



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Departament d'Arquitectura de Computadors

# Tarjetas Gráficas y Aceleradores

## El Pipeline Gráfico Actual

### Agustín Fernández

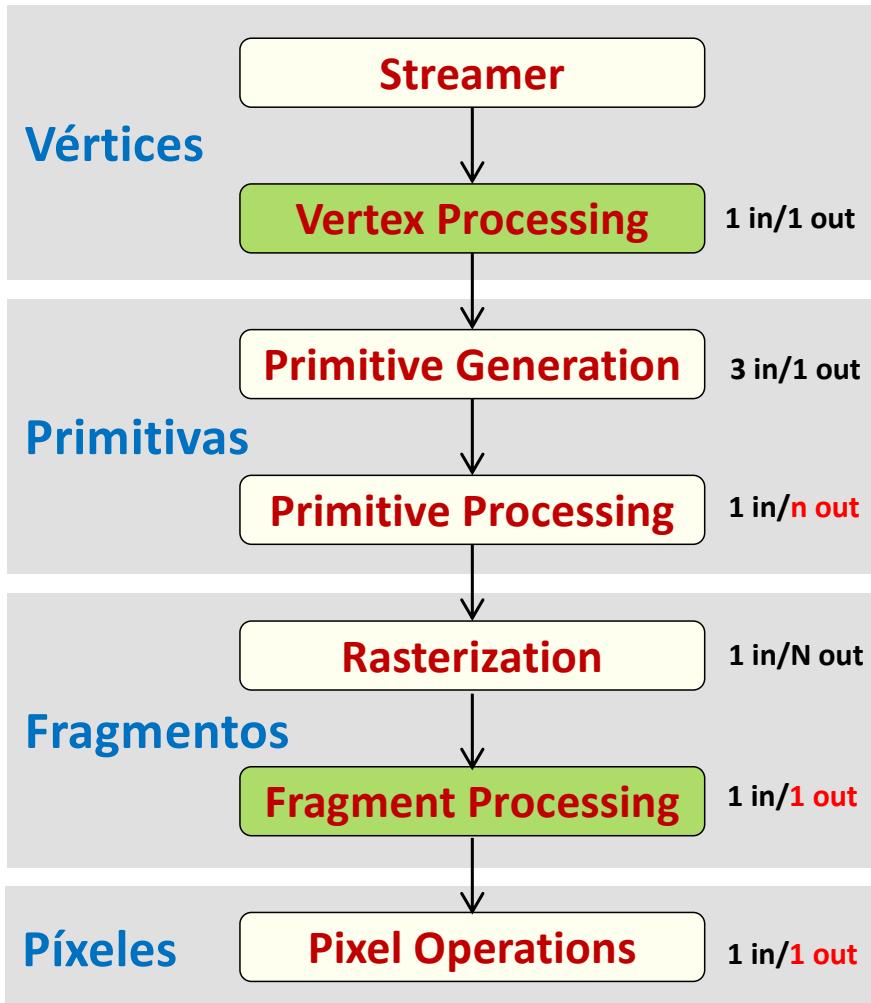
Departament d'Arquitectura de Computadors

Facultat d'Informàtica de Barcelona

Universitat Politècnica de Catalunya



# El Pipeline Gráfico



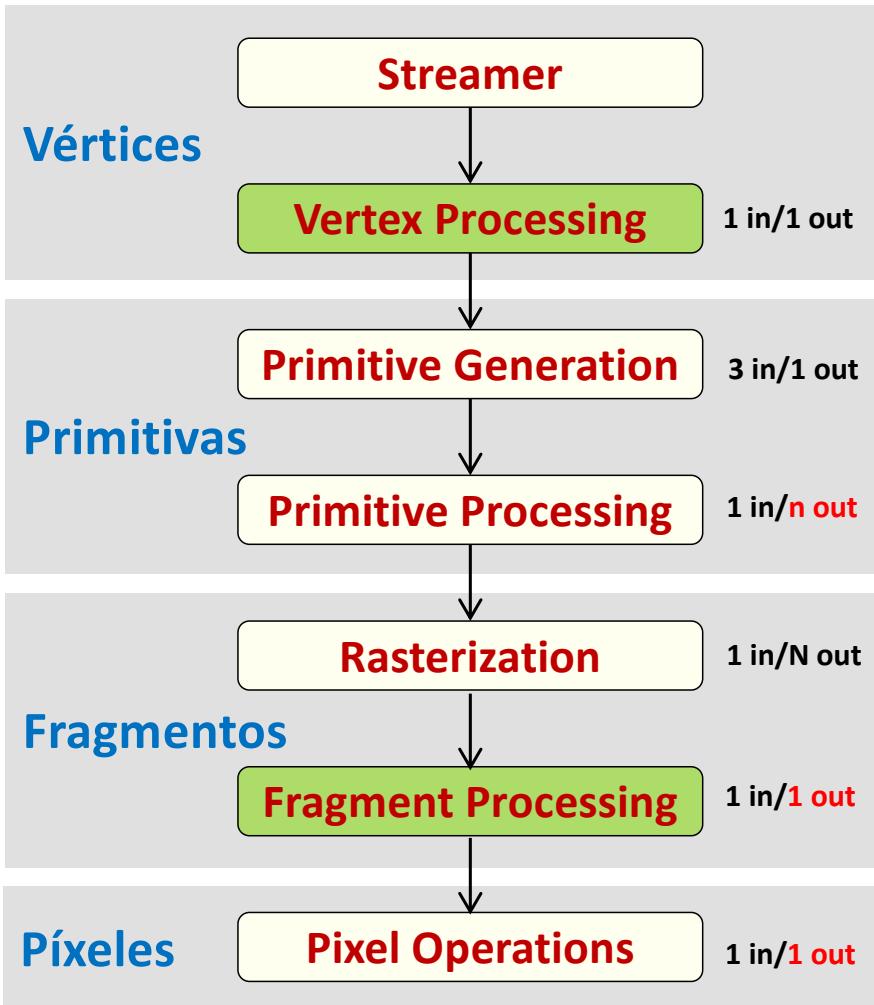
- Paralelismo Masivo
- Organización Coherente con la Funcionalidad
- Orientado a aprovechar el Ancho de Banda y Ocultar la Latencia con Memoria
- Mezcla inteligente de elementos de Función Fija con Elementos Programables
- Elementos Programables Unificados

# Cambios en el Pipeline Gráfico

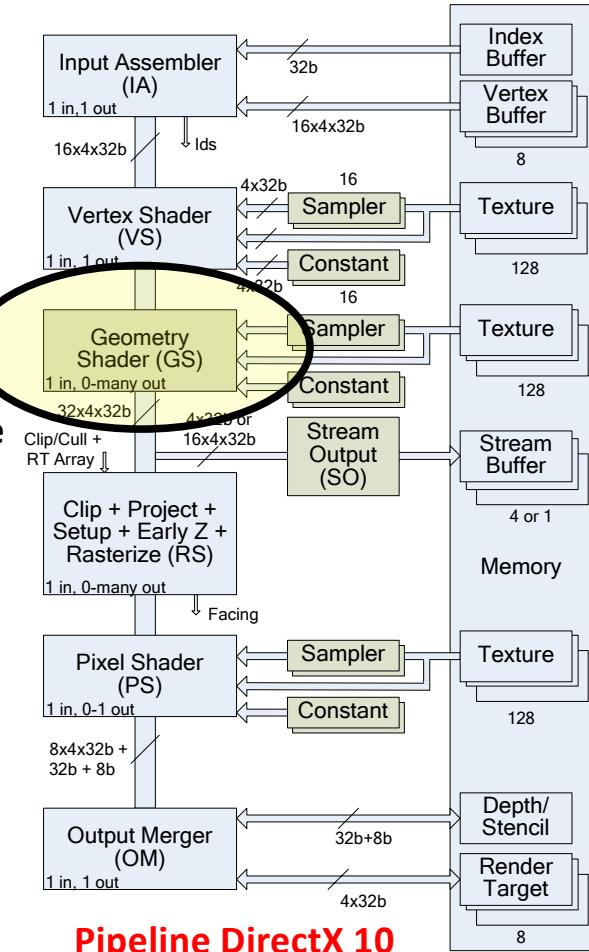
- Shaders Programables
- Cambios en el Shader Model
  - Instrucciones, Registros
  - Render Targets, Texturas
  - Acceso a Texturas desde vertex shader
  - Accesos a Memoria convencionales
  - Instrucciones control de flujo
- Shaders Unificados
- En las nuevas versiones de OpenGL y DirectX
  - Geometry Shader
  - Teselación

Pixel shader version	2.0	4.0 – 5.0	Vertex shader version	2.0	4.0 – 5.0
Dependent texture limit	8	Unlimited	# of instruction slots	256	4096
Texture instr. limit	32	Unlimited	Max # of instr. executed	1024	65536
Instruction slots	32 + 64	$\geq 65536$	Instruction Predication	No	Yes
Executed instructions	32 + 64	Unlimited	Temp registers	12	4096
Temp registers	12 to 32	4096	# constant registers	$\geq 256$	16×4096
Constant registers	32	16×4096	Dynamic flow control	No	Yes
Arbitrary swizzling	No	Yes	Vertex texture fetch	No	Yes
Loop count register	No	Yes			
Dynamic flow control	No	Yes			

# El Pipeline de DirectX 10

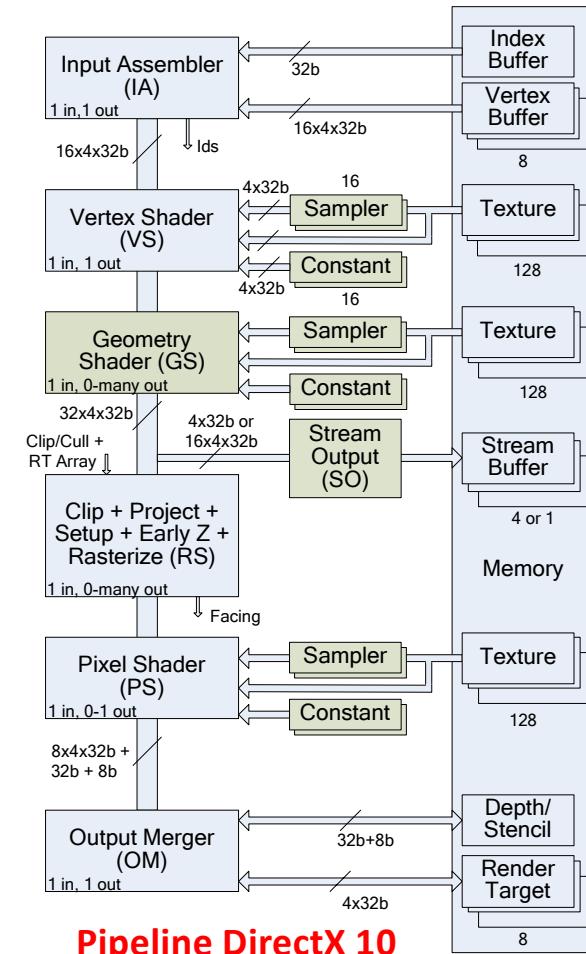


Nuevo  
Elemento  
Programable



# El Pipeline de DirectX 10: Geometry Shader

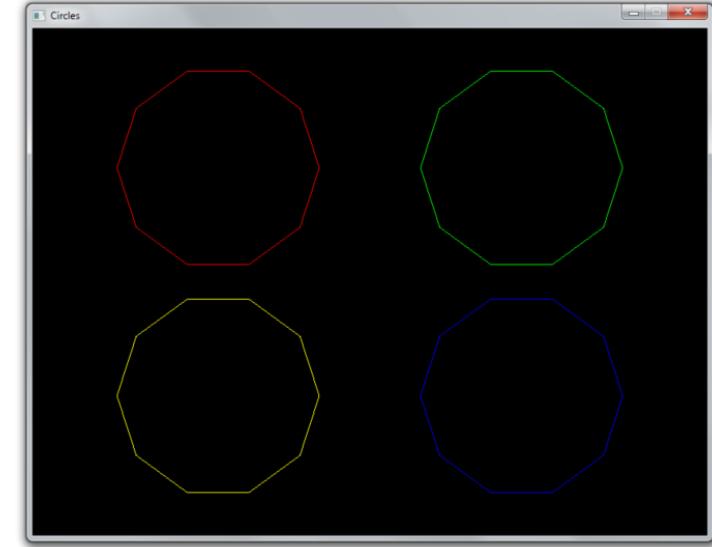
- Elemento programable:
  - Entrada: 1 primitiva (punto, línea, triángulo o definido usuario).
  - Salida: 0 o más primitivas.
- Utilidad:
  - Generar nuevas primitivas, para aumentar el nivel de detalle.  
En este caso, se han de reenviar al inicio del pipeline a través del Stream Out.
  - Eliminar la primitiva [Clipping]
  - Añadir nuevos atributos a una primitiva sin incrementar la geometría.
  - Generación de sprite points.
  - ...
- Soportado en OpenGL a partir de la versión 3.2



# Ejemplo de Geometry Shader

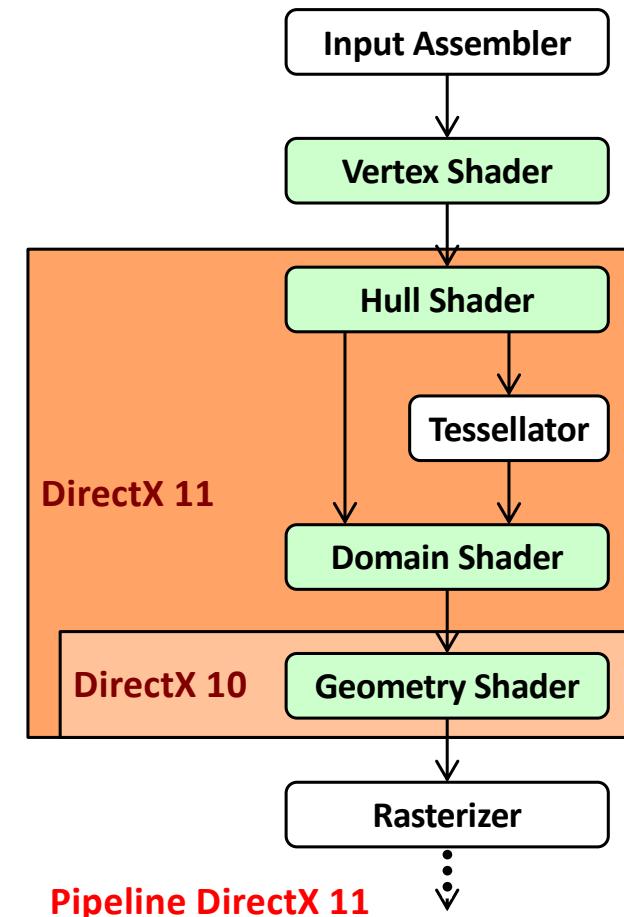
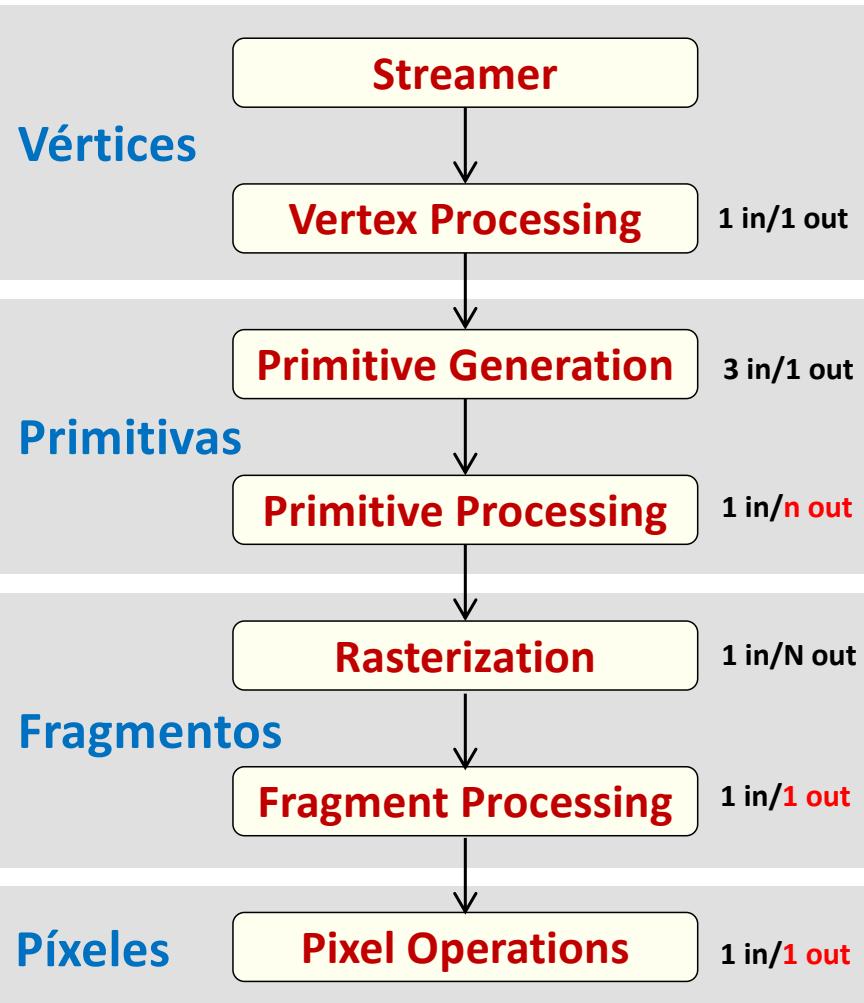
```
layout(points) in;
layout(line_strip, max_vertices = 11) out;
in vec3 vColor[];
out vec3 fColor;
const float PI = 3.1415926;

void main() {
    fColor = vColor[0];
    for (int i = 0; i <= 10; i++) {
        // Angle between each side in radians
        float ang = PI * 2.0 / 10.0 * i;
        // Offset from center of point (0.3 to accomodate for aspect ratio)
        vec4 offset = vec4(cos(ang) * 0.3, -sin(ang) * 0.4, 0.0, 0.0);
        gl_Position = gl_in[0].gl_Position + offset;
        EmitVertex();
    }
    EndPrimitive();
}
```



Genera los vértices de un polígono de 10 caras.

# El Pipeline de DirectX 11



# El Pipeline de DirectX 11: Teselación

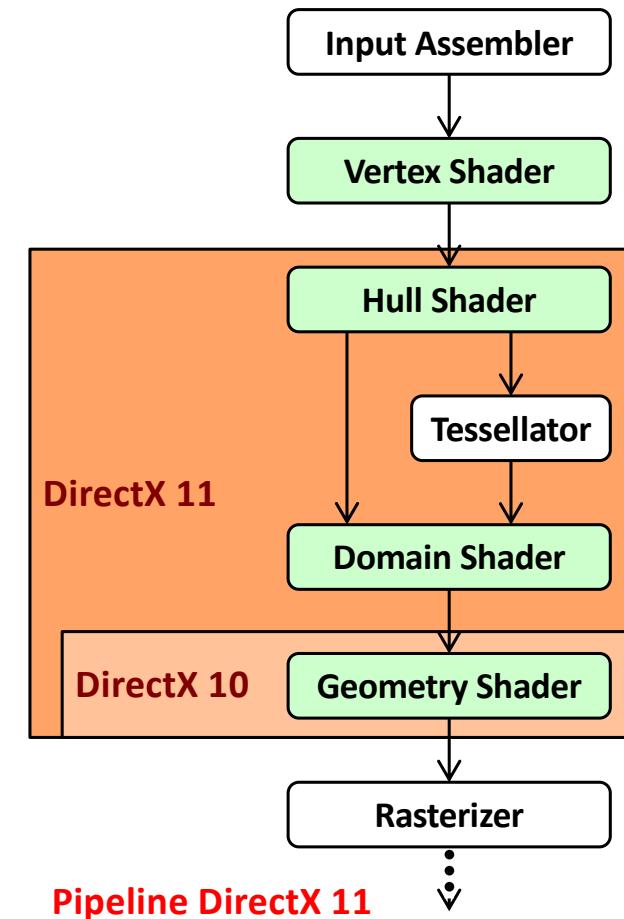
## □ Nuevos Elementos Programables:

- Hull Shader
- Domain Shader
- Geometry Shader (DirectX 10)

## □ Elemento NO programable (función fija):

- Tessellator
- Desde el punto de vista hardware, sólo es necesario el Tessellator. Los otros elementos se ejecutan en los shaders unificados.

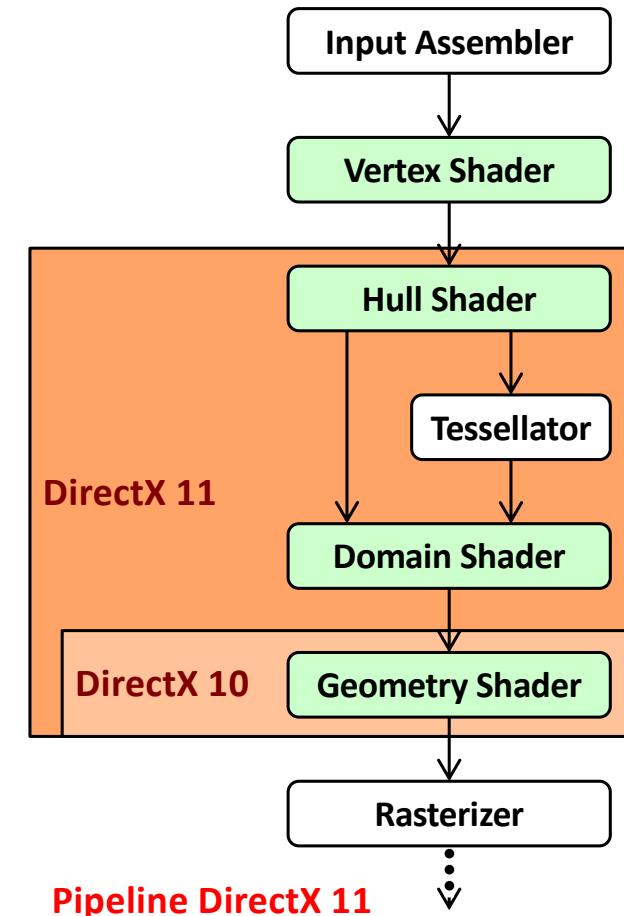
El pipeline gráfico NO necesita grandes cambios. Simplemente disponer de suficientes elementos de cálculo y el control necesario



# El Pipeline de DirectX 11: Teselación

## Hull Shader

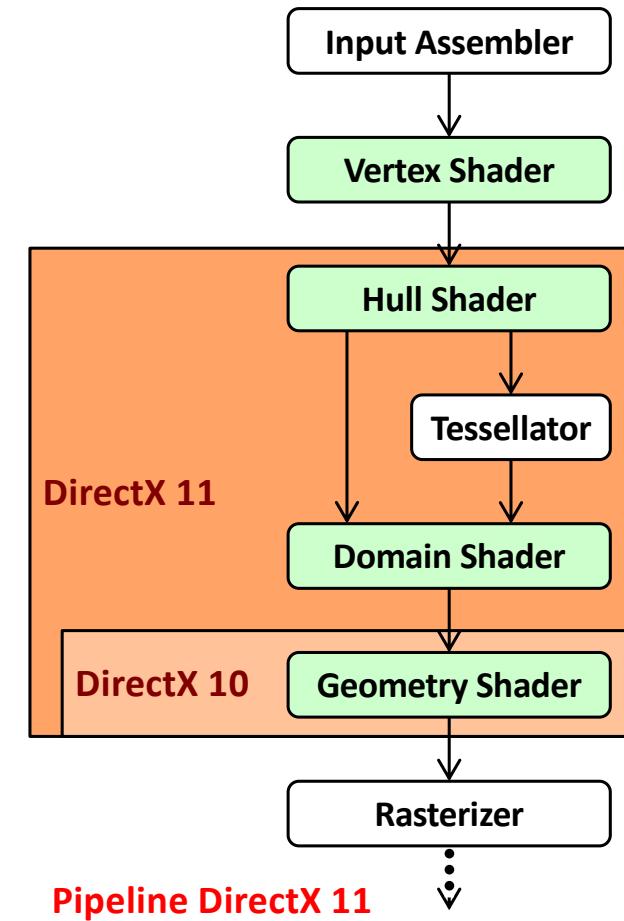
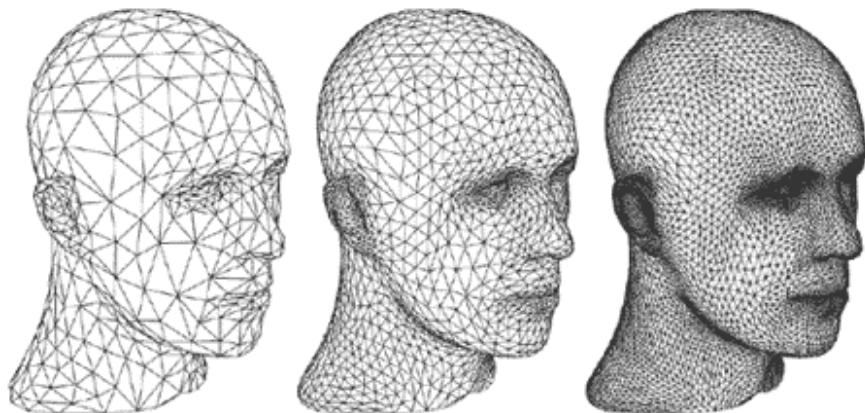
- Elemento programable
- Constant HS, se ejecuta una vez por polígono.  
Objetivo calcular el factor de teselación.
  - Es un valor entre 1 y 64.
  - Si el factor de teselación es 0 el polígono es eliminado [Clipping].
  - Se envía al Tessellator.
- Main HS, se ejecuta una vez por vértice. Permite crear nuevos puntos de control (“vértices”).
  - Se envían al Domain Shader, se utilizan para calcular los atributos de los nuevos vértices que creará el Tessellator.



# El Pipeline de DirectX 11: Teselación

## Tessellator

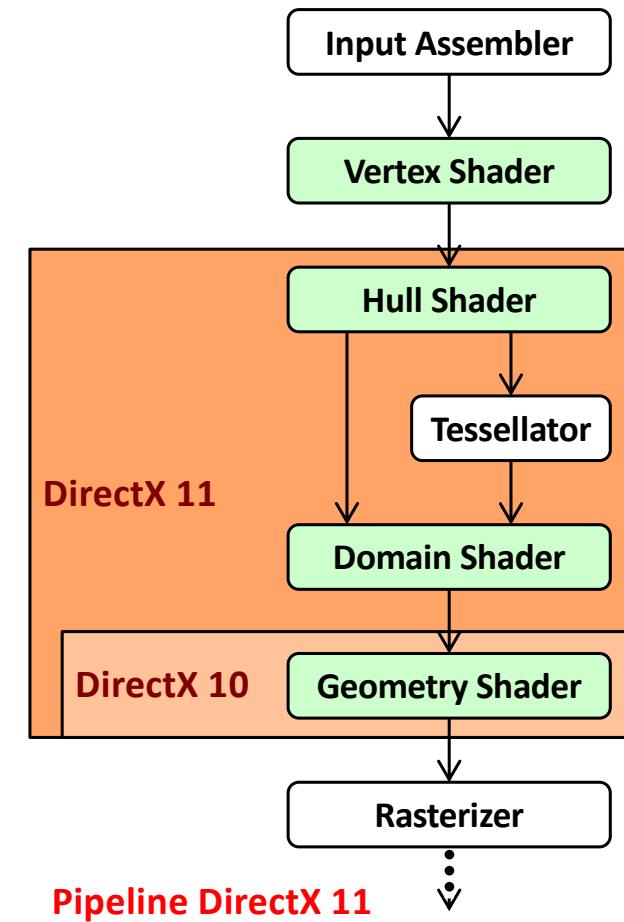
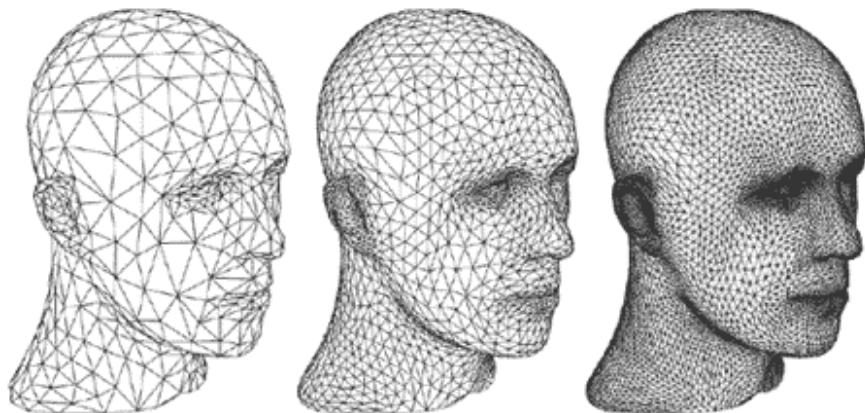
- Elemento NO programable (función fija)
- A partir del factor de teselación, subdivide el triángulo en polígonos más pequeños.
- Genera los nuevos vértices para que sean procesados en el Domain Shader.
- El Tessellator no trabaja con las coordenadas del polígono. Trabaja con coordenadas normalizadas.



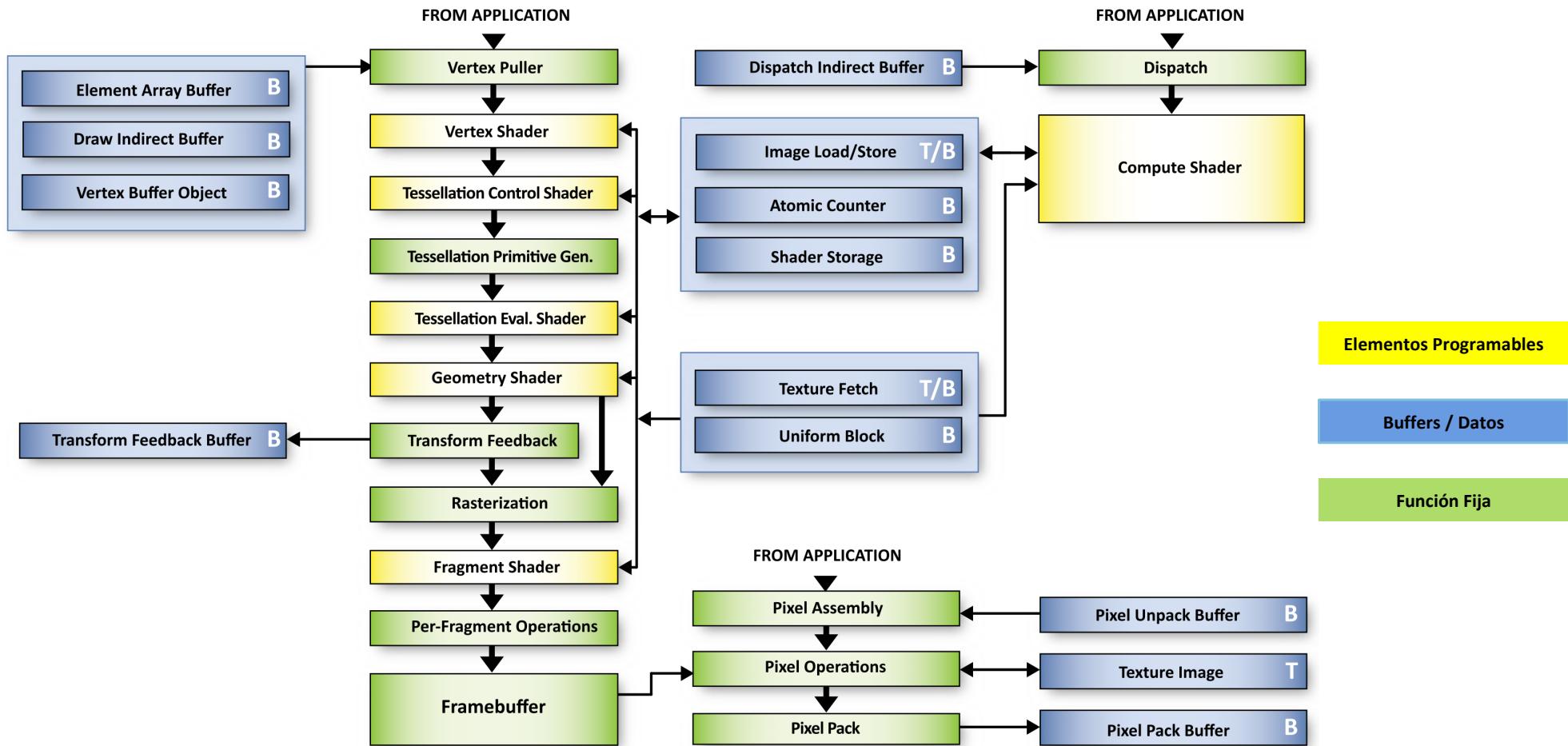
# El Pipeline de DirectX 11: Teselación

## Domain Shader

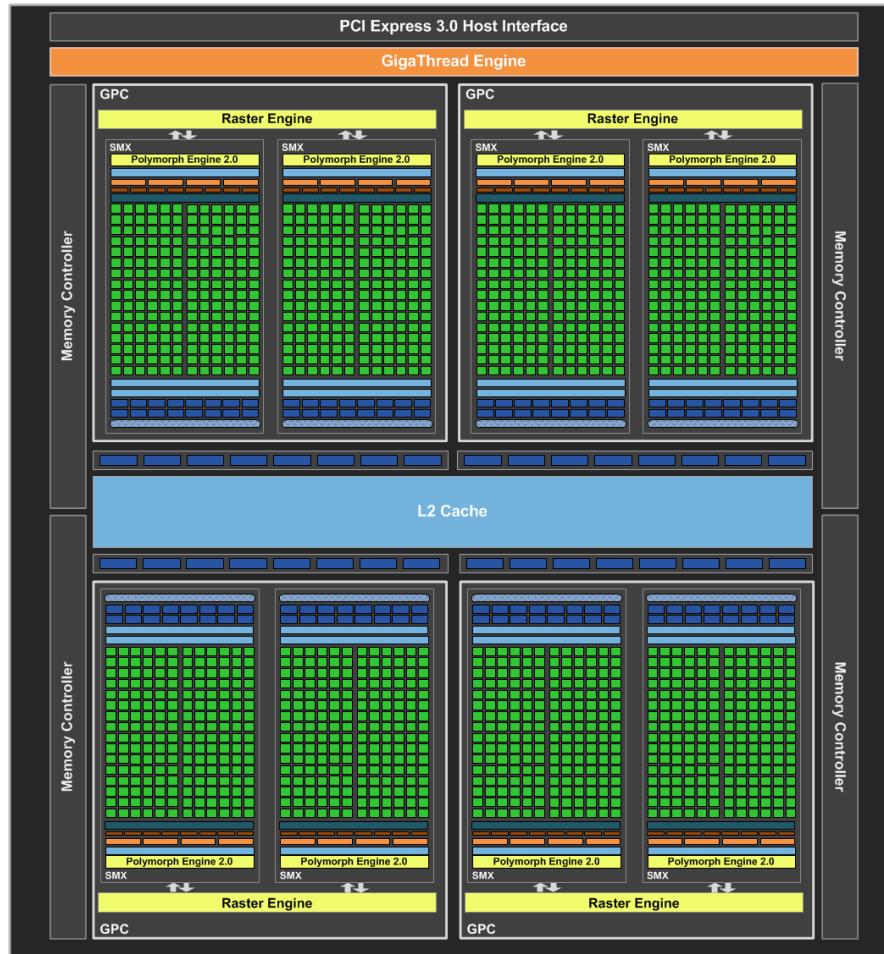
- Elemento programable
- Función principal: calcular las coordenadas 3D de los nuevos vértices generados por el Tessellator.
- Además calcula los atributos de los nuevos vértices. Este cálculo se realiza a partir de los atributos de los vértices originales y de los puntos de control generados por el Hull Shader.



# El pipeline de OpenGL 4.5



# ¿Cuál es la tarjeta gráfica más potente HOY?



GeForce GTX 680

G3D Mark 5708

La Tarjeta Gráfica más potente del mercado según en Benchmark G3D Mark  
(7 de febrero de 2013)

- 4 GPCs (Graphics Processing Clusters)
- 8 SMXs (neXt-generation Streaming Multiprocessors)
- 4 Memory Controllers
- 1536 CUDA cores



TECHPOWERUP

# ¿Cuál es la tarjeta gráfica más potente HOY?



- 5 GPCs (Graphics Processing Clusters)
- 15 SMXs (neXt-generation Streaming Multiprocessors)
- 6 Memory Controllers
- 2880 CUDA cores

La Tarjeta Gráfica más potente del mercado según en Benchmark G3D Mark (20 de febrero de 2014)

GeForce GTX 780 Ti    G3D Mark 8663



# ¿Cuál es la tarjeta gráfica más potente HOY?



GeForce GTX 980

G3D Mark 9674

- 4 GPCs (Graphics Processing Clusters)
- 16 Maxwell SMs (SMM)
- 4 Memory Controllers
- 2048 CUDA cores

La Tarjeta Gráfica más potente del mercado  
según en Benchmark G3D Mark  
(25 de febrero de 2015)



TECHPOWERUP

¿Dónde está el pipeline gráfico?

# ¿Cuál es la tarjeta gráfica más potente HOY?



¿Dónde está el pipeline gráfico?

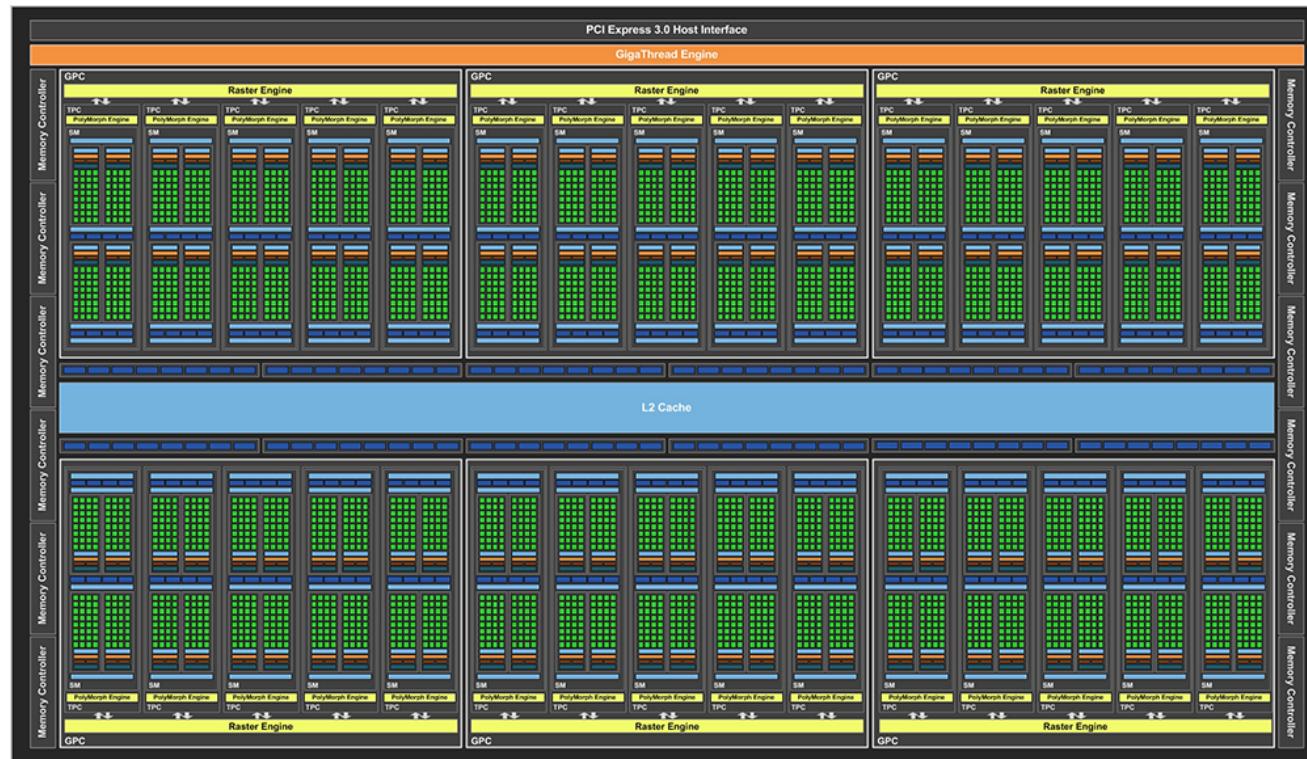
GeForce GTX 980 Ti    G3D Mark 11605

- 6 GPCs (Graphics Processing Clusters)
- 24 Maxwell SMs (SMM)
- 6 Memory Controllers
- 3072 CUDA cores

La Tarjeta Gráfica más potente del mercado según en Benchmark G3D Mark  
(24 de febrero de 2016)



# ¿Cuál es la tarjeta gráfica más potente HOY?



NVIDIA Titan X Pascal **G3D Mark 13060**

- 6 GPCs (Graphics Processing Clusters)
- 28 Pascal SMs
- 6 Memory Controlers
- 3584 CUDA cores
- 1.200 \$

La Tarjeta Gráfica más potente del mercado según en Benchmark G3D Mark (14 de febrero de 2017)



¿Dónde está el pipeline gráfico?

# ¿Cuál es la tarjeta gráfica más potente HOY?



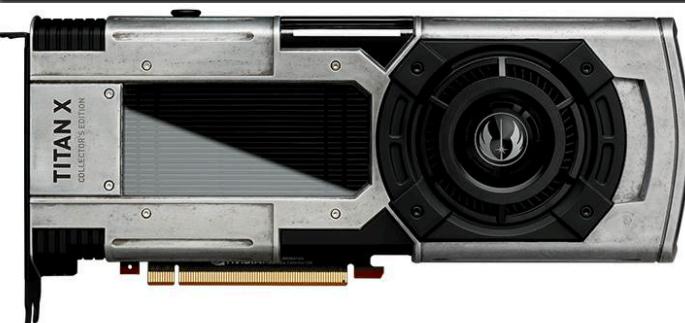
Pascal GP100 Streaming Multiprocessor

¿Dónde está el pipeline gráfico?

NVIDIA Titan Xp COLLECTORS EDITION  
G3D Mark 14.836

- 3.840 CUDA cores (PASCAL)
- 1582 MHz
- 12 GB (GDDR5X)
- 547,7 GB/s
- Resolución 7680x4320 60Hz
- 1.699 \$ (amazon.com)

La Tarjeta Gráfica más potente del mercado  
según en Benchmark G3D Mark  
(26 de febrero de 2018)



# ¿Cuál es la tarjeta gráfica más potente HOY?



Turing SM

NVIDIA Titan RTX  
G3D Mark 16.356

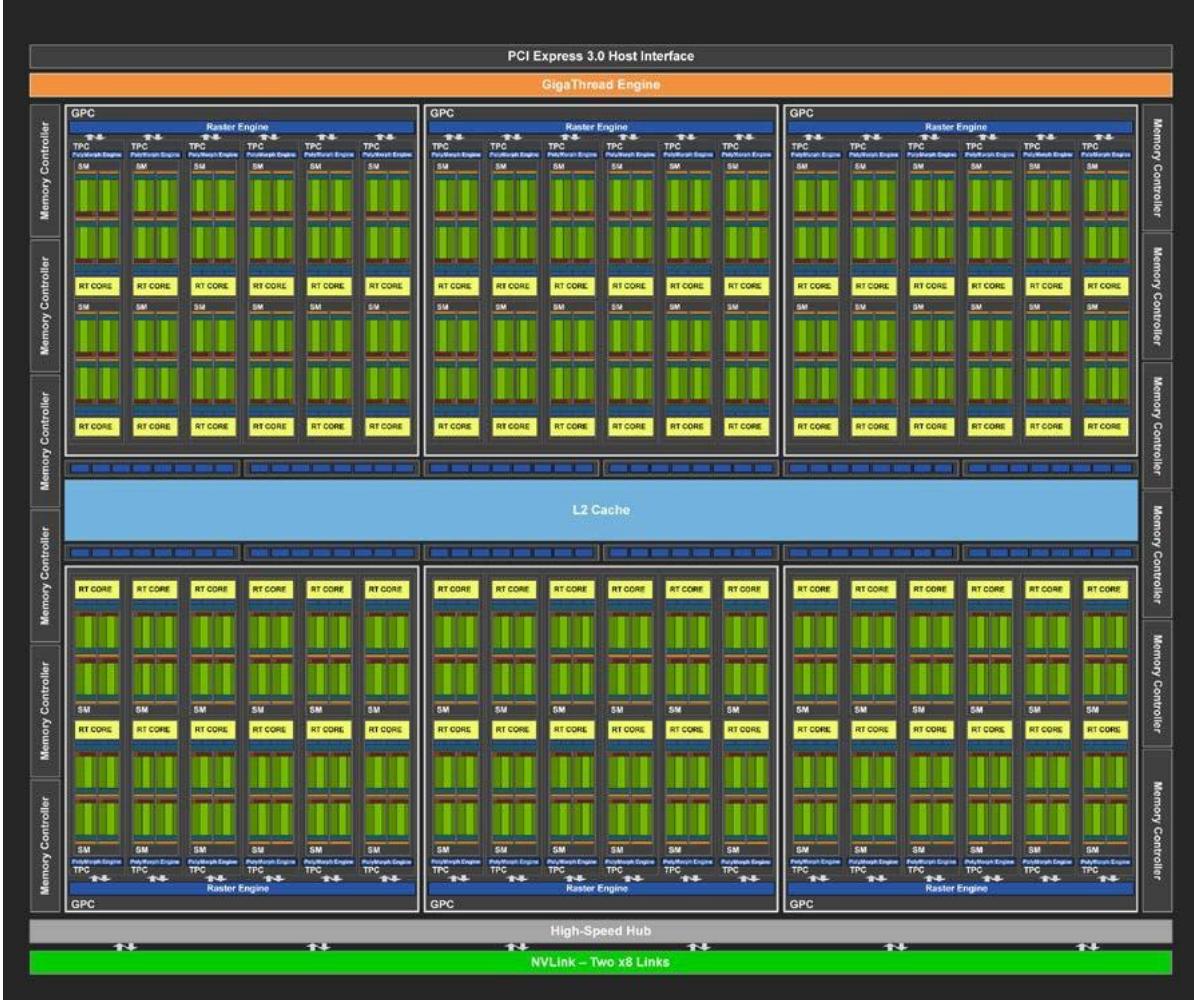
- 4.608 CUDA cores (TURING)
- 1.350 MHz
- 24 GB (GDDR6)
- 672 GB/s
- Resolución 7680x4320 60Hz
- 2.499 \$ (amazon.com)

La Tarjeta Gráfica más potente del mercado  
según en Benchmark G3D Mark  
(18 de febrero de 2019)

¿Dónde está el pipeline gráfico?

x72

# ¿Cuál es la tarjeta gráfica más potente HOY?



NVIDIA Titan RTX    G3D Mark 16.356

- 4.608 CUDA cores (TURING)
- 1.350 MHz
- 24 GB (GDDR6)
- 672 GB/s
- Resolución 7680x4320 60Hz
- 2.499 \$ (amazon.com)

La Tarjeta Gráfica más potente del mercado según en Benchmark G3D Mark  
(18 de febrero de 2019)



# ¿Cuál es la tarjeta gráfica más potente HOY?



¿Dónde está el pipeline gráfico?

TITAN V CEO Edition G3D Mark 16.998

- 5.120 CUDA cores (VOLTA)
- 640 Tensor cores
- 1.200 MHz
- 32 GB (GDDR6)
- 868 GB/s
- ≈10.000 \$ (no está a la venta)

La Tarjeta Gráfica más potente del mercado según en Benchmark G3D Mark  
(29 de enero de 2020)



# ¿Cuál es la tarjeta gráfica más potente HOY?



GeForce RTX 3090

G3D Mark 25.445

- 10.496 CUDA cores (Ampere)
- 328 Tensor cores
- 82 RT cores
- 1.395 MHz
- 24 GB (GDDR6X)
- 936,2 GB/s

La Tarjeta Gráfica más potente del mercado según en Benchmark G3D Mark  
(22 de febrero de 2020)



1.549 € en [www.nvidia.com](http://www.nvidia.com)

# Lectura Complementaria

□ David Blythe.

“The Direct3D 10 System”

Journal ACM Transactions on Graphics, vol 25, issue 3, Jul 2006.

Proceedings ACM SIGGRAPH’06.

□ Khronos Group.

“OpenGL 4.2 API Reference Card”

[www.khronos.org](http://www.khronos.org), 2011.

Interesa el

○ OpenGL Pipeline,

○ Vertex & Tessellation Details

○ Geometry & Follow-on Details

□ Información actualizada puede encontrarse en los forums de discusión y páginas [www](http://www) de los fabricantes.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Departament d'Arquitectura de Computadors

# Tarjetas Gráficas y Aceleradores

## El Pipeline Gráfico Actual

### Agustín Fernández

Departament d'Arquitectura de Computadors

Facultat d'Informàtica de Barcelona

Universitat Politècnica de Catalunya

