píxeles de una imagen tienen el mismo color.

En la Figura 7.3 se muestra un ejemplo de imagen resaltada por ecualización de su histograma. El histograma de la imagen original está claramente sesgado hacia tonos de gris oscuros, la imagen aparece poco iluminada. La imagen ecualizada posee una distribución más uniforme sobre todos los niveles de gris, la imagen aparece resaltada, con más luz.



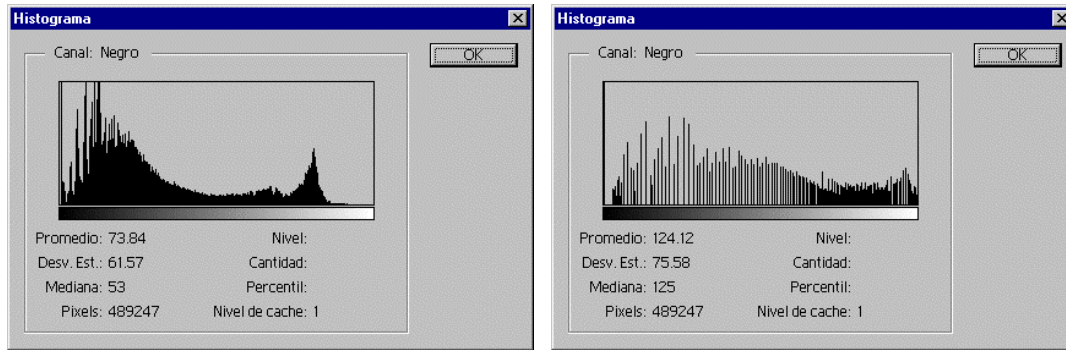


Figura 7.3: Imagen en blanco y negro resaltada por ecualización del histograma. En la parte inferior se muestran los histogramas de la imagen original y el de la imagen ecualizada.

En las transformaciones agrupadas de píxel, el color de cada píxel de la imagen final se calcula a partir del original y de una vecindad de este. Prácticamente la transformación se obtiene aplicando una máscara de convolución a la imagen original. La máscara de convolución se representa por una matriz. El valor de los elementos de la matriz determina el efecto sobre la imagen final.

En la Figura 7.4 se muestran algunos ejemplos transformación agrupada de píxeles y las matrices de convolución utilizadas.

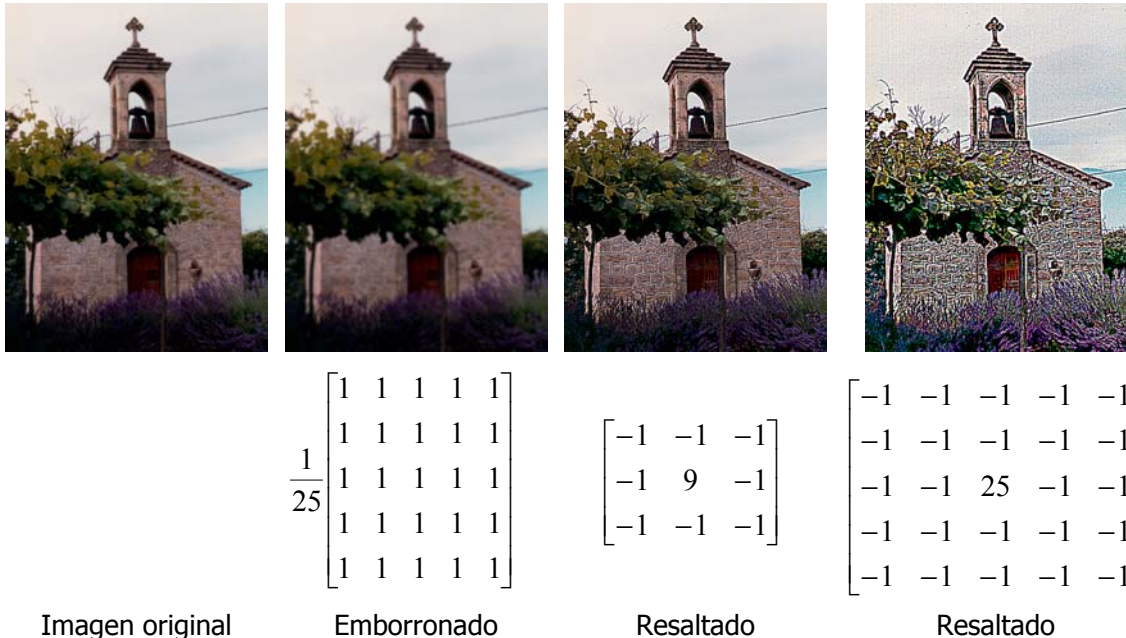


Figura 7.4: Algunos ejemplos de transformaciones agrupadas de píxeles.

El emborronamiento de una imagen es análogo a eliminar las frecuencias altas de la transformada de Fourier de la imagen es lo que se conoce como filtro pasa baja, las frecuencias bajas se respetan y las altas son eliminadas.

El resaltado de una imagen es análogo a eliminar las frecuencias bajas de la transformada de Fourier de la imagen, es lo que se conoce como filtro pasa alta, las frecuencias bajas son eliminadas y las altas se respetan.

Tanto en las transformaciones de emborronamiento como en las de resaltado se elimina información de la imagen original. Después de la transformación es imposible restablecer el original.

Otros tipos de transformaciones consisten en mover la posición de los píxeles dentro de la imagen. El resultado puede llegar a ser muy impactante.

El último tipo de transformaciones que comentaremos son las transformaciones geométricas. Dentro de este tipo se encuentran las translaciones, rotaciones y escalas de una imagen como operaciones más típicas. El problema es cómo obtener los píxeles de la imagen final a partir de los de la imagen inicial dada una cierta transformación. En la Figura 7.5 se muestra un ejemplo de imagen original y rotada.

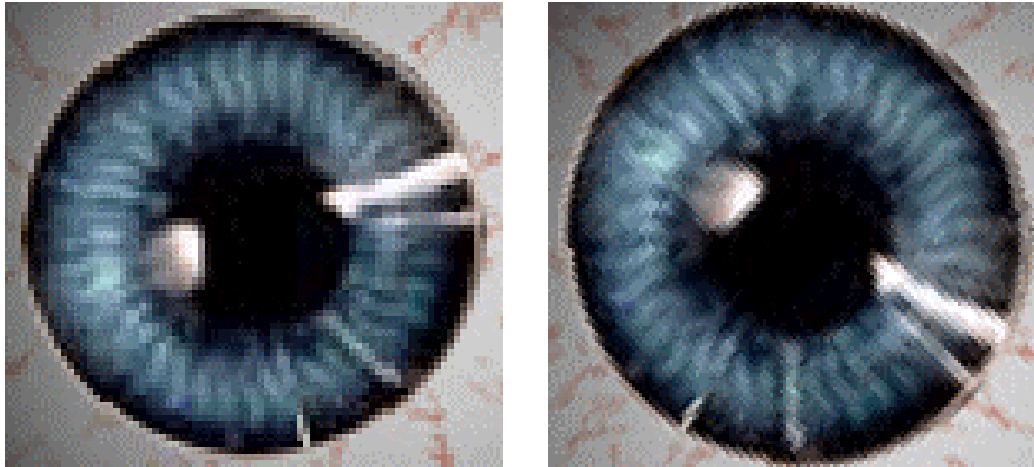


Imagen original

Imagen girada 45°

Figura 7.5: Imagen original e imagen girada 45°.

Si se calcula la imagen transformada tomando cada punto de la imagen original y aplicando la transformación varios píxeles de la imagen original se pueden transformar sobre el mismo píxel de la imagen final. El modo usual de efectuar una transformación es mediante el cálculo de la inversa de la transformación, es decir, para cada píxel de la imagen final se calcula cuál es el píxel que le corresponde en la imagen original. De este modo se reducen los cálculos. El problema aparece cuando un píxel de la imagen final se debe calcular tomando varios de la imagen original. En este caso se puede tomar el píxel más cercano en la imagen original, una interpolación bi-lineal de los píxeles implicados en la imagen original o, incluso, una interpolación bi-cúbica.

7.2.4 Formato de ficheros de mapa de píxeles y compresión

Una vez que una imagen se ha generado es deseable poder almacenarla para su posterior utilización. El modo en el que la información de la imagen es almacenada en un fichero es lo que se conoce como formato del fichero. El tamaño de las imágenes, en términos de número de píxeles, suele ser elevado. Por ejemplo, una imagen de 256 por 256 píxeles cada uno de los cuales puede tener una resolución de color de 24 bits da un tamaño de $256 \times 256 \times 2 = 196.608$ bytes (192 kb) lo cual es un tamaño considerable. Existen infinidad de formatos de ficheros gráficos [Referencia] que se pueden clasificar en dos grandes grupos, ficheros de imagen sin comprimir y ficheros de imagen comprimidos.

Ficheros de imagen sin comprimir

El modo más sencillo de almacenar la información de un mapa de píxeles es simplemente almacenar las componentes de color RGB de cada píxel cuando la imagen se recorre de izquierda a derecha y de arriba a abajo. Este es el formato utilizado en los ficheros BMP y TGA.

Este método es claramente ineficiente si pensamos, por ejemplo, en el modo en que se almacenará la imagen de la Figura 7.6, esta imagen no es más que un cuadrado negro sobre fondo blanco. Almacenar esta imagen con formato BMP o TGA supone almacenar una serie consecutiva de los mismos valores. Si identificamos el color negro con el valor 0 y el blanco con el 1, el fichero que representa esta imagen es: 000000000000000000001111000011110000111100001111000000000000000000.

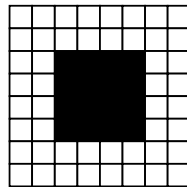


Figura 7.6: Imagen en blanco y negro. Un cuadrado negro sobre fondo blanco.

Ficheros de imagen comprimidos sin pérdidas

Un método alternativo es indicar antes de una secuencia de un mismo valor repetidos, cuantas veces se repite el valor, de este modo la imagen de la Figura 7.6 se puede almacenar como 18 0 4 1 4 0 4 1 4 0 4 1 4 0 4 1 18 0, que es claramente más compacto que la representación bmp. Este algoritmo de codificación se conoce con su nombre inglés Run Length Encoding (RLE) y es el utilizado en los ficheros de tipo PCX, TGA y TIFF. Con este tipo de codificación se pueden conseguir factores de compresión de entre 2:1 y 5:1, dependiendo de la imagen.

Otro tipo de codificación sin pérdidas es el algoritmo LZW, nombre que toma de sus inventores Araham Lempel, Jacob Ziv y Terry Welch. Este algoritmo está basado en el uso de un diccionario, veámoslo con un ejemplo. Supongamos la secuencia de valores

5 6 2 5 7 4 2 5 7 8 7 5 3 6 8 8 5 3 1

puede sustituirse por la secuencia

5 6 a 4 a 8 7 b 6 8 8 b 1 (donde a = 2 5 7 y b = 5 3)

Evidentemente, los factores de compresión serán más elevados cuanto más experto sea el algoritmo que encuentra los patrones. Esta codificación es la utilizada en los formatos de fichero GIF, Postscript y TIFF, el inconveniente es que el algoritmo está registrada y se necesita licencia para su utilización. Una variante de este algoritmo es utilizada por la popular herramienta de compresión PKZIP.

Otra alternativa es almacenar un valor base y el resto de valores hacen referencia a este más un desplazamiento. Esta codificación es efectiva en ficheros de imagen con valores de color muy cercanos, así, por ejemplo, la secuencia

55 58 56 53 58 57 59 59

se puede codificar como

55 3 1 -2 3 2 4 4

Este tipo de codificación se conoce como diferenciación y con el se pueden obtener tasas de compresión de entre 1.5:1 3:1. Una variante de este método se utiliza en los ficheros JPEG y MPEG sin pérdidas.

Ficheros de imagen comprimidos con pérdidas

Una imagen es un conjunto de puntos que contienen información de forma y color que el cerebro interpreta filtrando ciertas señales o modificando ciertas formas en función del contexto. Por ejemplo, un punto negro sobre fondo blanco parece más pequeño que un punto blanco del mismo tamaño sobre fondo negro. La Figura 7.7 muestra este caso. Los algoritmos de compresión utilizan las particularidades de la cadena de percepción ojo-cerebro para jerarquizar los datos, lo que permite suprimir gracias a un filtrado apropiado los que son redundantes o no se perciben.

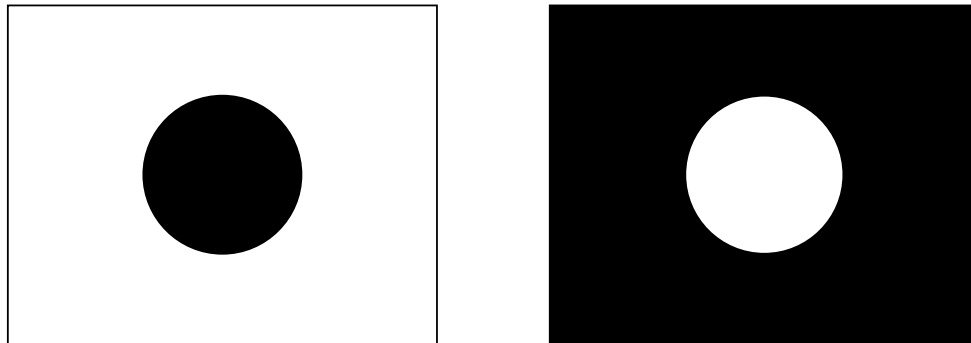


Figura 7.7: Los dos círculos son del mismo tamaño, pero, aparentemente, el círculo blanco parece mayor.

Tras la compresión sólo queda en la imagen la información relevante para el cerebro humano, sin alterar la calidad subjetiva del resultado.

Los tres principales tipos de compresión con pérdidas que existen son la compresión JPEG, la transformada Wavelet y la compresión fractal. Sólo trataremos la compresión JPEG por ser la más extendida.

La idea base de la compresión JPEG es eliminar de la imagen la información irrelevante para el cerebro. Como sabemos la información irrelevante es la de los bordes. Los bordes en una imagen aparecen como valores altos de frecuencias en la transformada discreta del coseno⁴. Eliminar los valores altos de frecuencia disminuye la cantidad de información sin que se pierda calidad en la imagen.

Más detalladamente, los pasos en la compresión JPEG son:

- 1º.- La imagen original se subdivide en regiones de 8x8 píxeles.
- 2º.- Sobre cada una de estas regiones se efectúa la transformada discreta del coseno. La transformada discreta del coseno cambia la información contenida en la imagen del espacio de color al espacio de frecuencias.
- 3º.- La matriz de frecuencias se multiplica por la matriz de la Figura 7.8, obtenida empíricamente. Es en este momento cuando se eliminan las componentes de alta frecuencia. La matriz resultante está libre de frecuencias altas.

⁴ Ver Apéndice A

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

Figura 7.8: Matriz de cuantificación utilizada en la compresión JPEG.

4º.- La matriz resultante se ordena en zig-zag, de la Figura 7.9, empezando desde el elemento (0,0) hasta el elemento en la posición (7,7).

1	2	6	7	15	16	28	29
3	5	8	14	17	27	30	43
4	9	13	18	26	31	42	44
10	12	19	25	32	41	45	54
11	20	24	33	40	46	53	55
21	23	34	39	47	52	56	61
22	35	38	48	51	57	60	62
36	37	49	50	58	59	63	64

Figura 7.9: Ordenación en zig-zag. Los número indican el orden de la secuencia.

5º.- La cadena así obtenida se comprime mediante un código de Huffman⁵.

La compresión JPEG alcanza tasas de compresión 10:1 sin pérdida de la calidad. Una imagen con 24 bits de color por píxel se puede comprimir utilizando 2.25 bits por píxel.

Una de las ventajas de utilizar la transformada discreta del coseno es que la transformación desde el espacio de frecuencias al espacio de color utiliza la misma fórmula.

Ventajas e inconvenientes de la compresión con pérdidas

La principal ventaja de la compresión con pérdidas es la elevada tasa de compresión frente a la compresión sin pérdidas. Además esta tasa es un parámetro que se define en el momento de la compresión. Como ya sabemos se pueden alcanzar compresiones de 10:1 sin pérdida perceptible de la calidad.

La principal desventaja de la compresión con pérdidas es su irreversibilidad, la información que se elimina durante la compresión se pierda y por lo tanto, ya no se puede recuperar la imagen original.

La Figura 7.10 muestra el resultado de una imagen comprimida con el algoritmo JPEG. La tasa de compresión es la suficientemente elevada como para que se perciba pérdida de la calidad. La imagen de la izquierda es la resta de la imagen original y la comprimida. En la resta se comprueba claramente que la información que se ha perdi-

⁵ Ver Apéndice B

do en los bordes, la imagen comprimida aparece difuminada, las altas frecuencias se han filtrado.



Figura 7.10: Resultado de utilizar una tasa elevada en la compresión JPEG. La imagen comprimida aparece difuminada. La última imagen es la resta de las dos primeras.

7.3 GRÁFICOS VECTORIALES

Los gráficos vectoriales, en contra posición a los gráficos de mapa de píxeles, no contienen información de la imagen final, sino información de cómo se crea la imagen final. La información de una imagen vectorial necesita ser interpretada antes de poder construir con ella una imagen.

7.3.1 Definición de gráficos vectoriales

Los gráficos vectoriales describen el contenido de una imagen como un conjunto de primitivas geométricas. El conjunto de primitivas geométricas base son, típicamente, segmento de recta, circunferencias, elipses, arcos de circunferencia y elipse y curvas paramétricas de Bézier.

La imagen final se crea interpretando la información almacenada en el fichero

7.3.2 Características de los gráficos vectoriales

Los gráficos vectoriales, al estar formados por una descripción matemática de la imagen son, en general, más compactos que los gráficos de mapa de píxeles. El tamaño de los ficheros depende de el número de primitivas de dibujo que forman la imagen final.

En contrapartida, antes de la creación de la imagen final, la información almacenada en el fichero debe ser interpretada.

Las transformaciones geométricas aplicadas a estos ficheros son muy sencillas de implementar, basta aplicarlas a cada primitiva geométrica que describe la imagen final. Otra característica interesante es que las imágenes de gráficos vectoriales mantienen la calidad frente a escalados, la calidad de la imagen es independiente de su tamaño.

7.3.4 Curvas paramétricas de Bézier

Las primitivas básicas de los gráficos vectoriales segmento de recta, circunferencia y elipses, no son lo suficientemente flexibles como para poder diseñar curvas sofisticadas en tres dimensiones. Curvas de un orden mayor que dos, circunferencias y elipses son

cuádricas de grado dos, dan más flexibilidad a la hora del diseño de curvas. El grado adecuado para las curvas es tres, un orden mayor las hace inmanejables en la práctica y un menor, como hemos visto es poco flexible.

¿Cuál es el mejor modo de representar las curvas cúbicas?. Las posibles opciones son como funciones explícitas, donde una coordenada es libre y las dos restantes son función de la primera. Por ejemplo, la función explícita de una hélice en tres dimensiones viene dada por:

$$x = f(z) = \cos(z)$$

$$y = f(z) = \sin(z)$$

$$z = z$$

donde la z es un parámetro libre y x e y se calculan a partir de ella.

Los inconvenientes de utilizar este tipo de representación es que no se pueden varios valores de x e y para un único valor de z . Es difícil representar curvas con tangente infinita. Y que no son invariantes bajo rotación.

La segunda opción es representarlas como ecuaciones implícitas, es decir, como una combinación algebraica de potencias de x, y, z . Por ejemplo:

$$f(x, y, z) = x^2 + y^2 = 0$$

es la ecuación de una circunferencia.

Los inconvenientes de esta representación es que, a veces, se tienen más soluciones que las deseadas. Es difícil calcular la tangente.

La tercera opción es utilizar una representación paramétrica. En una representación paramétrica las tres coordenadas son función de un parámetro que toma valores en un determinado intervalo, usualmente entre cero y uno. Por ejemplo

Este es la representación de curvas que utilizan los programas de dibujo, como por ejemplo Flash de Macromedia. En este programa de dibujo, y en muchos otros, una curva paramétrica de Bézier tiene dos puntos de anclaje, los puntos inicial y final de la curva, y dos puntos de control. Los dos puntos de control sirven para indicar la tangente a la curva en los puntos inicial y final. Inicialmente la creación de contornos mediante curvas de Bézier resulta poco intuitiva, pero, tras un corto entrenamiento, su utilización resulta sencilla, el esquema es muy potente y los resultados son estéticamente muy agradables.

En el Apéndice C se muestra una deducción de las curvas de Bézier paramétricas debida a de Casteljau.

7.3.3 Patrones de línea y de relleno

Una vez que se ha definido una primitiva, por ejemplo una curva de Bézier, en un gráfico vectorial, se ha de dibujar. El dibujo de una curva se realiza tomando un patrón para la línea. El más usual es el patrón sólido con lo que la curva aparece continua. No obstante es posible utilizar otros tipos de patrones para líneas, como punteados o de segmento. La figura 7.11 muestra varios patrones posibles de línea.

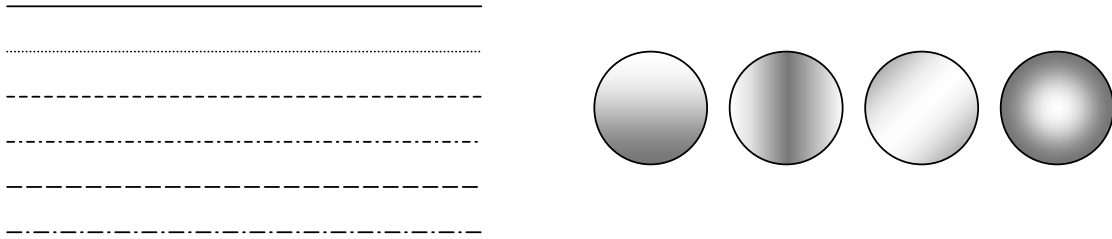


Figura 7.11: Varios ejemplos de patrones de línea y de relleno.

Las curvas cerradas, y las abiertas si suponemos que el punto final de la curva se conecta con el inicial mediante un segmento, pueden, así mismo, rellenarse con un patrón que puede ser sólido, degradado o bien un mapa de píxeles. En la Figura 7.11 se muestran varios patrones de relleno para un círculo.

7.3.4 Transformaciones y filtros

Las transformaciones más usuales sobre primitivas vectoriales son la traslación, la rotación, el escalado y la cizalla. En la Figura 7.12 se muestra un ejemplo de cada una de estas transformaciones.

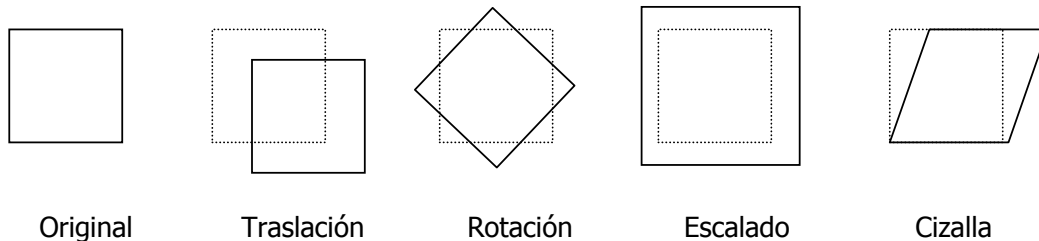


Figura 7.12: Algunos ejemplos de transformaciones geométricas sobre un cuadrado.

Aplicar una transformación sobre una curva de Bézier es tan sencillo como aplicar la transformación sobre cada uno de sus puntos de control y construir la curva transformada a partir de ellos.

Finalmente, los filtros son transformaciones que se pueden aplicar a las imágenes vectoriales para minimizar el aspecto demasiado frío de los gráficos vectoriales y dotarles de un aspecto más orgánico.

7.3.5 Formatos de ficheros vectoriales

Como ya sabemos las imágenes vectoriales son una descripción, en términos matemáticos, de objetos que componen la escena. Entre los formatos más populares se encuentran los ficheros Postscript de Adobe. Los ficheros de Macromedia Flash (.swf). Los ficheros Scalable Vector Graphics del World Wide Web Consortium (.svg). Y, los ficheros de AutoCad (.dxf)

7.4 MAPAS DE PÍXELES FRENTE A GRÁFICOS VECTORIALES

La decisión de utilizar uno u otro tipo de gráficos en Multimedia debe estar basada en el tipo específico de sistema multimedia que se va a construir. Las imágenes utilizadas en una página Web no tienen las mismas características que la imágenes utilizadas en un CD interactivo. La tasa de transferencia a través de Internet es muy inferior a la tasa de transferencia de los dispositivos lectores de CD o DVD actuales. El tamaño final de la imagen es el criterio fundamental cuando se trabaja en Multimedia para Internet. Esta restricción no existe en el caso del diseño de un CD o DVD interactivo.

En la Tabla 7.1 se muestran algunas de las diferencias entre los gráficos de mapa de píxeles y los gráficos vectoriales.

MAPAS DE PÍXELES	GRÁFICOS VECTORIALES
• Almacenan la información de cada píxel. • El tamaño del fichero es función del tamaño de la imagen. • Se pueden obtener a partir de un original. • Manipulación de la imagen basada en la manipulación de los píxeles. • Pérdida de calidad frente a un escalado.	• Descripción matemática. • El tamaño del fichero es función del número de elementos en la imagen. • Interpretados. • Transformaciones geométricas. • Mantienen la calidad frente a escalados.

Tabla 7.1: Algunas características de los mapas de píxeles frente a los gráficos vectoriales.

Los programas de dibujo poseen cada vez más características propias de los programas de pintado y viceversa. Es posible en herramientas de pintado, como Photoshop, utilizar curvas paramétricas de Bézier. Y al contrario, es posible utilizar mapas de píxeles en herramientas de dibujo, como Flash.

Por otro lado, es posible efectuar la conversión entre los dos tipos de gráficos. Siempre es posible obtener una imagen de mapa de píxeles a partir de un gráfico vectorial, para ello lo único que se debe hacer es fijar el tamaño del mapa de píxeles final. A este proceso se le llama *rasterizing* en inglés. La conversión de un mapa de píxeles a un gráfico vectorial no siempre da buenos resultados, y usualmente, el número de primitivas que se obtienen tras la conversión es muy elevado.

7.5 GRÁFICOS 3D

La complejidad en la creación y el tratamiento de los gráficos aumenta radicalmente cuando se trata de gráficos en tres dimensiones. Añadir una tercera dimensión a los gráficos nos es únicamente realizar cálculos con una coordenadas más. Tener gráficos en tres dimensiones implica trabajar con objetos sólidos, muchas veces limitados por superficies. Estos objetos se pueden ocultar unos a otros, pueden existir iluminación en la escena con lo que necesariamente se ha de hacer un cálculo de iluminación para determinar el color de los objetos. El uso de la iluminación también conlleva el cálculo de sombras arrojadas. Y un sin fin de detalles más que no están presentes en un mundo en dos dimensiones.

7.5.1 Modelado 3D

La construcción de los objetos que aparecen en una escena en tres dimensiones es lo que se conoce como modelado. Entre las técnicas de modelado 3D destacan la Geometría Sólida Constructiva (Constructive Solid Modeling o CSG), el Modelado Libre de Formas (Free Form Modeling) y el Modelado Procedural (Procedural Modeling).

En la Geometría Sólida Constructiva se parte de unas primitivas básicas como son el cubo, la esfera, el cilindro, etc. También se dispone de un conjunto de operaciones booleanas básicas como son la unión, la intersección, la resta, etc. Entre los objetos y las operaciones se pueden establecer una jerarquía. La Figura 7.x muestra un ejemplo de objeto modelado mediante CSG.

La primitiva básica en el Modelado Libre de Formas es el parche. Un parche no es más que un objeto de dos dimensiones en un espacio de tres dimensiones. Usualmente los parches son superficies de Bézier. Las operaciones básicas de que se dispone son la extrusión y el contorneado.

En el Modelado Procedural los objetos no se describen matemáticamente si no indicando como se obtienen. Un ejemplo típico de Modelado Procedural son los objetos fractales. Para construir un objeto fractal no se da su ecuación, si no el procedimiento por el cual se obtienen.

7.5.2 Rendering

Al proceso por el cual se obtiene una imagen a partir de la descripción de una escena en tres dimensiones se le llama rendering, en inglés.

APÉNDICE A – LA TRANSFORMADA DISCRETA DEL COSENO

La transformada discreta del coseno es una operación matemática que, a partir de una imagen en gris (espacio de amplitudes) obtiene sus componentes armónicas en el espacio de las frecuencias. El concepto es el mismo que el de la transformada de Fourier para una señal acústica.

Se llama discreta porque se aplica a imágenes cuyas medidas de ancho y alto son potencias de dos.

La ventaja de la transformada discreta del coseno frente a la transformada de Fourier es que la transformada de coseno es su propia inversa, es decir, que para restaurar la imagen a partir de su transformada del coseno, la operación que se aplica es la misma.

$$DCT_{uv} = \frac{1}{\sqrt{2N}} C_u C_v \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} p_{xy} \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right]$$

$$C_u, C_v = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{para } u, v = 0 \\ 1 & \text{otro caso} \end{cases}$$

Ecuación 7.1: Expresión para el cálculo de la transformada discreta del coseno.

La operación que se aplica a la imagen viene dada por la expresión de la Ecuación 7.1, donde los sumatorios se extienden a todas las posiciones en el espacio de la ima-

gen. En la matriz transformada, los valores que corresponden a frecuencia elevadas se agrupan en torno a la esquina inferior derecha de la matriz, elemento (7,7). Los correspondientes a valores de frecuencia pequeños en torno a la esquina superior izquierda de la matriz, elemento (0,0).

APÉNDICE B – CÓDIGOS HUFFMAN

Los códigos de Huffman (su inventor) asignan un código de longitud variable a cada posible dato, de modo que los valores que ocurren con mayor frecuencia tienen códigos de menor longitud y viceversa. Dada la probabilidad de que un valor dado ocurra, el algoritmo de Huffman puede crear automáticamente una asignación de códigos.

El concepto es sencillo de expresar gráficamente: ordenados los valores de mayor a menor probabilidad, se dibuja un árbol binario que los relaciona, de modo que todos los valores están en hojas y cuanto más probabilidad tenga cada valor más cerca está de la raíz. Cada una de las ramas descendiente de un nodo dado se etiqueta con un 1 o un 0, y el código Huffman de cada valor es la enumeración de 1s y 0s desde la raíz hasta él. Para dibujar el árbol se empieza por los códigos de menor probabilidad y se van uniendo en pequeños árboles y sumando sus probabilidades, de modo que siempre se unen los dos nodos con menor probabilidad. En la Figura 7.13 se muestra un ejemplo de asignación de códigos de Huffman.

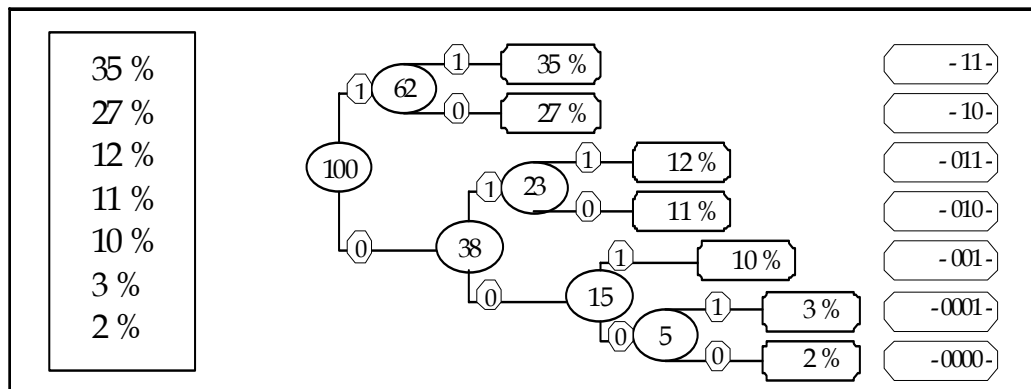


Figura 7.13: Ejemplo de asignación de códigos de Huffman.

APÉNDICE C – ALGORITMO DE De CASTELJAU. CURVAS DE BÉZIER

Antes de deducir las ecuaciones paramétricas de Bézier para curvas de tercer grado, veamos el algoritmo de de Castejau para obtener las ecuaciones paramétricas de segundo grado.

Supongamos que tenemos dados tres puntos P_0 , P_1 y P_2 y que los unimos con dos segmentos como en la Figura 7.x. Supongamos un punto A que se mueve uniformemente sobre el segmento que une P_0 con P_1 de tal modo que en $t = 0$ el punto se encuentra sobre P_0 y en $t = 1$ el punto se encuentra sobre P_1 . La ecuación que describe este movimiento viene dada por la Ecuación 7.2. Hagamos lo mismo para un punto B que se desplaza sobre el segmento que une P_1 con P_2 . Ahora, para cada instante entre 0 y 1, tracemos un segmento que una el punto A con el B y sobre este segmento consideremos un nuevo punto P que sigue el mismo comportamiento es decir que para $t =$

0 P está sobre A, donde quiera que A se encuentre, y que para $t = 1$ P está en B, donde quiera que B se encuentre.

Ahora sustituyamos las expresiones de $A(t)$ y $B(t)$ en $P(t)$. Si dibujamos la curva $P(t)$ para valores de t entre 0 y 1, dibujaremos una cuádrica, tal y como indica la Ecuación 7.3.

$$A(t) = (1-t)P_0 + tP_1 \quad \text{Ecuación 7.2}$$

$$B(t) = (1-t)P_1 + tP_2$$

$$\begin{aligned} P(t) &= (1-t)A(t) + tB(t) = \\ &= (1-t)[(1-t)P_0 + tP_1] + t[(1-t)P_1 + tP_2] = \\ &= (1-t)^2P_0 + 2t(1-t)P_1 + t^2P_2 \end{aligned} \quad \text{Ecuación 7.3}$$

A este algoritmo de construcción de una cuádrica se le llama algoritmo de de Casteljau en honor a Paul de Casteljau que lo ideó en 1959 y que en 1962 e independientemente fue redescubierto por Pierre Bézier.

A los polinomios en t que multiplican a P_0 , P_1 y P_2 se le llaman polinomios de Bernstein de grados dos y se obtienen desarrollando la expresión $[(1-t)+t]^2$

De modo análogo, la ecuación paramétrica de tercer orden se obtiene a partir de cuatro puntos unidos por tres segmentos tal y como se muestra en la Figura 7.x. Sea $A(t)$ un punto sobre el segmento P_0 y P_1 de tal modo que en $t = 0$ esté sobre P_0 y en $t = 1$ esté sobre P_1 . De modo análogo se definen $B(t)$ sobre el segmento que une a P_1 con P_2 y $C(t)$ sobre el segmento que une a P_2 con P_3 . Sea $D(t)$ un punto sobre $A(t)$ y $B(t)$ con el mismo comportamiento y $E(t)$ sobre $B(t)$ y $C(t)$. Y finalmente $P(t)$ sobre el segmento que une $D(t)$ y $E(t)$. Si efectuamos todas las sustituciones, como en el caso de la cuádrica, llegamos a que:

$$P(t) = (1-t)^3P_0 + 3t(1-t)^2P_1 + 3t^2(1-t)P_2 + t^3P_3 \quad \text{Ecuación 7.4}$$

es la ecuación de una curva paramétrica de tercer grado o curva de Bézier.

BIBLIOGRAFÍA

Los capítulos 3,4 y 5 de [Chapman2000] presentan una revisión somera de los gráficos utilizados en Multimedia.

[Hill2001] y [Angel2000] presenta una deducción intuitiva del algoritmo de de Casteljau para curvas cuádricas y cúbicas. También presenta de forma muy clara otros tipos de curvas paramétricas utilizadas en diseño 2D.

Una demostración matemática de la obtención de las curvas de Bézier, Hermite y otras curvas se puede encontrar en el libro clásico sobre Informática Gráfica [Folye1993].

Existe una extensa bibliografía en torno al aprendizaje de herramientas pintado como Photoshop y de dibujado como Freehand y Flash.