



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Arquitectura

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**33000748 - Diseño Geométrico Asistido Por Ordenador: Formas Libres Y En Equilibrio**

### PLAN DE ESTUDIOS

03AM - Master Universitario En Arquitectura

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	7
8. Recursos didácticos.....	10
9. Otra información.....	11

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	33000748 - Diseño Geométrico Asistido por Ordenador: Formas Libres y en Equilibrio
<b>No de créditos</b>	4 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Primer semestre Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	03AM - Master Universitario en Arquitectura
<b>Centro responsable de la titulación</b>	03 - Escuela Tecnica Superior De Arquitectura
<b>Curso académico</b>	2022-23

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Sonia Luisa Rueda Perez (Coordinador/a)		sonialuisa.rueda@upm.es	Sin horario. Se publicará en Moodle el horario de tutorías

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Arquitectura no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Se recomienda manejo de Grasshopper

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE68 - Aptitud para la concepción, la práctica y desarrollo de proyectos básicos y de ejecución, croquis y anteproyectos.

CT3 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas.

RD9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA11 - Diseño y cálculo de patrones para la confección de soluciones textiles en arquitectura

RA48 - Capacidad para elaborar modelos matemáticos aplicados a la arquitectura

RA7 - Conocimiento del funcionamiento de las estructuras de membrana

RA10 - Uso de programas de ordenador específicos para el diseño y cálculo de soluciones textiles para la arquitectura

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Existen dos métodos de búsqueda de formas: desarrollo a partir de formas libres (free-forms) o a partir de formas o figuras en equilibrio (figures of equilibrium). El primer método se basa en la utilización de formas geométricas para diseñar las líneas, bordes y superficies que constituyen el contenido geométrico del diseño. Los elementos a utilizar son curvas (espaciales) y superficies, en muchos casos descendientes directos de curvas espaciales (superficies de traslación, de revolución, regladas, Coons). Actualmente las herramientas de diseño a partir de formas libres están implementadas en software de diseño asistido por ordenador (CAD) y utilizan curvas y superficies NURBS. Las posibilidades de desarrollo de formas libres utilizando objetos geométricos descriptibles analíticamente crecen exponencialmente bajo las manos de un usuario con experiencia. Las formas libres están definidas independientemente del flujo de fuerzas que actúa sobre ellas. Si queremos construir estructuras delgadas y que cubran una amplia superficie, la forma debe buscarse teniendo en cuenta las fuerzas que actúan sobre dicha superficie: la forma se obtiene a partir de figuras o formas en equilibrio.

En este curso estudiaremos los fundamentos del diseño geométrico asistido por ordenador y aplicaremos los conocimientos adquiridos para analizar la obra de arquitectos líderes en el diseño digital como, por ejemplo: Minifie Nixon, Foster and Partners, John Pickering, Gehry and Partners, Tyo Ito.

Se trabajará con Grasshopper, "plug-in" de Rhinoceros 3D para el diseño de superficies de formas libres y con el software Kangaroo para la búsqueda de formas en equilibrio y la simulación de estructuras tensadas. Además introduciremos GhPython para resolver cuestiones que requieran de esta herramienta de programación.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. Curvas

- 1.1. Curvas en Grasshopper. Curvas de Bézier
- 1.2. Curvas en Grasshopper. Curvas NURBS
- 1.3. Introducción a Python. Curvas fractales
- 1.4. Curvatura. Conexión de curvas y continuidad geométrica

### 2. Superficies

- 2.1. Superficies en Grasshopper.
- 2.2. Análisis de superficies. Panelización de cubiertas.
- 2.3. Superficies NURBS
- 2.4. Superficies minimales

### 3. Búsqueda de equilibrio

- 3.1. Estudio de cargas y tensiones en redes de cables
- 3.2. Ecuaciones de equilibrio de una estructura tensada
- 3.3. Modelización de estructuras tensadas con Kangaroo
- 3.4. Corte de patrones. Geodésicas

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1		<p><b>1.1 Curvas en Grasshopper. Curvas de Bézier</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>1.1 Curvas en Grasshopper. Curvas de Bézier</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
2		<p><b>1.3 Introducción a Gh Python. Curvas fractales.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>1.4 Curvatura. Conexión de curvas, continuidad geométrica</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
3		<p><b>2.1 Superficies en Grasshopper.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>2.2 Análisis de superficies. Panelización de cubiertas.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
4		<p><b>2.3 Superficies NURBS</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>2.4 Superficies minimales</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
5				<p><b>Entrega 1: Exposición</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 04:00</p> <p><b>Entrega 1: Modelización de formas libres.</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final</p>

				No presencial Duración: 00:00
6		<b>3.1 Estudio de cargas y tensiones en redes de cables</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio  <b>3.2 Ecuaciones de equilibrio de una estructura tensada</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7		<b>3.3 Modelización de estructuras tensadas con Kangaroo.</b> Duración: 03:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Cuestionario</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 00:30
8		<b>3.4 Corte de patrones. Geodésicas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Resumen de un artículo de investigación. Exposición del resumen en clase</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 02:00
9				<b>Entrega 2: Modelización de formas en equilibrio.</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 00:00  <b>Entrega 2: Exposición</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 04:00
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.



## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
5	Entrega 1: Exposición	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	No Presencial	04:00	10%	5 / 10	RD9
5	Entrega 1: Modelización de formas libres.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	20%	5 / 10	CE68 CT3
7	Cuestionario	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	00:30	10%	5 / 10	
8	Resumen de un artículo de investigación. Exposición del resumen en clase	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	No Presencial	02:00	20%	5 / 10	RD9
9	Entrega 2: Modelización de formas en equilibrio.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	30%	5 / 10	CT3 CE68
9	Entrega 2: Exposición	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	No Presencial	04:00	10%	5 / 10	RD9

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
5	Entrega 1: Exposición	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	No Presencial	04:00	10%	5 / 10	RD9

5	Entrega 1: Modelización de formas libres.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	20%	5 / 10	CE68 CT3
7	Cuestionario	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	00:30	10%	5 / 10	
8	Resumen de un artículo de investigación. Exposición del resumen en clase	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	No Presencial	02:00	20%	5 / 10	RD9
9	Entrega 2: Modelización de formas en equilibrio.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	30%	5 / 10	CT3 CE68
9	Entrega 2: Exposición	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	No Presencial	04:00	10%	5 / 10	RD9

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Entrega y exposición de 2 trabajos de modelización. Entrega del resumen de un artículo de investigación. Cuestionario de contenidos mínimos online.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	100%	5 / 10	CE68 CT3 RD9

## 7.2. Criterios de evaluación

Se evaluarán y valorarán:

- El manejo del software Grasshopper y Kangaroo como herramientas de modelización arquitectónica.
- Las soluciones a los problemas geométricos surgidos durante el desarrollo de los proyectos de modelización.
- Que el diseño sea paramétrico
- La documentación y explicación de los programas en Grasshopper y Kangaroo entregados.
- La elaboración del póster resumen con los resultados de la modelización.
- La calidad de las presentaciones. La capacidad de comunicación de los conocimientos, razonamientos y conclusiones de las entregas realizadas por el alumno.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Architectural Geometry	Bibliografía	Autores: H. Pottmann, A. Asperl, M. Hofer and A. Kilian.   Editorial: Bentley Institute Press (2007).
Grasshopper	Equipamiento	Plug-in de Rhinoceros 3D
Kangaroo	Equipamiento	software
Cuadernillos Juan de Herrera	Bibliografía	Autora: Sonia L. Rueda  Titulo: Formas libres (I) Curvas NURBS
Cuadernillo Juan de Herrera	Bibliografía	Autora: Sonia L. Rueda  Titulo: Formas libres (II) Superficies NURBS
Advances in architectural Geometry 2010, Springer-Verlag. Viena, 2010.	Bibliografía	Ceccato, Hesselgren, Pauly, Pottmann, Wallner (Eds).
Advances in architectural Geometry 2012, Springer-Verlag. Viena, 2012.	Bibliografía	Ceccato, Hesselgren, Pauly, Pottmann, Wallner (Eds).
Advances in architectural Geometry 2014, Springer-Verlag, Viena 2014.	Bibliografía	Ceccato, Hesselgren, Pauly, Pottmann, Wallner (Eds).
Advances in architectural Geometry 2016, Springer-Verlag, Viena 2016.	Bibliografía	Ceccato, Hesselgren, Pauly, Pottmann, Wallner (Eds).
Tension structures. Form and behaviour. Thomas Telford Publishing 2003	Bibliografía	Lewis, W.J.
Stresses in Shells	Bibliografía	Autor: W. Flügge, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1960.
Panelización de superficies de forma libre en arquitectura: de la idea a su construcción	Bibliografía	Barreiro Barba, Álvaro. Trabajo Fin de Grado. <a href="http://oa.upm.es/49797/">http://oa.upm.es/49797/</a>

Análisis de superficies plegadas en la arquitectura. Parametrización y desarrollo.	Bibliografía	Parajó Cenamor, Carlos. Trabajo Fin de Grado. UPM, 2020. <a href="http://oa.upm.es/58068/">http://oa.upm.es/58068/</a>
La geometría de la panelización: análisis y comparativa.	Bibliografía	Rivero Domínguez, Sira. Trabajo Fin de Grado. UPM, 2020. <a href="http://oa.upm.es/58070/">http://oa.upm.es/58070/</a>
Timber gridshells, optimización por medio del uso de curvas geodésicas	Bibliografía	Bravo Álvarez, Ángel. Trabajo Fin de Grado. UPM, 2019. <a href="http://oa.upm.es/55940/">http://oa.upm.es/55940/</a>
Arquitectura fractal: Optimización topológica.	Bibliografía	Martínez Villarroya, Daniel. Trabajo Fin de Grado. UPM, 2019. <a href="http://oa.upm.es/55874/">http://oa.upm.es/55874/</a>
Porosidad y superficies mínimas: aplicación a la fabricación digital	Bibliografía	Pol Segura, Jorge. Trabajo Fin de Grado. UPM, 2021. <a href="http://oa.upm.es/66781/">http://oa.upm.es/66781/</a>

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Esta asignatura se impartirá de manera presencial, salvo que las autoridades tanto sanitarias como de la Universidad indiquen lo contrario.

La comunicación vía e-mail se realizará a través de los correos institucionales @alumnos.upm.es.

Es imprescindible la consulta frecuente a la plataforma Moodle de la asignatura donde se actualizará cualquier información común sobre la misma. Se publicará en Moodle el horario de tutorías.

La asignatura se relaciona con el ODS4.