

**COMILLAS**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**Syllabus**  
**2025 - 2026****FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA****Datos de la asignatura**

|                   |                                                                                                                                         |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Subject name      | Cryptography, Digital signature and Blockchain                                                                                          |
| Subject code      | DTC-MCS-512                                                                                                                             |
| Main program      | Master in Cybersecurity                                                                                                                 |
| Involved programs | Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación y Máster en Ciberseguridad [First year]<br>Máster en Ciberseguridad [First year] |
| Level             | Master                                                                                                                                  |
| Quarter           | Semestral                                                                                                                               |
| Credits           | 6,0 ECTS                                                                                                                                |
| Type              | Optativa                                                                                                                                |
| Department        | Department of Telematics and Computer Sciences                                                                                          |
| Coordinator       | Rafael Palacios Hielscher                                                                                                               |

**Datos del profesorado****Teacher**

|            |                                                |
|------------|------------------------------------------------|
| Name       | Luis Hernández Encinas                         |
| Department | Department of Telematics and Computer Sciences |
| EMail      | lhernandez@icai.comillas.edu                   |

**Teacher**

|            |                                                |
|------------|------------------------------------------------|
| Name       | Raúl Olivar Merchante                          |
| Department | Department of Telematics and Computer Sciences |
| EMail      | rolivar@icai.comillas.edu                      |

**Teacher**

|            |                                                |
|------------|------------------------------------------------|
| Name       | Alonso Alfredo Rodríguez Rodríguez             |
| Department | Department of Telematics and Computer Sciences |
| EMail      | aarodriguez@icai.comillas.edu                  |

**Teacher**

|            |                                                |
|------------|------------------------------------------------|
| Name       | Luis Hernández Álvarez                         |
| Department | Department of Telematics and Computer Sciences |
| EMail      | lhalvarez@comillas.edu                         |

**DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA****Contextualización de la asignatura****Aportación al perfil profesional de la titulación**



# COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

Syllabus

2025 - 2026

La asignatura está orientada a formar a los alumnos en los conceptos teóricos de la criptografía y su uso práctico en mundo de la TI a través de la firma digital y las cadenas de blockchain.

Desde el punto de vista criptográfico se presentarán los hechos históricos (sistemas de cifrado clásicos, medievales y las máquinas de cifrado empleadas a lo largo del siglo XX) y los conceptos elementales que definen la criptología actual (seguridad, confidencialidad, integridad, disponibilidad, identificación, etc.). Se explicarán los fundamentos básicos y problemas matemáticos que son la base de la seguridad de la criptología moderna. Una vez aprendidos estos fundamentos, se estudiarán con profundidad los protocolos de intercambio de clave (DH y ECDH), los criptosistemas simétricos (TDES y AES) y asimétricos (RSA y ECC) de uso más extendido en la actualidad, así como los principales protocolos criptográficos que garantizan la autenticación de los intervinientes en una comunicación (RSA, DSA, ECDSA) y la integridad de la información intercambiada (SHA-1, SHA-2, etc.)

Como primer elemento práctico del uso de la criptografía se presentará su uso en los sistemas de firma digital. Se presentarán las bases que sustentan todo el sistema, desde los certificados a las Autoridades de Certificación y Prestadores de Servicios de Confianza. Se repasarán las bases legales en las que se sustenta todo el modelo, los distintos tipos de firma desde los puntos de vista funcionales y técnicos y sus aportaciones a los procesos de Negocio y la transformación digital. Como ejemplos prácticos se desarrollarán pruebas con un sistema abierto (openssl) y con un sistema de firma en la nube certificado según el Reglamento EU 910/2014 eIDAS. Desde el punto de vista de la seguridad y sitios web se presentará el uso de protocolos como SSL/TLS como elementos para garantizar la confianza en la navegación y las transacciones.

El los capítulos relativos a Blockchain se va a estudiar el funcionamiento de las redes blockchain convencionales. Primero se comentará el funcionamiento de las redes públicas más populares. Se profundizará en el estudio de la red de Bitcoin y la de Ethereum. Se presentarán los principales y más conocidos ataques a este tipo de redes incidiendo en los objetivos y situaciones en las que la red es más vulnerable. Se comentarán las redes Semi-Permisadas y sus ventajas y posibles aplicaciones. Se estudiarán las redes privadas o semipermisadas y las herramientas más habituales que nos podemos encontrar a la hora de comenzar un desarrollo ad-hoc. Para afianzar

conocimientos se realizarán prácticas en las que el alumno deberá utilizar los conocimientos adquiridos en teoría.

## Prerrequisitos

Esta asignatura no tiene prerrequisitos

## Competencias - Objetivos

### Resultados de Aprendizaje

La asignatura está orientada a formar a los alumnos en los conceptos teóricos de la criptografía y su uso práctico en mundo de la TI a través de la firma digital y las cadenas de blockchain.

Desde el punto de vista **criptográfico** se presentarán los hechos históricos (sistemas de cifrado clásicos, medievales y las máquinas de cifrado empleadas a lo largo del siglo XX) y los conceptos elementales que definen la criptología actual (seguridad, confidencialidad, integridad, disponibilidad, identificación, etc.). Se explicarán los fundamentos básicos y problemas matemáticos que son la base de la seguridad de la criptología moderna. Una vez aprendidos estos fundamentos, se estudiarán con profundidad los protocolos de intercambio de clave (DH y ECDH), los criptosistemas simétricos (TDES y AES) y asimétricos (RSA y ECC) de uso más extendido en la actualidad, así como los principales protocolos criptográficos que garantizan la autenticación de los intervinientes en una comunicación (RSA, DSA, ECDSA) y la integridad de la información intercambiada (SHA-1, SHA-2, etc.)

Como primer elemento práctico del uso de la criptografía se presentará su uso en los sistemas de **firma digital**. Se presentarán las bases que sustentan todo el sistema, desde los certificados a las Autoridades de Certificación y Prestadores de Servicios de Confianza. Se repasarán las bases legales en las que se sustenta todo el modelo, los distintos tipos de firma desde los puntos de vista funcionales y técnicos y sus aportaciones a los procesos de Negocio y la transformación digital. Como ejemplos prácticos se desarrollarán pruebas con un sistema abierto (openssl) y con un sistema de firma en la nube certificado según el Reglamento EU 910/2014 eIDAS. Desde el punto de



# COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**Syllabus**  
**2025 - 2026**

vista de la seguridad y sitios web se presentará el uso de protocolos como SSL/TLS como elementos para garantizar la confianza en la navegación y las transacciones.

En los capítulos relativos a **Blockchain** se va a estudiar el funcionamiento de las redes blockchain convencionales. Primero se comentará el funcionamiento de las redes públicas más populares. Se profundizará en el estudio de la red de Bitcoin y la de Ethereum. Se presentarán los principales y más conocidos ataques a este tipo de redes incidiendo en los objetivos y situaciones en las que la red es más vulnerable. Se comentarán las redes Semi-Permissionadas y sus ventajas y posibles aplicaciones. Se estudiarán las redes privadas o semi-permissionadas y las herramientas más habituales que nos podemos encontrar a la hora de comenzar un desarrollo ad-hoc. Para afianzar conocimientos se realizarán prácticas en las que el alumno deberá utilizar los conocimientos adquiridos en teoría.

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

### Contenidos – Bloques Temáticos

# Criptografía

#### Introducción a la criptografía

Conceptos básicos

Hechos históricos

Criptografía y Criptoanálisis

#### Generadores de números aleatorios

Entropía

Postulados de Golomb

TRNG

PRNG

#### Criptosistemas simétricos

cifrado en stream

cifrado en bloque

#### Fundamentos matemáticos para criptografía

Algoritmos

Complejidad computacional

Aritmética modular

Estructuras algebraicas

Problemas computacionalmente difíciles

Curva elípticas

Funciones de resumen (HASH)

Protocolos de intercambio de claves (DH)

Criptosistemas asimétricos

RSA

ElGamal

ECC

#### Infraestructura de clave pública

Digital signatures (RSA, ECC, DSA, ECDSA, etc.)

Digital certificates

**Software: Cryptool**



**COMILLAS**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**Syllabus**  
**2025 - 2026**

# Firma Electrónica

## **Certificados y PKI**

Repaso a los fundamentos de seguridad y criptografía

Conceptos básicos de certificados

Conceptos básicos de Autoridades de Certificación

PKI y Prestadores de Servicios de Certificación

Formatos y tipos de firmas

Repaso de conceptos

Firma electrónica. Formatos técnicos

Firma electrónica. Requisitos para llegar a una firma electrónica

Firma electrónica. Tipos de firma desde la perspectiva funcional

Firma electrónica. Tipos de firma desde la perspectiva legal

Firma electrónica. Ejemplos básicos de tipos de firma

## **Ejemplos básicos de firma**

Introducción a OpenSSL

Uso de funciones hash

Uso de cifrado simétrico

Creación de claves y certificado de nuestra CA

Validación y uso del certificado de nuestra CA

Parseo de estructuras ASN.1

Creación de claves y petición de certificado de un usuario

Firma del certificado de usuario por parte de la CA

Creación de un PKCS#12 de usuario partiendo de claves y cert

Firma de ficheros binarios y firma con Acrobat

## **Legislación de firma**

Un poco de historia...

¿Qué es eIDAS?

Los actores principales... los PCSC o QTSP

La estrella de la fiesta... la firma electrónica

La certificación de los dispositivos y los entornos de firma

La que queda por venir

La firma como transformador de procesos

La firma digital como elemento de transformación

Un caso real... firma de contratos laborales

Solución propuesta, definición funcional del nuevo modelo

Demo/Práctica sobre un entorno real

## **Confianza en sitios web**

Seguridad en Internet y certificados SSL

Necesidades para poner en marcha el sistema

Las raíces de confianza y los navegadores

Tipos de certificados y los niveles de seguridad

¿Y para nuestro sitio web?

La gestión de los certificados como elemento clave del negocio



**COMILLAS**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**Syllabus**

**2025 - 2026**

# Blockchain

Introducción a las redes Blockchain

Historia

Qué es blockchain

Tipos de redes blockchain

## **Red Bitcoin**

Operación

Nodos

Algorítmica

Wallets

## **Red Ethereum**

Operación

Algorítmica

EVM

Ataques y deficiencias de seguridad

Conceptos

Tipos de Ataques

## **Redes Semi-Permissionadas**

Conceptos

Redes

## **Redes Permissionadas**

Conceptos

Redes

Herramientas

Casos de uso de blockchain

## Criptografía

# Introducción a la criptografía

- Conceptos básicos
- Hechos históricos
- Criptografía y Criptoanálisis

# Generadores de números aleatorios

- Entropía
- Postulados de Golomb
- TRNG
- PRNG



**COMILLAS**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**Syllabus**

**2025 - 2026**

## Criptosistemas simétricos

- cifrado en stream
- cifrado en bloques

## Fundamentos matemáticos para criptografía

- Algoritmos
- Complejidad computacional
- Aritmética modular
- Estructuras algebraicas
- Problemas computacionalmente difíciles
- Curva elípticas

## Funciones de resumen (HASH)

## Protocolos de intercambio de claves (DH)

## Criptosistemas asimétricos

- RSA
- ElGamal
- ECC

## Infraestructura de clave pública

- Digital signatures (RSA, ECC, DSA, ECDSA, etc.)
- Digital certificates

## Software: Cryptool

Firma Electrónica

## Certificados y PKI

- Repaso a los fundamentos de seguridad y criptografía
- Conceptos básicos de certificados
- Conceptos básicos de Autoridades de Certificación
- PKI y Prestadores de Servicios de Certificación

## Formatos y tipos de firmas

- Repaso de conceptos
- Firma electrónica. Formatos técnicos
- Firma electrónica. Requisitos para llegar a una firma electrónica
- Firma electrónica. Tipos de firma desde la perspectiva funcional
- Firma electrónica. Tipos de firma desde la perspectiva legal



# COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**Syllabus**  
**2025 - 2026**

- Firma electrónica. Ejemplos básicos de tipos de firma

## Ejemplos básicos de firma

- Introducción a OpenSSL
- Uso de funciones hash
- Uso de cifrado simétrico
- Creación de claves y certificado de nuestra CA
- Validación y uso del certificado de nuestra CA
- Parseo de estructuras ASN.1
- Creación de claves y petición de certificado de un usuario
- Firma del certificado de usuario por parte de la CA
- Creación de un PKCS#12 de usuario partiendo de claves y cert
- Firma de ficheros binarios y firma con Acrobat

## Legislación de firma

- Un poco de historia...
- ¿Qué es eIDAS?
- Los actores principales... los PCSC o QTSP
- La estrella de la fiesta... la firma electrónica
- La certificación de los dispositivos y los entornos de firma
- La que queda por venir

## La firma como transformador de procesos

- La firma digital como elemento de transformación
- Un caso real... firma de contratos laborales
- Solución propuesta, definición funcional del nuevo modelo
- Demo/Práctica sobre un entorno real

## Confianza en sitios web

- Seguridad en Internet y certificados SSL
- Necesidades para poner en marcha el sistema
- Las raíces de confianza y los navegadores
- Tipos de certificados y los niveles de seguridad
- ¿Y para nuestro sitio web?
- La gestión de los certificados como elemento clave del negocio

### Blockchain

#### Blockchain

## Introducción a las redes Blockchain

- Historia
- Qué es blockchain
- Tipos de redes blockchain



**COMILLAS**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**Syllabus**

**2025 - 2026**

## Red Bitcoin

- Operación
- Nodos
- Algorítmica
- Wallets

## Red Ethereum

- Operación
- Algorítmica
- EVM

## Ataques y deficiencias de seguridad

- Conceptos
- Tipos de Ataques

## Redes Semi-Prmisionadas

- Conceptos
- Redes

## Redes Permissionadas

- Conceptos
- Redes
- Herramientas

## Casos de uso de blockchain

### METODOLOGÍA DOCENTE

#### Aspectos metodológicos generales de la asignatura

- Lecciones en clase
- Prácticas de laboratorio

### EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

#### Sistema de evaluación:

- Criptografía (42%). Examen.
- Firma Digital (33%). Examen.
- Blockchain (25%): Examen (16.25%) + Labs (8.75%)



# COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

## Syllabus 2025 - 2026

Al margen de esta ponderación en las notas de cada una de las partes de la asignatura para la obtención de la nota global, para poder aprobar la asignatura completa, el alumno deberá haber obtenido, al menos, un 3 en cada una de ellas de forma separada. Si la nota de alguna de las partes es menor que 3, el alumno deberá volver a examinarse en la convocatoria extraordinaria de la parte en cuya nota haya obtenido menos de 3.

### Calificaciones

#### Sistema de evaluación:

- Criptografía (42%). Examen.
- Firma Digital (33%). Examen.
- Blockchain (25%): Examen (16.25%) + Labs (8.75%)

Al margen de esta ponderación en las notas de cada una de las partes de la asignatura para la obtención de la nota global, para poder aprobar la asignatura completa, el alumno deberá haber obtenido, al menos, un 3 en cada una de ellas de forma separada. Si la nota de alguna de las partes es menor que 3, el alumno deberá volver a examinarse en la convocatoria extraordinaria de la parte en cuya nota haya obtenido menos de 3.

### BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS