



# Informe técnico

**Serie GeForce 6:**  
Alto rendimiento y calidad  
para efectos visuales complejos



# Imágenes más nítidas y detalladas con la serie GeForce 6

La serie de unidades de procesamiento gráfico (GPU) NVIDIA® GeForce™ 6 eleva la producción de imágenes de alta calidad a nuevas cotas de rendimiento y precisión que permiten aumentar la espectacularidad de los efectos visuales renderizados en tiempo real. Esta nueva generación de GPUs introduce una novedosa arquitectura superescalar que proporciona más operaciones por ciclo de reloj, con lo que elimina el tradicional conflicto entre velocidad y calidad, al tiempo que eleva la categoría de los efectos que es posible obtener. Con soporte de operaciones de coma flotante de 32 bits en todo el canal de gráficos, la serie GeForce 6 proporciona imágenes de calidad cinematográfica con color de 128 bits. De esta forma, los programadores pueden trabajar habitualmente con el formato de 16 bits para mayor productividad y cambiar con facilidad al modo de alta precisión cuando la acción o la escena requiera efectos de mayor impacto y verosimilitud.

La nueva tecnología de filtrado y mezcla de texturas de 64 bits de NVIDIA, que forma parte de la arquitectura de la serie GeForce 6 y está basada en la norma OpenEXR elaborada por Industrial Light & Magic (<http://www.openexr.com/>), contribuye a incrementar la calidad de las imágenes fijas y en movimiento. Gracias a esta tecnología, el movimiento es más suave y se incrementa el detalle de las texturas. Los productos de la serie GeForce 6 también incluyen un nuevo sistema de antialiasing con rotación de cuadrícula (*rotated grid*) que mejora los bordes de los polígonos al admitir un nivel mayor de cobertura en los valores de subpíxeles. El resultado es una reproducción más exacta de los colores de los píxeles que da a los bordes de los polígonos mayor nitidez y definición.

Este documento proporciona una visión general de la arquitectura de las GPU GeForce 6, los mecanismos que incorpora para mejorar la calidad de la imagen y los efectos y técnicas que proporciona.

## Diseño superescalar

La serie GeForce 6 introduce una novedosa arquitectura de sombreado que, gracias a dos unidades de sombreado por píxel, puede duplicar el número de operaciones de píxeles ejecutadas por ciclo de reloj (Figuras 1 y 2). Esta mejora del rendimiento da lugar a un elevado número de cálculos y operaciones de píxeles de gran complejidad cuyo resultado son unos efectos de gran impacto visual y un nuevo nivel de sofisticación de las imágenes en juegos de acción rápida y otras aplicaciones interactivas.

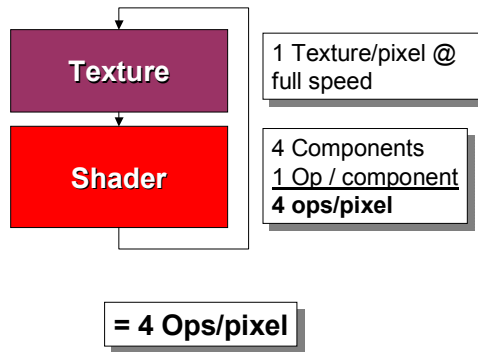


Figura 1. Las arquitecturas de sombradores no escalares proporcionan una sola unidad de sombreado y únicamente pueden procesar cuatro operaciones por ciclo de reloj.

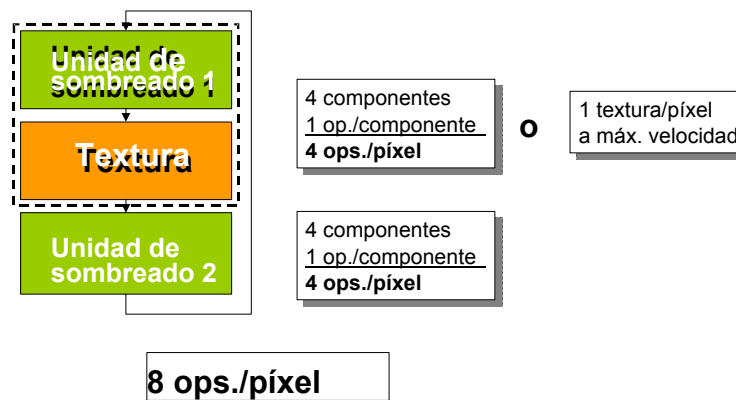


Figura 2. Cada GPU GeForce 6 incluye una arquitectura superescalar que, gracias a una segunda unidad de

## sombreado, duplica el número de operaciones de píxeles por ciclo de reloj.

Con dos unidades de sombreado, la arquitectura de la serie GeForce 6 soporta auténtico procesamiento doble: ejecución de dos instrucciones en diferentes unidades durante el mismo ciclo de reloj. Algunos fabricantes y diseñadores tratan de atribuir más valor al diseño no escalar basado en un solo sombreador alegando que soportan dos instrucciones en el mismo ciclo de reloj. Pero las diferencias entre las dos soluciones son considerables. En la arquitectura con un único sombreador sólo se ejecutan dos instrucciones en la misma unidad de sombreado (Figura 3) y ambas operan sobre componentes de la misma palabra o píxel. Por el contrario, la arquitectura de la serie GeForce 6 proporciona una velocidad de cálculo muy superior sobre los componentes de los píxeles. Durante cada ciclo, las dos unidades pueden ejecutar un total de cuatro instrucciones por ciclo de reloj, que suman un total de ocho operaciones por píxel.

**Nota:** Las “Instrucciones” son órdenes suministradas al hardware que pueden operar sobre varios componentes de un píxel y requieren múltiples operaciones. Las “Operaciones” son las funciones matemáticas realizadas para ejecutar una instrucción.

Además de mejorar la velocidad de cálculo, la arquitectura de las GPU GeForce 6 aumenta la flexibilidad de programación. Las operaciones se pueden realizar con cada componente de los píxeles de forma independiente o en grupos de dos, tres o cuatro componentes por operación. Esta capacidad para definir grupos abre paso a nuevas técnicas de programación y facilita la implementación de operaciones matemáticas complejas que dan origen a una nueva generación de efectos visuales.

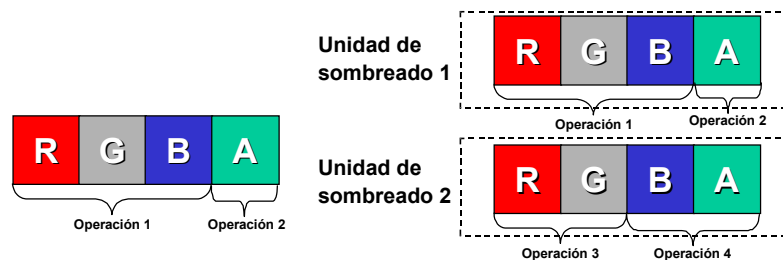


Figura 3. Arquitecturas tradicionales (izquierda) frente a la arquitectura superescalar de NVIDIA (derecha).

En resumen, la arquitectura superescalar puede ejecutar un total de cuatro instrucciones y ocho operaciones por píxel, frente a las dos instrucciones y dos

operaciones permitidas por las arquitecturas tradicionales. En la Figura 3 puede observarse cómo las arquitecturas tradicionales (representadas en el lado izquierdo) sólo admiten dos instrucciones por píxel en cada ciclo de reloj y, en algunos casos, con la limitación de tener que agrupar los componentes del píxel en cada operación. Por su parte, la arquitectura superescalar de NVIDIA (a la derecha) puede ejecutar cuatro instrucciones por píxel en cada ciclo, con total flexibilidad para agrupar o no los componentes del píxel.

---

## Precisión de 32 bits nativa

La arquitectura de GeForce siempre ha permitido a los desarrolladores elegir el nivel de precisión que necesitasen para cada imagen o escena. Ahora la elección es más sencilla porque la disminución del rendimiento asociada a la precisión de 32 bits en operaciones de coma flotante ha quedado eliminada.

Los desarrolladores pueden seguir utilizando el modo de 16 bits cuando necesitan más espacio en memoria, pero pueden obtener la máxima calidad de imagen en tiempo real cuando la ocasión lo requiere. De esta forma, los usuarios disfrutarán de una experiencia gráfica más rica y nítida, en tanto que los desarrolladores tendrán las herramientas necesarias para diferenciarse de su competencia.

---

## Filtrado y mezcla de texturas de 64 bits

El filtrado y mezcla de texturas de 64 bits de NVIDIA representa un importante avance en el intento de obtener gráficos con calidad fotográfica. Este tipo de renderizado de alto rango dinámico proporciona al usuario atmósferas y efectos extraordinariamente fieles a la realidad, tal y como se desprende de las imágenes de la Figura 4, en las que puede apreciarse la intensidad de la luz del sol y la riqueza de los tonos oscuros.



Imagen cedida por Paul Debevec

Figura 4. Ejemplo de iluminación con alto rango dinámico. La intensidad de la luz blanca es muy alta pero se conserva el detalle de las vetas oscuras del mármol en la parte inferior.

En el pasado, numerosas barreras impedían este tipo de renderizado. Los buffers de gráficos del ordenador utilizaban escalas lineales para la visualización de diferentes intensidades de color. A esto se añadía que los típicos buffers de gráficos de 32 bits por píxel sólo proporcionaban 256 valores por componente de color para representar la gama completa de colores, lo que no bastaba para representar todas las variaciones de tonos de las imágenes. Por tanto, los desarrolladores se veían obligados a buscar soluciones creativas para proporcionar este tipo de gráficos, lo cual incluía utilizar costosas conversiones (como RGBE) en el sombreador de píxeles, desechar técnicas incompatibles que hubieran sido de gran utilidad (como la iluminación dinámica) y emular las funciones que faltaban en el hardware de gráficos (como el filtrado de texturas de alta precisión).

La arquitectura de la serie GeForce 6 incorpora la tecnología de filtrado y mezcla de texturas de 64 bits de NVIDIA, que responde a todos los requisitos de la función de renderizado de alto rango dinámico. La tecnología de NVIDIA ofrece mayor precisión de los datos durante el sombreado, así como operaciones de mezcla y filtrado que mejoran las imágenes estáticas y dinámicas.

Además, gracias a esta tecnología, el renderizado de imágenes con alto rango dinámico se implementa con eficacia y belleza. La operación se divide en tres fases: transporte de la luz, definición de mapas de tonos y, corrección de color y gamma.

## Transporte de la luz

Esta operación toma la geometría, los mapas de texturas, las posiciones de luz y la radiación de la luz y obtiene un valor de radiación por píxel para la luz reflejada que se basa en las superficies visibles. Puede ser cualquier valor. Esta información debe almacenarse en un buffer de gráficos con suficiente precisión y rango (escala de valores) como para representar la enorme gama de valores de intensidad de la luz. Cuanto mayor es la gama que puede mantener y mayor es la precisión de los datos que puede almacenar, más exacto es el resultado visual.

La tecnología de filtrado y mezcla de texturas de 64 bits de NVIDIA sigue el mismo método de codificación que el estándar de OpenEXR, SM10e5. Es decir, 1 bit de signo, 10 bits de mantisa y 5 bits de potencia para representar la información de transporte de la luz.

En función de los valores de  $e$  y  $m$ , el rango que puede alcanzarse con esta fórmula es muy elevado.

$$x = (-1)^s 2^{e-15} \left[ 1 + \frac{m}{1024} \right] \quad x = (-1)^s 2^{-14} \left[ \frac{m}{1024} \right] \quad x = (-1)^s \infty \quad x = NaN$$

$$e > 0 \qquad \qquad \qquad e = 0 \qquad \qquad \qquad e = 31, m = 0 \qquad \qquad e = 31, M > 0$$

**Nota:** En este ejemplo, el rango dinámico es igual a 12 dB, con un valor máximo de 65504 y un valor mínimo de  $2^{-24}$ .

Esta amplitud de los valores y la precisión son necesarias para captar con exactitud los abundantes datos de transporte de la luz.

## Mapas de tonos

Los datos resultantes de la fase de transporte de la luz se asocian a valores de color mediante mapas de correspondencias y se opera con ellos en la imagen 2D. Este proceso se conoce como generación de mapas de tonos.

## Corrección de color y gamma

En la fase final, conocida como corrección de color y gamma, los valores de color de un “espacio de colores” estándar (donde el rojo, el verde y el azul están definidos de una forma determinada) se asocian al espacio de color rojo, verde y azul del monitor. Además se aplica una corrección gamma para que las diferencias matemáticas de intensidad de luz calculadas al comienzo de este proceso de renderizado se trasladen correctamente al dispositivo de visualización final.

La reacción del ojo ante la luz se puede reproducir logarítmicamente. De hecho, el sistema de visión humano es más sensible a la luz de intensidad baja, lo que significa que ve los tonos oscuros con más detalle que los tonos claros o de alta intensidad. En esta última fase, los datos se adaptan al monitor manteniendo el efecto visual adecuado.

---

## Requisitos de la GPU para el filtrado y mezcla de texturas de 64 bits

Para ejecutar este tipo de renderizado, la GPU debe ser capaz de realizar operaciones de sombreado, mezcla, filtrado y texturizado en coma flotante. Además, debe ser capaz de almacenar colores de forma que se mantengan los datos del cálculo logarítmico.

## Sombreado con coma flotante

Como se ha mencionado anteriormente, el sombreado de 32 bits es el modo nativo de funcionamiento en las GPU de la serie GeForce 6 y puede efectuarse a la máxima velocidad sin perder un ápice de precisión. Efectos como la iluminación, la irisación y la difusión de la luz bajo la superficie se renderizan con brillantez y sin perjudicar la velocidad.

## Mezcla con coma flotante

La operación de mezcla combina los píxeles ya renderizados con nuevos valores de píxeles calculados y almacenados en una determinada ubicación. En función del efecto renderizado, los valores se mezclan para obtener un valor de color final. Cuanto mayor es la precisión, más calidad de color ofrece el píxel mezclado.

Entre los efectos que se benefician de las operaciones de mezcla con coma flotante se incluyen el efecto de movimiento, las sombras suaves y la acumulación derivada de los múltiples cálculos de iluminación dinámica en una escena.

## Filtrado con coma flotante

Esta operación filtra los píxeles para dar nitidez a los objetos o suavizar los bordes de una escena y mejora la visualización de las imágenes en movimiento, por ejemplo, al aplicar el filtrado bilineal y trilineal. También proporciona mayor nitidez cuando los píxeles representan un objeto visto desde la lejanía o con un ángulo de visión muy reducido (esto se conoce como filtrado anisótropo). Otros efectos producidos mediante el filtrado en coma flotante incluyen los mapas de tonos y resplandores, que son necesarios para realizar el renderizado de alto rango dinámico.

Por último, las GPU de la serie GeForce 6 permiten utilizar un alto nivel de precisión y filtrado anisótropo 16×.

## Texturizado con coma flotante

Esta operación aplica una textura a un polígono dado. La posibilidad de utilizar texturas con coma flotante permite obtener efectos únicos como son los mapas de sombras omnidireccionales, la profundidad de campo y el trazado de rayos (*ray tracing*).

La imagen situada a la izquierda de la Figura 5 se ha realizado sin función de alto rango dinámico. Sólo hay una diferencia de 100:1 entre las intensidades de las fuentes de luz. El resultado es un exceso de luz en la ventana y el suelo. Por el contrario, la imagen situada a la derecha se ha realizado con función de alto rango dinámico y presenta más de 9000:1 de diferencia de intensidad entre las fuentes de luz. Observe las sutiles variaciones de la luz en el suelo y el paisaje de la derecha.



Imagen cedida por Microsoft.

Figura 5. Imágenes realizadas sin alto rango dinámico (izquierda) y con alto rango dinámico (derecha).

## Almacenamiento de colores

La posibilidad de establecer mapas de colores durante la fase de corrección gamma es una parte esencial de la técnica de renderizado con alto rango dinámico. Para poder conservar toda la gama de valores, es preciso realizar algún tipo de cálculo logarítmico.

sRGB, que es un espacio de colores gamma de 8 bits, es el estándar del sistema operativo Windows® de Microsoft®, representa una solución de almacenamiento de bajo coste compatible con los monitores TRC y se implementa en las soluciones GeForce. Pero sRGB no es suficiente. Aunque proporciona una representación logarítmica de los datos, no posee el rango ni la precisión suficientes como para representar con exactitud los datos calculados durante la fase de transporte de la luz del renderizado.

En la Tabla 1 figuran las diferencias de rango entre sRGB y OpenEXR. OpenEXR proporciona un rango mayor para cálculos como los de transporte de la luz. Sin embargo, para cualquier tipo de almacenamiento y creación de mapas (como los utilizados durante las fases de mapas de tonos y corrección del color en el renderizado de alto rango dinámico), sRGB sí es una opción adecuada.

Tabla 1. Gammas de color

	Rango	Precisión	Almacenamiento*	Notas
RGBE	76,8 dB	Log. de 9 bits	189,8 MB	Coma flotante con compresión de 32 bits de Radiance
TIFF de 32 bits	76,8 dB	Log. de 24 bits	759,4 MB	Coma flotante de 32 bits de IEEE-754
OpenEXR	12 dB	Log. de 11 bits	379,7 MB	Coma flotante de 16 bits desarrollada por ILM
e-sRGB 12	4,6 dB	12 bits	213,6 MB	Bloqueo en: [-0.53..1.68]
Entero de 16 bits	4,8 dB	Lineal de 16 bits	379,7 MB	Bloqueo en: [0..1]
sRGB	3,5 dB	8 bits	189,8 MB	Bloqueo en: [0..1]
RGBA	2,4 dB	Lineal de 8 bits	189,8 MB	Bloqueo en: [0..1]

\*Nota: la información de almacenamiento está basada en un único fotograma de vídeo ATSC con una resolución de 1920 x 1080p.

Además, los juegos más modernos utilizan una técnica llamada “iluminación dinámica”, en la que el rango dinámico y los datos de reflexión de cada fuente de luz se calculan por separado y luego se combinan en un buffer. Lamentablemente, los valores sRGB no pueden sumarse. Para hacerlo, deberían convertirse, sumarse y volverse a convertir en formato sRGB, lo cual perjudicaría el rendimiento. Por otra parte, negarse a hacer la conversión en otro formato provocaría la aparición de artefactos inaceptables.

La tecnología de filtrado y mezcla de texturas de 64 bits de NVIDIA resuelve el problema del renderizado de alto rango dinámico. Proporciona los formatos de coma flotante de 16 bits que utilizan los estudios de animación para operaciones de almacenamiento, mezclas, sombreado, texturizado y filtrado durante la fase de transporte. Además, permite utilizar el formato sRGB para los mapas de tonos y la corrección de color y gamma.

*“Representar con precisión la enorme gama de colores y luces que percibimos en el mundo real ha sido un reto constante de los gráficos de ordenador. Ahora que NVIDIA proporciona soporte de texturas, mezclas y corrección gamma sRGB en coma flotante, es fácil reproducir con fidelidad el color y la luz en el renderizado de alto rango dinámico”.*

**Herb Marselas, Consejero delegado/Director de tecnología de Emogence, LLC**

Y lo mejor de todo: la tecnología de NVIDIA se implementa en el hardware. No hay codificaciones ni descodificaciones de los sombreadores de píxeles y es una tecnología incluida en las API DirectX® 9.0 y OpenGL®.

---

## Antialiasing con rotación de cuadrícula

La nueva generación de GPUs GeForce incluye un algoritmo de antialiasing que utiliza muestreo con cuadrícula rotada. Basado en cuatro muestras por píxel, el nuevo modelo mantiene el alto nivel de rendimiento del modelo anterior, pero mejora considerablemente la precisión del color. Antes, los cuatro subpíxeles se muestreaban en una cuadrícula de dos por dos por cada píxel. Al girar ligeramente la cuadrícula de los cuatro subpíxeles, el nuevo modelo realiza el muestreo a partir de una cuadrícula de cuatro por cuatro y con forma de rombo. En la Figura 6 puede verse cómo el patrón de subpíxeles de la GeForce 6 (derecha) ha girado hasta adoptar la forma de un rombo.

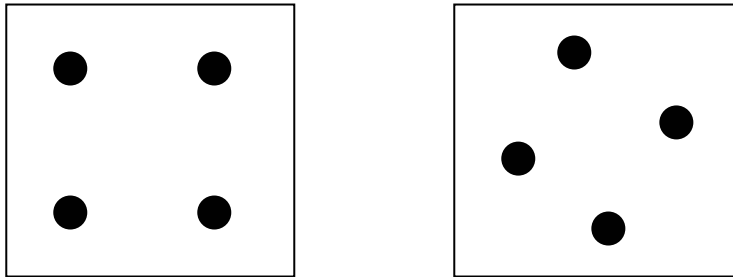


Figura 6. Píxel de GeForce FX (izquierda) y patrón de subpíxel de la serie GeForce 6 (derecha).

El cuadrícula girada proporciona mayor cobertura de los subpíxeles en vertical y horizontal. En la Figura 7 puede observarse que la arquitectura de GeForce FX cubre dos valores verticales y dos horizontales, mientras que la serie GeForce 6 abarca cuatro valores para las posiciones verticales y horizontales de los subpíxeles. Este mayor nivel de cobertura se traduce en una mayor precisión del color en los bordes de los polígonos.

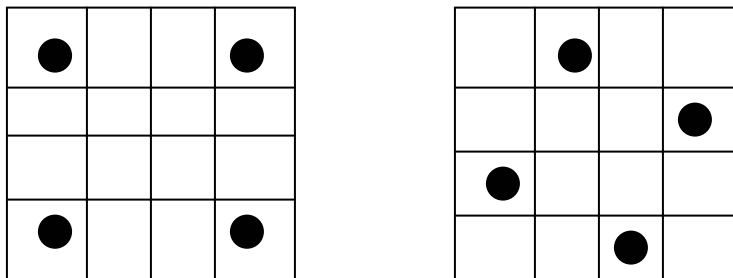


Figura 7. Arquitecturas de los patrones de píxeles de GeForce FX (izquierda) y GeForce 6 (derecha) con los valores horizontales y verticales.

Para obtener una explicación más detallada sobre las técnicas de muestreo y antialiasing, consulte el informe técnico “Tecnología Accuview de NVIDIA: Subsistema de antialiasing de alta resolución (TB-00311-001)” en [www.nvidia.com](http://www.nvidia.com).

## Una nueva era de efectos visuales

La arquitectura superescalar de la nueva serie de GPUs GeForce 6, con su canal de gráficos de 32 bits nativo y sus avances en la generación de imágenes, mejora los valores de velocidad y precisión en una amplia gama de operaciones y efectos visuales. Por primera vez en el mercado gráfico, numerosas operaciones se vuelven factibles en aplicaciones de tiempo real y juegos (filtro de texturas, efectos de alto

rango dinámico, profundidad de campo, desenfoque y filtrado anisótropo 16×) para llevar el realismo del cine al PC (Figura 8).



©2004 de NVIDIA Corporation

Figura 8. La serie GeForce 6 proporciona un realismo incomparable en las aplicaciones gráficas más avanzadas.

## Conclusiones

Las GPU de la serie GeForce 6 ofrecen un realismo sin precedentes en la última generación de aplicaciones gráficas. Ahora, los desarrolladores pueden implementar efectos de enorme impacto visual en escenas y mundos digitales complejos sin necesidad de obtener calidad en detrimento de la velocidad.

Innovaciones revolucionarias como el filtrado y la mezcla de texturas de 64 bits de NVIDIA proporcionan aún mayor calidad visual y efectos únicos al mantener la precisión decimal en todos los aspectos del renderizado, lo que incluye las operaciones de matización de tonos, texturizado, filtrado y mezcla. Por último, la función de antialiasing con cuadrícula rotada añade calidad a la imagen global al proporcionar más niveles de cobertura sobre los bordes de los polígonos.

En resumen, la última arquitectura de NVIDIA perfecciona el canal de píxeles (Tabla 2) y posibilita operaciones de coma flotante en tiempo real para los siguientes elementos:

- ❑ Gráficos 2D
- ❑ Texturas 2D con varios niveles (mipmaps)
- ❑ Mapas cúbicos

- ❑ Mapas de volúmenes
- ❑ Sombreado
- ❑ Filtrado de texturas
- ❑ Mezclas
- ❑ Filtrado

Tabla 2. Características de la arquitectura de la serie GeForce 6

<b>Características de la serie GeForce 6</b>	
Canales de píxeles	16
Sombreador superescalar	Sí
Operaciones de sombreado de píxeles/píxel	8
Operaciones de sombreado de píxeles/ciclo de reloj	128
Precisión del sombreador de píxeles	32 bits
Píxeles de una textura/ciclo de reloj	16
Píxeles de dos texturas/ciclo de reloj	8
Filtrado anisótropo adaptable	Sí
Píxeles del buffer stencil/ciclo de reloj	32

Muy pronto incluso los expertos tendrán dificultades para diferenciar las escenas generadas por ordenador de las secuencias filmadas. Con una arquitectura superescalar, un canal nativo de 32 bits y las funciones de renderizado más avanzadas del mercado, la serie GeForce 6 está eliminando los últimos obstáculos para introducir el realismo del cine en el mundo digital.



## **Aviso legal**

TODAS LAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE NVIDIA, PLACAS DE REFERENCIA, ARCHIVOS, DIBUJOS, DIAGNÓSTICOS, LISTAS Y OTROS DOCUMENTOS (DENOMINADOS CONJUNTAMENTE O POR SEPARADO "MATERIALES") SE ENTREGAN "TAL CUAL". NVIDIA NO OFRECE NINGUNA GARANTÍA EXPRESA, IMPLÍCITA, ESTATUTARIA O DE OTRA NATURALEZA CON RESPECTO A LOS MATERIALES Y RECHAZA EXPRESAMENTE CUALQUIER GARANTÍA IMPLÍCITA DE COMERCIABILIDAD, NO INFRACCIÓN O ADECUACIÓN A ALGÚN PROPÓSITO EN PARTICULAR.

NVIDIA Corporation considera que la información suministrada es exacta y fiable, pero no asume responsabilidad alguna por las posibles consecuencias o infracciones de derechos sobre patentes, u otros derechos de terceras partes, que pudieran derivarse de su uso. NVIDIA no otorga licencia alguna por implicación, ni de ningún otro modo, bajo ninguna patente o derecho de patente de NVIDIA Corporation. Las especificaciones mencionadas en esta publicación son susceptibles de cambios sin previo aviso. El contenido de este documento sustituye y prevalece sobre cualquier otra información anteriormente suministrada por NVIDIA. No se autoriza el uso de los productos de NVIDIA Corporation como componentes esenciales de dispositivos o sistemas de apoyo o sostenimiento de la vida sin el permiso previo y por escrito de NVIDIA Corporation.

## **Marcas comerciales**

NVIDIA, el logotipo de NVIDIA y GeForce son marcas comerciales o marcas registradas de NVIDIA Corporation. Otros nombres de empresas y productos pueden ser marcas comerciales y/o registradas de sus respectivos propietarios.

## **Copyright**

© 2004 de NVIDIA Corporation. Quedan reservados todos los derechos.



**NVIDIA.**

NVIDIA Corporation  
2701 San Tomas Expressway  
Santa Clara, CA 95050  
[www.nvidia.com](http://www.nvidia.com)