

PROGRAMA DE CURSO MODELACIÓN Y COMPUTACIÓN GRÁFICA PARA INGENIEROS

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ciencias de la computación					
Nombre del curso	Modelación y Computación Gráfica para Ingenieros	Código	CC3501	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Modeling and Computer Graphics for Engineers</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	CC1002: Introducción a la programación, MA2001: Cálculo en varias variables, MA2601: Ecuaciones diferenciales ordinarias, FI2001: Mecánica					

B. Propósito del curso:

El curso se ubica en el V semestre, en el ciclo de Licenciatura. Introduce a las y los estudiantes en la disciplina de la computación gráfica, sus principales problemáticas y aplicaciones en el contexto de las ciencias y la ingeniería. Al término del curso se espera que los y las estudiantes modelen, solucionen y visualicen computacionalmente problemas aplicados, que involucren datos, geometrías y escenas complejas en 2 y 3 dimensiones (2D y 3D). En las actividades prácticas se programa la GPU, utilizando la librería de bajo nivel *OpenGL*.

A modo de ejemplo, se pueden desarrollar aplicaciones gráficas interactivas funcionales simples como videojuegos, y adquirir herramientas con las cuales se podrían trabajar simulaciones físicas, sistemas CAD, visualización arquitectónica, modelación de terrenos, entre otras aplicaciones posibles.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Analizar problemas computacionales, construir modelos, expresándolos en representaciones y lenguajes formales adecuados.

CE2: Analizar, diseñar y/o adoptar, algoritmos y estructuras de datos que cumplan con las garantías requeridas de correctitud y eficiencia.

CE5: Concebir, diseñar y construir soluciones de software, siguiendo un proceso sistemático y cuantificable, acorde a los fundamentos, eligiendo el paradigma y las técnicas más adecuadas.

CE6: Desarrollar software en una amplia variedad de plataformas y lenguajes de programación.

CE8: Diagnosticar y resolver problemas en el funcionamiento de software cercano a la plataforma para mejorar su desempeño.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG2: Comunicación en inglés

Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE5, CE6	RA1: Modela computacionalmente aplicaciones gráficas e interactivas en 2D y 3D, considerando el patrón de arquitectura de software Modelo-Vista-Controlador (MVC), objetos geométricos, escenas complejas, datos y dispositivos periféricos.
CE2	RA2: Utiliza mallas poligonales, curvas, modelación jerárquica y de sólidos para modelar objetos geométricos complejos, considerando las especificaciones del usuario, la <i>discretización</i> y el tipo de <i>visualización</i> deseable.
CE2	RA3: Aplica el proceso de rasterización de modelos tridimensionales y <i>renderiza</i> o genera imágenes, usando algoritmos de pintado como mallas de alambre, colores, degradaciones, texturas y técnicas de iluminación y sombreado.
CE1, CE2, CE6, CE8	RA4: Resuelve problemas de modelación geométrica y visualización, programando a nivel de procesador gráfico (GPU) vía OpenGL/GLSL, con el fin de construir aplicaciones interactivas en tiempo real.
CE1, CE2, CE6	RA5: Implementa simulaciones gráficas simples de movimiento basadas en fenómenos físicos y sus correspondientes ecuaciones diferenciales ordinarias (EDOs), considerando aspectos como la detección de colisiones, la inestabilidad numérica y las limitaciones del método de simulación.
CE6	RA6: Analiza la aplicabilidad de sistemas computacionales gráficos, como motores de juego, sistemas de diseño asistido por computador (CAD), sistemas de información geográficos (GIS), y software de animación, considerando el aporte de estos sistemas a otras disciplinas.

Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA7: Produce reportes donde justifica decisiones sobre el diseño, implementación y funcionalidades de aplicaciones gráficas desarrolladas y expone oralmente, con criterios de concisión y claridad, sobre una de estas aplicaciones, evidenciando manejo conceptual del proceso.
CG1, CG2	RA8: Analiza, a partir de una lectura analítica y crítica, textos sobre modelación gráfica para utilizar, con propiedad y pertinencia, conceptos teóricos, técnicas y herramientas al diseño de diversas aplicaciones gráficas y al análisis de ejemplos de esta disciplina.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA4	Introducción a la Computación Gráfica	3,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Aplicaciones de Computación Gráfica. 1.2. Tecnologías de Display. 1.3. <i>Graphics Rendering Pipeline</i> . 1.4. <i>OpenGL</i> y <i>Shaders</i> . 1.5. Discretizaciones. 1.6. Transformaciones Geométricas. 1.7. Interpolación lineal.		La/el estudiante: 1. Analiza la evolución del hardware gráfico, considerando su desarrollo y avances en el contexto de la computación gráfica. 2. Describe y analiza el <i>pipeline</i> de renderizado, considerando sus etapas, con énfasis en la <i>API OpenGL core profile</i> como ejemplo. 3. Describe el proceso de rasterización y cómo este permite generar imágenes a partir de líneas y polígonos. 4. Discretiza manualmente figuras simples en 2D, generando una malla geométrica. 5. Elabora animaciones simples vía interpolación lineal. 6. Programa aplicaciones interactivas simples en 2D utilizando <i>OpenGL</i> , transformaciones y mallas geométricas.	
Bibliografía de la unidad		(5) Apuntes del curso. (1) Capítulo 1: <i>The Rendering Pipeline</i> ; Capítulo 4: <i>Transforms</i> . (2) Capítulo 1: <i>Introduction</i> ; Capítulo 2: <i>Our First OpenGL Program</i> .	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA4, RA7, RA8	Técnicas de Modelación	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Introducción a Texturas. 2.2. Modelación Jerárquica. 2.3. Modelo-Vista-Controlador. 2.4. Curvas y sus aplicaciones. 2.5. Animaciones.		La/el estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Modela escenas complejas que involucren texturas y múltiples objetos con posibles jerarquías entre sí. 2. Desarrolla aplicaciones interactivas, utilizando el patrón de arquitectura Modelo-Vista-Controlador. 3. Utiliza curvas de Hermite, Bezier y Catmull-Rom en la modelación geométrica y animación, considerando restricciones en sus parámetros. 4. Desarrolla una aplicación gráfica interactiva en <i>OpenGL</i>, utilizando conceptos de modelación geométrica y computación gráfica en 2D. 5. Reporta, de manera concisa, las decisiones tomadas para el desarrollo de la aplicación gráfica interactiva en 2D. 6. Identifica y analiza distintas técnicas de animación: transformaciones simples, esqueletos, cambios de color, máquinas de estado, considerando aplicabilidad y ventajas de cada una. 7. Utiliza conceptos, teorías para identificar y analizar técnicas de modelación útiles al momento de desarrollar aplicaciones gráficas, a partir de una lectura analítica de textos. 	
Bibliografía de la unidad		(1) Capítulo 7.5: <i>Texture Mapping</i> ; Capítulo 11: <i>Curves and Surfaces</i> . (3) Capítulo 3: <i>Scene Graphs</i> . (11) Capítulo 9.6: The Model-View-Controller architectural pattern. (8) Capítulo 11: <i>Computer Animation</i> .	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en Semanas
3	RA1, RA2, RA3, RA4, RA6, RA7	Modelación y Visualización Tridimensional	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Proyecciones. 3.2. Mallas de Polígonos. 3.3. Iluminación y Sombreado. 3.4. Introducción a Iluminación Global. 3.5. Recorte. 3.6. Eliminación de Caras Ocultas. 3.7. Modelación de Sólidos. 3.8. Aplicaciones: impresión 3D, sistemas CAD y sistemas de información geográfica (GIS).		La/el estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Ajusta transformaciones de vista y de proyección a conveniencia, considerando el proceso de visualización 3D. 2. Genera mallas de polígonos con propósitos de visualización, utilizando estructuras de datos apropiadas. 3. Identifica y analiza las especificaciones de formatos de archivos en mallas poligonales estándares: <i>STL</i>, <i>OBJ</i>, <i>OFF</i>, entre otros. 4. Utiliza mallas poligonales para la modelación de terrenos, a partir de ejemplos. 5. Analiza y utiliza el modelo de iluminación de Phong considerando las estrategias de <i>shading Flat</i>, <i>Gouraud</i> y <i>Phong</i>. 6. Identifica y explica las diferencias entre iluminación local y global, en relación con modelos geométricos. 7. Determina las ventajas de utilizar la iluminación global, dado que esta permite un mejor realismo de la escena. 8. Analiza y concluye cómo el recorte y la eliminación de caras ocultas mejoran el desempeño de una aplicación gráfica interactiva. 8. Desarrolla una aplicación gráfica interactiva en <i>OpenGL</i>, utilizando conceptos de modelación geométrica y computación gráfica en 3D. 9. Reporta, de manera concisa, las decisiones tomadas para el desarrollo de la aplicación gráfica interactiva en 3D. 10. Expone, de manera concisa, las decisiones tomadas para el desarrollo de una aplicación gráfica interactiva en 3D. 11. Compara y contrasta las técnicas de representación de sólidos como geometría sólido constructiva, volúmenes de barrido, representación en celdas, considerando la capacidad de representación de cada una. 12. Analiza la aplicabilidad y aportes de tipos de sistemas computacionales gráficos a otras disciplinas tales como Mecánica, Arquitectura, Diseño, Geología, Medicina, entre otros. 	

Bibliografía de la unidad	<p>(1) Capítulo 5.5: <i>Projections</i>; Capítulo 7: <i>Lighting and Shading</i>.</p> <p>(2) Capítulo 4: <i>Math for 3D Graphics, Understanding Transformations</i>; Capítulo 3: <i>Following the Pipeline, Primitive Assembly, Clipping and Rasterization</i>.</p> <p>(3) Capítulo 8.1: <i>Mesh Representation</i>; Capítulo 8.2: <i>Polygonal Manifolds</i>, Capítulo 8.3 <i>Mesh Data Structures</i>.</p> <p>(7) Capítulo 12.4: <i>The Rendering Equation</i>; Capítulo 12.5: <i>Radiosity</i> Capítulo 12.6 <i>Global Illumination and Path Tracing</i>.</p> <p>(10) Capítulo 12: <i>Solid Modeling</i>.</p>
---------------------------	--

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA2, RA5, RA6, RA7	Colisiones y Simulaciones Físicas	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>4.1. Simulación de problemas de Física Lineal.</p> <p>4.2. Diferencias Finitas para EDOs.</p> <p>4.3. Introducción a la Detección de Colisiones.</p> <p>4.4. Aplicaciones: Simulaciones computacionales gráficas y motores de juego.</p>		<p>La/el estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifica y resuelve, en el contexto de una simulación, el problema de detección de colisiones. 2. Aplica métodos de Diferencias Finitas a la resolución de EDOs, como el método de Euler y el método de Series de Taylor, comprendiendo las limitantes de precisión de cada uno de estos métodos. 3. Desarrolla una aplicación gráfica que simule movimientos basado en física, utilizando detección de colisiones y los métodos de diferencias finitas para EDOs. 4. Argumenta por escrito sobre las decisiones tomadas para el desarrollo de una aplicación gráfica que simule movimiento basado en fenómenos físicos. 	
Bibliografía de la unidad		<p>(1) Capítulo 13: <i>Linear Physics</i>; Capítulo 16.4: <i>Numerical Methods, Ordinary Differential Equations</i>; Capítulo 12: <i>Collision Detection</i>.</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA1, RA2, RA3, RA6	Visualización Científica	1,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Visualización de Campos Escalares y Vectoriales. 5.2. Visualización de data volumétrica: Algoritmo del Cubo Marchante.		La/el estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Analiza técnicas de visualización, considerando su función y características. 2. Genera gráficas de visualización de campos escalares y vectoriales en 2D y 3D, utilizando curvas de nivel, superficies, imágenes, diagramas de flujo y de flechas, etc. 3. Identifica y aplica técnicas de visualización, según el tipo de dato y las funcionalidades de cada técnica. 4. Analiza la aplicabilidad del algoritmo del cubo marchante en la generación de isosuperficies, considerando sus ventajas para la aplicación de técnicas de sombreado. 	
Bibliografía de la unidad		(5) Apuntes del curso. (9) Capítulo 26: <i>Visualization</i> . (4) <i>Marching Cubes: A high Resolution 3D Surface Construction Algorithm</i> .	

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- **Clases expositivas interactivas** que incluyen presentación de los temas de estudio, con los principales aprendizajes de cada sesión y el análisis de ejemplos en código.
- **Resolución de problemas** donde los y las estudiantes desarrollan aplicaciones gráficas interactivas que modelan, simulan y visualizan computacionalmente problemas aplicados que involucren datos, geometrías y escenas complejas en 2D y 3D. La implementación práctica se realiza programando la GPU con la librería de bajo nivel *OpenGL*.

F. Estrategias de evaluación:

La propuesta de evaluación se informará al inicio de cada semestre, indicando cantidad de evaluaciones y tipo, así como la ponderación para cada actividad evaluativa.

Para este curso se consideran las siguientes estrategias evaluativas:

- **Controles** (2).
- **Tareas computacionales** individuales y/o grupales, con su respectivo reporte (mínimo 3 tareas).
- **Presentación oral** de una tarea computacional (solo 1), evidenciando manejo de conceptos, procesos y técnicas de modelación geométrica y computación gráfica).

- **Examen (1):** se evalúan de manera integral los aprendizajes del curso.

En algunos de los controles o tareas se incluirá la evaluación de lecturas complementarias específicas, lo que se informará con antelación a los estudiantes.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- (1) Lengyel, E. (2012). *Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics*. Course Technology, Cengage Learning: third edition.
- (2) Sellers G., Wright, Jr. R. S., Haemel N. (2016). *OpenGL SuperBible. Comprehensive Tutorial and Reference*. Addison Wesley: seventh edition.
- (3) Mukundan R. (2012). *Advance Methods in Computer Graphics with examples in OpenGL*. Springer.
- (4) Lorensen W. E., Cline H. E. (1987). *Marching Cubes: A high Resolution 3D Surface Construction Algorithm*. Computer Graphics, ACM, 21(4): 164-169.
- (5) Apuntes del curso, disponibles en Material Docente de U-Cursos.

Bibliografía complementaria:

- (6) Kessenich J., Sellers G., Shreiner D. (2017). *OpenGL Programming Guide. The Official Guide to Learning OpenGL. Version 4.5 with SPIR-V*. Addison Wesley: ninth edition.
- (7) Angel E., Shreiner D. (2014). *Interactive Computer Graphics, a top-down approach with WebGL*. Pearson: seventh edition.
- (8) Hearn D., Baker M. P., Carithers W. R. (2014). *Computer Graphics with OpenGL*. Pearson Prentice Hall: fourth edition.
- (9) Marschner S., Shirley P. (2016). *Fundamentals of Computer Graphics*. CRC Press Taylor & Francis Group: fourth edition.
- (10) Foley J., van Dam A., Feiner S., Hughes J. (1995). *Computer Graphics: Principles and Practice in C*. Addison-Wesley Professional: second edition.
- (11) Lethbridge T., Laganière R. (2005). *Object-Oriented Software Engineering. Practical software development using UML and Java*. Mc Graw Hill.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Otoño, 2021
Elaborado por:	Nancy Hitschfeld, Daniel Calderón
Validado por:	Revisión y validación académico par: Iván Sipirán. Validación de CTD Computación noviembre de 2020
Revisado por:	Área de Gestión Curricular