



## **ACG138/6b: Máster Erasmus+ Computational Color and Spectral Imaging (COSI) por la Norwegian University of Science and Technology, NTNU (Gjovik, Noruega), la Universidad de Granada, la University of Eastern Finland, UEF (Joensuu – Finlandia) y la Université Jean Monnet Saint-Etienne (Saint Etienne – Francia)**

---

- Aprobado en la sesión ordinaria del Consejo de Gobierno de 31 de enero de 2019



## PROPUESTA ABREVIADA DE MÁSTER CONJUNTO INTERNACIONAL ERASMUS PLUS

<b>TÍTULO DE LA PROPUESTA DE MÁSTER Y ECTS totales</b>	Máster Erasmus+ "Computational Color and Spectral Imaging (COSI)" - 120 ECTS
<b>DPTO/INST/CENTRO(S) PROPONENTE(S) DE LA UGR</b>	Departamento de Óptica
<b>COORDINADOR DE LA PROPUESTA EN LA UGR</b>	Juan Luis Nieves Gómez 615952301 (958241900), <a href="mailto:jnieves@ugr.es">jnieves@ugr.es</a>
<b>UNIVERSIDAD COORDINADORA</b>	Norwegian University of Science and Technology NTNU (Gjovik, Noruega)
<b>UNIVERSIDADES SOCIAS</b>	-Universidad de Granada (UGR), Granada - España. -University of Eastern Finland (UEF), Joensuu - Finlandia. -Université Jean Monnet Saint-Etienne, Saint Etienne - Francia.
<b>CENTROS, EMPRESAS, INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	<i>CENTROS ASOCIADOS/PARTICIPANTES:</i> - Chulalongkorn University (Tailandia); - Monash University Malaysia (Malasia); - Jadavpur University (India); - Amirkabir University of Technology (Irán); - Università degli Studi di Milano (Italia); - Universidade do Minho (Portugal); - Toyohashi University of Technology (Japón);  <i>EMPRESAS ASOCIADAS/PARTICIPANTES:</i> - Technicolor (Francia); - Olympus Corporation (Japón); - SPECIM Spectral Imaging Ltd (Finlandia); - SoftColor Ltd (Finlandia); - Hewlett-Packard España (España); - Chromasens GmbH (Alemania); - Corporación Tecnológica Tecnalía (España); - Akzo Nobel (Netherlands); - Barco (Bélgica);
<b>RAMA DE CONOCIMIENTO</b>	Óptica
<b>ORIENTACIÓN DEL MÁSTER</b>	Investigación, Académica, Industrial



<p><b>COMPETENCIAS</b></p>	<p>Los principales objetivos del son: - proporcionar a los estudiantes las competencias interdisciplinares apropiadas en Óptica, Fotónica, Ciencia del Color, Imagen Digital y Multimedia, Tecnologías de Imagen Espectral, y Visión Computacional; - aunar la comprensión de la Visión Computacional, el procesamiento digital de imágenes, y todos los fenómenos físicos subyacentes; - adquirir la capacidad de aunar la Ciencia del Color, el procesamiento digital de imágenes y las tecnologías multimedia afines.</p> <p>Este programa Master proporciona un conocimiento multidisciplinar en Fotónica, Ciencia y Tecnología del Color, tecnologías de imagen espectral, y la imagen digital y las tecnologías multimedia aplicadas a la Visión computacional y los problemas industriales, tecnológicos y de investigación. Los estudiantes se formarán para convertirse en los mejores especialistas en estos campos, beneficiándose además de un programa obligatorio de movilidad internacional, lo que redundará en la completa adaptación a diferentes sistemas educativos (España, Francia, Noruega y Finlandia) y en la excelencia de su formación. El diseño del programa aprovecha al máximo las potencialidades de cada uno de los socios del consorcio así como sus infraestructuras. Las habilidades lingüísticas se constituyen, dentro de una era dominada por la globalización, en un activo importante para la búsqueda de trabajo, tanto de investigación en laboratorios públicos como en la empresa privada en diferentes países, por lo que nuestro consorcio COSI ha establecido el inglés como idioma obligatorio de enseñanza en todas las universidades/centros participantes.</p> <p>La estructura del máster COSI permite que los estudiantes se pongan en en contacto con diferentes culturas y lenguas en Europa, teniendo la oportunidad de vivir en ciudades tan diferentes como Saint Etienne (Francia), Granada (España), Joensuu (Finlandia), Gjøvik (Noruega) con una larga tradición en educación universitaria y programas de movilidad Erasmus a lo largo de los años. Con la incorporación de universidades asiáticas, como centros asociados dentro de COSI, se abre también la posibilidad de que los estudiantes puedan realizar en ellas internships o sus Trabajos Fin de Máster, aumentando así la oferta de movilidad y de contacto con otras culturas.</p>
----------------------------	--



**ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA** *(use las líneas que estime necesarias):*

En 2007 el máster internacional “Color in Informatics and Media Technology (CIMET)” obtuvo la prestigiosa etiqueta de excelencia Erasmus Mundus y estuvo impartándose desde Septiembre de 2008 hasta 2014 en las cuatro universidades participantes que conforman el actual consorcio COSI: University of Eastern Finland (Finlandia), Norwegian University of Science and Technology (Noruega), Universidad de Granada (España), y la Université Jean Monnet Saint-Etienne (Francia). En 2014 el mismo consorcio consiguió la renovación de dicha etiqueta de excelencia pero ahora bajo la nueva denominación Erasmus+ y con el nombre de “Color in Science and Industry (COSI)” con el que comenzó a impartir su primera promoción en 2015.

En el momento de la presente solicitud de renovación de la etiqueta Erasmus+ serán cuatro las promociones de estudiantes que hayan accedido a COSI. Para esta renovación de la etiqueta de excelencia el consorcio ha decidido cambiar el nombre en inglés del máster pero manteniendo su acrónimo COSI por ser ya bien conocido a nivel internacional. Además, la universidad coordinadora será ahora la noruega Norwegian University of Science and Technology en Gjøvik, lo que necesariamente nos obliga a introducir algunos cambios en la movilidad obligatoria de los estudiantes. Sin embargo, el presente máster que se propone con el título “Computational cOLOR and Spectral Imaging (COSI)” sigue manteniendo la misma esencia y relación con el plan de estudios y movilidad respecto al máster que viene impartándose desde Septiembre de 2015, e incluso previamente desde el original CIMET de 2007. Mantenemos un enfoque muy orientado a la Ciencia y Tecnología del Color, mucho más centrado en las áreas de computación y Visión Artificial, con presencia tanto de industrias afines dentro de la estructura del máster, inclusión de centros asociados o “associated partners”, y apoyo expreso de empresas del sector y centros de enseñanza e investigación. De igual modo introducimos ahora nuevas materias que cubren aplicaciones y sectores actuales de gran trascendencia en las tecnologías fotónicas, como son la optoelectrónica y los sensores ópticos. Tras diez años desde la implantación de CIMET, seguimos pensando que nuestra propuesta internacional permite al máster desarrollarse más, y adaptarse mejor, a los rápidos cambios que tanto la sociedad como la industria demandan en el campo de la ciencia y tecnología del color, la imagen, la Óptica y las tecnologías multimedia.

Actualmente el máster Erasmus+ COSI atrae más de 200 solicitudes de admisión anuales procedentes de más de 68 nacionalidades distintas. La calidad de la formación que reciben durante los dos años de duración del máster, unida a la excelencia de los estudiantes que lo cursan, ha permitido conseguir pleno empleo para los más de 60 estudiantes que han conseguido completarlo en las diferentes ediciones. Una gran mayoría de esos estudiantes están realizando tesis doctorales en prestigiosas universidades de Europa y Estados Unidos, y el resto han sido contratados por empresas del sector.





**MÁSTERES DE LA UGR RELACIONADOS Y POSIBLE CONCURRENCIA** (Indíquese también la posible concurrencia con enseñanzas de Grado)

En la actualidad el máster Erasmus+ COSI, así como la propuesta que ahora hacemos, ofrece una formación académica dentro de la UGR que no se solapa con ningún máster oficial de los que oferta nuestra universidad. Es el único máster en Europa dedicado a los tópicos interdisciplinares en donde la ciencia y tecnología del color juegan un papel esencial ligado a las áreas de la Visión por Computador y Visión Artificial.

En cuanto a la concurrencia con enseñanzas de Grado, durante los años de impartición de CIMET y de COSI hemos comprobado que los estudiantes que han cursado el máster fundamentalmente proceden de las siguientes titulaciones: Ingeniería de Telecomunicaciones, Ingeniería Informática, Ingeniería Electrónica, Grado en Óptica y Optometría, Grado en Física, Grado en Ingeniería de Sonido e Imagen, y Grado en Matemáticas. Este es el perfil mayoritario del estudiante que ingresa en el máster y se volverá a permitir el acceso al máster COSI desde dichos estudios.

**TIPO DE TITULACIÓN DOBLE / MÚLTIPLE / CONJUNTA**

Múltiple, en cada una de las Universidades del consorcio

**UNIVERSIDADES QUE EXPIDEN EL TÍTULO/LOS TÍTULOS:**

- Université Jean Monnet Saint-Etienne (UJM), St. Etienne - Francia.
- Universidad de Granada (UGR), Granada - España.
- University of Eastern Finland (UEF), Joensuu -Finlandia.
- Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Gjøvik - Noruega.

**ACCESO Y ADMISIÓN DE ESTUDIANTES** *(use las líneas que estime necesarias):*

El procedimiento de selección es transparente, y es una responsabilidad compartida, y de obligado cumplimiento, por cada uno de los Coordinadores Académicos locales el proceso de evaluación de todas las solicitudes. Cada expediente de solicitud es evaluado por los cuatro coordinadores académicos (siguiendo criterios comunes), siempre que la solicitud esté completa y se reciba en tiempo y forma adecuados. El consorcio, y en concreto la Universidad coordinadora, cuenta con una persona de apoyo administrativo que se encargará de comprobar si las solicitudes están completas o si les falta algún tipo de documento, en cuyo caso se pondrá en contacto con los solicitantes para subsanar esa falta de documentación.

**Procedimiento de solicitud:**

Los estudiantes realizarán su solicitud online a través de la aplicación que COSI ha habilitado habitualmente para ello en <https://international-sciencemasters.univ-st-etienne.fr/login>. El servidor se abre a principios de otoño de cada año y permanece abierto durante todo el curso académico. Toda la información enviada por los



estudiantes estará accesible tanto para el personal administrativo como para los coordinadores académicos de cada universidad. Los candidatos seleccionados deberán enviar la solicitud de papel por correo ordinario para su verificación posterior. Con el cambio de universidad coordinadora probablemente el servidor cambie y se localice en la institución noruega pero esta posible migración no afectará al procedimiento que hemos estado habilitando durante los últimos años.

Paralelamente al proceso anterior, la coordinación local en la Universidad de Granada velará por la revisión de las solicitudes que se reciban en los plazos y procedimientos que se establecen por el Distrito Único Andaluz, sin que ello signifique restar ni dar prioridad a estudiantes que utilicen este medio para solicitar acceso a COSI. En cualquiera de los casos, la Coordinación local contactará con los estudiantes nacionales que estén interesados, y que solo tuvieran conocimiento de COSI a través de la aplicación del Distrito Único, para informales y asesorárles en cualquier aspecto relevante al respecto.

#### Documentación a aportar:

1. Curriculum Vitae.
2. Carta personal de motivación.
3. Copia del expediente académico.
4. Dos cartas de recomendación.
5. Acreditación de idioma Inglés (B2 o superior o sus equivalente TOEFL, etc.).
6. Posibles publicaciones, en caso de ser mencionadas en el Curriculum Vitae, y acreditación de cualquier otra experiencia de movilidad y prácticas en empresa.

De acuerdo a la documentación presentada, el proceso de selección de candidatos tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

#### 1. Expediente académico

Atendiendo a la excelencia académica del candidato: expediente y notas en los estudios de licenciatura y/o grado (es decir, 180 créditos ECTS en el sistema europeo) o equivalente, en materias como la física, la óptica, la ciencia de la imagen, ciencias de la computación, las matemáticas o cualquier disciplina relacionada con la descripción cuantitativa del color, siempre y cuando el solicitante pueda presentar pruebas de los conocimientos previos necesarios (es decir, una base de competencias mínimas), en particular en los ámbitos de los fundamentos físicos / técnica, fundamentos de informática y análisis de imágenes y fundamentos de procesamiento de señales.

Los solicitantes de terceros países tienen que ser graduados estando en posesión de un diploma de posgrado equivalente a un nivel de postgrado de 180 ECTS en el sistema europeo. Los solicitantes deben tener al menos un promedio de C en la escala de calificación ECTS, o equivalente, durante sus estudios de pregrado.

#### 2. Idioma

Competencia y acreditación lingüística: el estudiante debe demostrar su conocimiento y manejo del idioma Inglés (hay que tener en cuenta que toda la docencia



del máster es en este idioma en todos los centros del consorcio COSI). Por ello deben probar un nivel B2 o equivalente en TOEFL (213 puntos o 550 points, según sea online o en papel), IELTS de 6.5 o Cambridge Proficiency Certificate of English grade C.

### 3. Carta de Motivación

Carta personal de motivación y adecuada exposición de los motivos por los que el estudiante desea su entrada en el máster COSI.

### 4. Política de igualdad de género y oportunidades

Más allá de estos tres criterios principales, y siempre que la cualificación y la calidad de los candidatos sea idéntica, el consorcio tendrá una especial atención al principio de igualdad de género en la cooperación con los organismos nacionales y europeos encargados de ayudar y asesorar a las instituciones de educación superior hacia la igualdad de género en las comunidades de estudiantes, académicos y de investigación.

## ESTRUCTURA DEL PLAN DE ESTUDIOS Y CRONOGRAMA:

### Estructura General

El Máster COSI es un programa a tiempo completo de 2 años de duración y 120 ECTS. El programa abarca en sus enseñanzas y prácticum áreas de la fotónica y la óptica, la ciencia del color, imagen digital, análisis de datos y estadística, y ciencias de la computación y tecnología de imagen espectral, y visión por computador.

Los estudiantes cubrirán una primera especialización en los dos primeros semestres en la ciencia del color, el procesamiento de imagen y la visión computacional y artificial; una segunda especialización se introducirá en el semestre tercero, donde el estudiante podrá elegir entre un perfil más derivado hacia las Técnicas y Sistemas de Imagen Espectral o una especialización más cercana a las Tecnologías Multimedia en Color. En cualquiera de los casos, ambas especializaciones (o módulos) comparten similitudes y no suponen el seguir especializaciones totalmente independientes y sin relación una con otra.

- El primer semestre (S1) se centra en cursos básicos sobre: fotónica y óptica, la ciencia del color, análisis y procesamiento de imágenes, análisis de datos y estadística, y diseño de algoritmos. Este semestre se desarrolla enteramente en Gjøvik (en la institución Noruega NTNU), lo cual, como universidad coordinadora, facilita la recepción de los estudiantes, el registro de los mismos, apertura de cuentas bancarias, etc. Desde el punto de vista académico, el semestre introducirá además al estudiante materias sobre los problemas de actualidad que la industria demanda, y revisará todos los cursos fundamentales que son necesarios para los estudiantes antes de comenzar las dos especializaciones que deben seguir más adelante (como por ejemplo, programación avanzada en Matlab y Python).
- El segundo semestre (S2) se imparte en Francia (en la Université Jean Monnet Saint-Etienne) y en Granada (UGR), y abordará cursos sobre: colorimetría avanzada, percepción y visión humana, introducción a la tecnología de imagen



espectral, y visión computacional, procesamiento de imágenes mediante técnicas de aprendizaje automático, etc.

- El tercer semestre (S3) se impartirá en Noruega (universidad NTNU) y en Finlandia (universidad UEF) y, como ya se ha comentado, se tratará se un semestre en el que los estudiantes irán profundizando cada vez más en temas y líneas concretas sobre tecnologías espectrales de análisis y síntesis de imágenes, tecnologías Multimedia y aplicaciones relacionadas.
- El cuarto semestre (S4) está dedicado a la realización del Trabajo Fin de Máster (TFM), que también denominamos Tesis de Máster; este TFM podrá ser realizado en cualquiera de las Universidades del consorcio o en los centros y empresas asociadas dentro de COSI (“associated partners” e “industrial partners”).

Del adecuado desarrollo de esta estructura, tanto a nivel académico como administrativo, velarán las Comisiones Académicas (“Academic Board”, formado por los coordinadores locales, personal administrativo de apoyo, representantes de las empresas y centros asociados, y representante de los estudiantes), y la Comisión de Calidad (“Quality Assurance Board”, con la misma distribución de representación que la anterior, pero personas diferentes, y apoyado por personal externo al máster tanto de Universidad como de Empresa).

#### -Movilidad de los estudiantes por semestres

La movilidad de los estudiantes se organiza en función de los módulos o especializaciones que se han definido para los 2 años (4 semestres) de duración del máster:

- **Módulo Fundamental (30 ECTS):** 4 cursos obligatorios (de 7.5 ECTS cada uno) y 2 cursos optativos extra, ofertados en la NTNU en Noruega.
- **Módulos sobre *Color Imaging Modeling and Understanding, y Photonics, Image and Vision* (30 ECTS cada uno):** durante el Semestre 2 se ofertan dos especializaciones ligeramente diferentes según se elija Francia o España en la movilidad; se ofertan entre 4 y 5 cursos obligatorios y 5 cursos optativos (5 ECTS según el curso; ver tabla más adelante). Los estudiantes son libres de elegir entre todas las asignaturas optativas pero tratando de buscar cierta coherencia con el destino y especialización siguiente del semestre tercero.
- **Módulos específicos sobre *Computational spectral imaging, y Color and visual computing* (30 ECTS cada uno):** el Semestre 3 y sus cursos obligatorios y optativos (desglose de ECTS por curso en tabla más adelante) se organizan en función de que el estudiante se desplace a Noruega (NTNU) o a Finlandia (UEF); en este Semestre se continúa con la especialización del estudiante antes de afrontar el cuarto y último semestre.
- **Trabajo Fin de Máster (o Tesis de Máster) de (30 ECTS):** un único modulo que puede ser realizado en cualquiera de las Universidades del consorcio o en los centros y empresas asociadas dentro de CIMET (“associated partners”).



-Listado de las asignaturas por semestre, que indica: denominación, ECTS y carácter (obligatoria/optativa), sin olvidar que todas se imparten en inglés.

Semestre 1	Asignaturas (ECTS)
<b>Impartido en:</b> Univ. NTNU (Noruega)  <b>Total créditos:</b> 30 ECTS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Computer Graphics Fundamentals and applications (7.5 ECTS)</li> <li>▪ Cross-media color reproduction (7.5 ECTS)</li> <li>▪ Image processing (7.5 ECTS)</li> <li>▪ Deep Learning and visual computing (7.5 ECTS)</li> </ul> <b>Opcional:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Programming crash course (2.5 ECTS)</li> <li>▪ Norwegian language and culture (5 ECTS)</li> </ul>

Semestre 2	Asignaturas (ECTS)
<b>Impartido en:</b> Univ. UGR (Granada)  <b>Total créditos:</b> 30 ECTS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Advanced Optoelectronics - 5 ECTS</li> <li>▪ Optical sensors - 5 ECTS</li> <li>▪ Computer Vision - 5 ECTS</li> <li>▪ Data Science - 5 ECTS</li> </ul> <b>Opcional:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Advanced Color and Spectral Imaging - 5 ECTS</li> <li>▪ Deep Learning in Computer Vision and Imaging - 5 ECTS</li> <li>▪ Human Perception and Cognition (5 ECTS)</li> <li>▪ Internship in a Company - 5 ECTS</li> <li>▪ Remote Imaging and Sensing - 5 ECTS</li> <li>▪ Spanish language and culture - 5 ECTS</li> </ul>

OR Semestre 2	Asignaturas (ECTS)
<b>Impartido en:</b> Univ. UJM (Francia)  <b>Total créditos:</b> 30 ECTS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Advanced Color Image Processing (5 ECTS)</li> <li>▪ 3D Models in Computer Vision (5 ECTS)</li> <li>▪ Machine Learning Models in Computer Vision (5 ECTS)</li> <li>▪ Light Matter Interaction and Materials Appearance: from physics to virtual Reality (5 ECTS)</li> <li>▪ From Statistics to data mining (5 ECTS)</li> </ul> <b>Opcional:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ French Culture and French Language (2 ECTS)</li> <li>▪ Scientific Methodology and Project Management (5 ECTS)</li> <li>▪ 3D Visualization and GPU (3 ECTS)</li> <li>▪ Digital innovation and entrepreneurship (5 ECTS)</li> <li>▪ Pattern Recognition (5 ECTS)</li> </ul>

Semestre 3	Asignaturas (ECTS)
<b>Impartido en:</b> Univ. NTNU (Noruega)  <b>Total créditos:</b> 30 ECTS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Selected research topics in colour imaging (7.5 ECTS)</li> <li>▪ Video processing and analysis (7.5 ECTS)</li> <li>▪ Appearance perception and measurement (7.5 ECTS)</li> </ul> <b>Opcional:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Content based indexing and retrieval (7.5 ECTS)</li> <li>▪ Advanced color management (7.5 ECTS)</li> <li>▪ Advanced project work (7.5 ECTS)</li> </ul>



OR Semestre 3	Asignaturas
<p>Impartido en:</p> <p>University of Eastern Finland (UEF)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Applications on Photonics (5 ECTS)</li> <li>▪ Advanced Spectral Imaging Devices (5 ECTS)</li> <li>▪ Color Science Laboratory (5 ECTS)</li> <li>▪ Industrial Group Project (5 ECTS)</li> <li>▪ Advanced deep Learning (5 ECTS)</li> </ul> <p>Opcional:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Optical Metrology and Fabrication (5 ECTS)</li> <li>▪ Location-aware mobile applications development (LAMAD) (5 ECTS)</li> <li>▪ Finish Culture and Language (5 ECTS)</li> </ul>
Semestre 4	
<p>En cualquiera de las cuatro Universidades socias (UGR, UEF, GUC or UJM)</p> <p style="text-align: center;">o</p> <p>En cualquiera de los centros/empresas asociadas</p>	<p>Master Thesis (30 ECTS)</p>

- Información relativa al TFM (ECTS, instituciones etc.)

Durante el Semestre 4 los estudiantes realizarán su Trabajo Fin de Máster o Tesis de Máster y tendrán la oportunidad de acercarse al campo de la investigación tanto en los laboratorios de las Universidades del consorcio, como en los centros y empresas asociadas (Chromasens, Technicolor, Olympus, Tecnalía, Azko Nobel etc.).

Al inicio de curso (alrededor de Octubre) se solicitará a cada uno de los miembros del consorcio una lista de propuestas y tópicos de tesis de máster, que se distribuirá entre los estudiantes. Los estudiantes elegirán tópico (tres como máximo), justificando su elección adecuadamente, y se procederá a la asignación por expediente. Hasta ahora la oferta del consorcio COSI viene siendo de unos 50 a 80 temas de Tesis de Máster, de los cuales alrededor del 30% son propuestos por las empresas y centros tecnológicos.

El estudiante puede realizar su trabajo Fin de Máster en un centro o institución fuera del consorcio, siempre y cuando se firme con el mismo un acuerdo por escrito que incluya las condiciones de trabajo, remuneración si existiera, tutor/res en la empresa, etc.



PARA LAS ASIGNATURAS QUE SE IMPARTEN EN LA UGR se aporta la siguiente información sobre Denominación, Número de ECTS, Contenido, y Profesorado de la UGR:

**Materia/asignatura 1(denominación): Advanced Optoelectronics**

**5 ECTS**

**Breve contenido (máx. 200 palabras)**

This course provides the basics and fundamental principles of semiconductor-based light emitting devices: LEDs and lasers. The electrical and optical properties of these devices will be addressed with special focus on the optimization of their efficiency and luminosity. To do that, the course will include the analysis of nanostructures such as quantum wells, quantum wires, and quantum dots, with their fundamental properties, up to applications.

This course is based on lectures and practical session activities, exchanges and discussions between students and instructors, as well as homework.

(topic 1) Introduction to light emitting devices and the physical principles on which they are based

(topic 2) LED electrical and optical properties; efficiency, luminosity and optimization of device structure

(topic 3) Materials employed for LEDs emitting at different wavelengths; LEDs for white light illumination

(topic 4) Confined structures and their application in LEDs: quantum wells, quantum wires, quantum dots

(topic 5) Basic principles of laser: optical gain, resonant cavities, laser oscillation

(topic 6) Semiconductor lasers

(topic 7) Advanced laser structures: VECSEL, quantum dot laser, quantum cascade laser

Practical works (laboratory sessions and case studies) in order to implement concepts introduced in the lectures, to practice on real applications and to train students.

(Lab session 1) Simulation of states in quantum wells. Simulation of quantum dots states and interaction with light.

**Profesorado** Luca Donetti ; Francisco J. Gámiz; Fco. Javier Romero

**Materia/asignatura 2 (denominación) Optical Sensors**

**5 ECTS**

**Breve contenido (máx. 200 palabras)**

This course provides the basics and fundamental principles of optical sensors, with especial focus on technology and cutting edge multidisciplinary applications. The contents include transduction and sensor theory, physical fundamentals of optical sensors, semiconductor-based optical sensors, and application of optical sensors from



traditional to nano- and bio- technologies. The course will include case studies, using different simulation tools and practical exercises.

This course is based on exchanges and discussions between students and instructors, lectures and practical session activities, as well as homework.

- (topic 1) Transduction and sensing systems.
- (topic 2) Basic photodetectors based on semiconductor devices. Photodiodes, phototransistors and solar cells.
- (topic 3) Image sensors based on matrix arrangements. CCD, CMOS sensors.
- (topic 4) Photomultiplier systems
- (topic 5) Optical waveguides in sensing systems
- (topic 6) Semiconductor-Based Nanostructures for Photoelectrochemical Sensors and Biosensors
- (topic 7) Optical sensors in scientific instrumentation and transportation systems.
- (topic 8) Future applications

Practical works (laboratory sessions and case studies) in order to implement concepts introduced in the lectures, to practice on real applications and to train students.

(Lab session 1, 2) Simulation of semiconductor optical sensors. Technology and geometry optimization.

(Lab session 3) Characterization lab of optical sensors.

**Profesorado** Carlos Sampedro Matarín; Ana Carrasco;

**Materia/asignatura 3 (denominación)** Deep Learning in Computer Vision and Imaging

**5 ECTS**

**Breve contenido (máx. 200 palabras)**

Deep Learning is a powerful machine learning tool that showed outstanding performance in many fields. One of the greatest successes of Deep Learning has been achieved in large scale object recognition with Convolutional Neural Networks (CNNs). CNNs' main power comes from learning data representations directly from data in a hierarchical layer based structure. The course will study Convolutional Neural Networks in order to solve computer vision tasks such as optical flow, scene understanding, and develop state-of-the-art methods. The goal of this course is to introduce students to computer vision, starting from basics and then turning to more modern deep learning models. We will cover both image and video recognition, including image classification and annotation, object recognition and image search, various object detection techniques, motion estimation, object tracking in video, human action recognition, and finally image stylization, editing and new image generation. In course project, students will learn how to build face recognition and manipulation system to understand the internal mechanics of this technology, probably the most renown and oftenly demonstrated in movies and TV-shows example of computer vision and AI.



Profesorado Eva Valero Benito; Juan Luis Nieves;

Materia/asignatura 4 (denominación) Data Science

5 ECTS

**Breve contenido (máx. 200 palabras)**

This course prepares students to make sense of real-world phenomena and everyday activities by synthesizing and mining big data with the intention of uncovering patterns, relationships, and trends. Big data has emerged as the driving force behind critical business decisions. Advances in our ability to collect, store, and process different kinds of data from traditionally unconnected sources enables us to answer complex, data-driven questions in ways that have never been possible before. This course examines learning from data in order to gain useful predictions and insights. It introduces methods for five key facets of an investigation: data wrangling, cleaning, and sampling to get a suitable data set; data management to be able to access big data quickly and reliably; exploratory data analysis to generate hypotheses and intuition; prediction based on statistical methods such as regression and classification; and communication of results through visualization, stories, and interpretable summaries. The course is built around three modules: prediction and elections, recommendation and business analytics, and sampling and social network analysis.

Topics to be taught (may be modified):

- Introduction to data (data types, data movement, terminology, etc.)
- Relational Database Management Systems
- Hadoop Introduction, NoSQL - MapReduce vs. Parallel RDBMS
- Search and Text Analysis
- Entity Resolution
- Inferential Statistics
- Testing and Experimental Design
- Bayesian vs. Classical Statistics
- Probabilistic Interpretation of Linear Regression, and Maximum Likelihood
- Graph Algorithms
- Raw Data to Inference Model
- Motivation & Applications of Machine Learning
- Supervised Learning
- Models that are Robust
- Data Sciences with Text and Language
- Data Sciences with Location

Profesorado José Manuel Benítez; Miguel Lastra

Materia/asignatura 5 (denominación) Advanced Color and Spectral Imaging



5 ECTS

**Breve contenido (máx. 200 palabras)**

This course is a graduate-level course to the advanced digital image processing. It emphasizes advanced principles of image processing, with focusing in scientific as well as technical applications. We expect to cover topics such as advanced color image processing, fuzzy logic applied to image processing problems, applications of wavelets, multiscale representation of images, compression image standards, PDE applied to image processing, computational photography and 3D reconstruction.

Programming assignments will use MATLAB and the MATLAB Image Processing Toolbox, though the use of other computer languages and/or software packages will be accepted. Additional seminars will be organized to introduce specific tools or applications to enlarge the covering of image processing and analysis.

Topics to be taught (may be modified):

- Advance color image processing: denoising, edge detection, texture analysis, color constancy.
- Fuzzy logic applied to color and gray scale image processing.
- Multiscale image representation: gaussian pyramid, laplacian pyramid, wavelets decomposition.
- Wavelets applications: smoothing, denoising, edge detection, texture analysis.
- Image compression: JPEG, JPEG2000.
- Partial differential equations applied to image processing: variational and PDE methods, smoothing, noise removal, edge detection, inpainting.
- Computational photography: super resolution, HDR imaging.
- 3D Reconstruction.

**Profesorado** Luis G. Robledo; Javier Hernández; Rafael Huertas;

**Materia/asignatura 6 (denominación)** Computer Vision

5 ECTS

**Breve contenido (máx. 200 palabras)**

The challenge of computer vision is to develop a computer based system with the capabilities of the human eye-brain system. It is therefore primarily concerned with the problem of capturing and making sense of digital images. The field draws heavily on many subjects including digital image processing, artificial intelligence, computer graphics and psychology.

This course will explore some of the basic principles and techniques from these areas which are currently being used in the research and development of computer vision systems:

- to develop the students' understanding of the basic principles and techniques of image analysis and image understanding and of the current approaches to image formation and image modelling;



- to develop the students' skills to analyse and design a range of algorithms for image processing and computer vision ;
- to develop the students' understanding of the fundamentals of 3D imaging techniques;
- to develop the students' skills to compare these techniques, to evaluate solutions to problems in computer vision, and to design the most appropriate one relative to image acquisition constraints, expected accuracy and expected processing time;
- to develop the students' skills to put into practice these techniques by acquiring and processing images.

Topics to be taught (may be modified):

- Introduction to visual perception. Visual perception and the main components of the human visual system.
- Image quality. Image quality and psychophysical methods of assessing of the perceived quality of images.
- Introduction to computer vision. Introduction to computer vision: what is computer vision? The Marr paradigm and scene reconstruction, Model-based vision. Other paradigms for image analysis: bottom-up, top-down, neural network, feedback. Pixels, lines, boundaries, regions, and object representations. "Low-level", "intermediate-level", and "high-level" vision.
- Applications of computer vision. Image Processing Shape from X Shape from shading. Photometric stereo. Occluding contour detection. Motion Analysis. Motion detection and optical flow structure from motion. Object recognition model-based methods. Appearance-based methods. Invariants.

**Profesorado** Nicolás Pérez de la Blanca;

**Materia/asignatura 7 (denominación)** Human Perception and Cognition

**5 ECTS**

**Breve contenido (máx. 200 palabras)**

The aim of the course is to provide a solid and integrated view of the visual processes with an emphasis on the physical aspects and on automatic processing of visual information. This more quantitative approach is complemented with notions of retinal and cortical organization and with the fundamentals on visual psychophysics. Although the course aims at a solid theoretical basis, practical issues and problem solving will be considered wherever appropriate and independent project development and research will be strongly encouraged.

On completion of this course the students will be able to:

- anatomically and functionally identify the main components of the human visual system.
- apply visual optical to describe the imaging process in the eye.
- identify the physical constraints imposed on the visual system and to relate them with the limitation on visual performance.
- identify and to describe the main psychophysical aspects of human vision and to describe the basic psychophysical techniques.



Topics to be taught (may be modified):

- Introduction to visual perception. Visual perception and the main components of the human visual system. The visual process: image formation, transduction, codification, retinal and cortical processing. Receptive fields, LGN and cortex processing. Basic numbers in human vision.
- Visual Optics. Optics of the eye, spherical and astigmatic ametropia, aberrations. Magnification. Accommodation. Contrast sensitivity.
- Photopic and scotopic vision. Photopic and scotopic vision: photopic, scotopic and mesopic vision. Spectral sensitivities and Purkinje Shift. Night myopia. Visual Fields, spatial and temporal summation. Perimetry.
- Colour perception. Fundamentals of colour perception: colour matching and the trichromacy, spectral sensitivities of photoreceptors. Hue cancellation and opponent colours. Colour constancy. Colour illusions. Acquired and inherited colour vision deficiencies.
- Spatial and temporal aspects of visual perception. Perception of objects and shapes. Perception of movement. Binocular vision and depth perception. Stereo acuity. Eye movements. Troxler phenomenon intensification.

**Profesorado** Juan Luis Nieves; Luis Gómez Robledo; Rafael Huertas;

**Materia/asignatura 8 (denominación)** Spanish Culture and Language

**5 ECTS**

**Breve contenido (máx. 200 palabras)**

The Intensive Spanish Language Courses (CILE) are designed for those students who wish to start learning or improve their Spanish during a short stay in our country. An essentially communicative approach is followed in these courses along with the use of the most up-to-date audio-visual technology.

The Intensive Spanish Language Courses offer a level test which means that anyone arriving at CLM at the beginning of a course, can join a CILE at their corresponding level.

The Spanish Curriculum of the Centre of Modern Languages (CLM Spanish Curriculum) is built upon a global and integrative conception of students' learning and aims to foster both their communicative competence and their personal development. The CLM has therefore developed a curriculum that tackles students' learning from multiple perspectives, following the European guidelines for language learning set out in the Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment (CEFR) published by the Council of Europe (2001), and carefully adapted for Spanish as a foreign language by the Instituto Cervantes in its Language Curriculum (2006). The three main perspectives are:

1. The student as a social agent, who carries out tasks in the course of social interaction with other members of the society. These tasks imply the implementation of the appropriate linguistic competences in daily transactions, social interactions, and the reception and production of certain texts. (The CLM Spanish Curriculum describes this dimension in the following parts:

PART 3: Communicative Competence: language activities, texts and additional immersion tasks.

PART 4: Pragmatic Competence: notions, functions and texts.







PART 5: Grammatical Competence.  
PART 6: Phonological and Orthographic Competences.  
Assessment will be on a continuous basis and progress will also be evaluated in the end-of-course exam.

**Profesorado** Inés Guerrero Espejo;

### Firma, sello y fecha

En Granada a 20 de Diciembre de 2018.

**Juan Luis Nieves**  
Coordinador en la UGR del máster COSI

### DOCUMENTACIÓN que se Anexa:

- *Información curricular abreviada del profesorado de la UGR que participa en la propuesta, según el modelo establecido por la Escuela Internacional de Posgrado.*
- *Información de la carga docente del profesorado de la UGR que participa en la propuesta, según el modelo establecido por la Escuela Internacional de Posgrado.*
- *Listado de asignaturas en UGR de la propuesta de máster.*

### PRESENTACIÓN:

La propuesta deberá presentarse en formato electrónico, junto a la documentación complementaria, enviándola a la dirección [epinternacional@ugr.es](mailto:epinternacional@ugr.es) antes de la fecha indicada.