05. Técnicas de programación segura

CES Lope de Vega – Programación de Servicios y procesos - 2º DAM

Luis del Moral Martínez

versión 20.06

Contenidos del tema

1. **Técnicas de programación segura**
   - 1.1 Introducción
   - 1.2 Prácticas de programación segura
   - 1.3 Criptografía y control de acceso
   - 1.4 Seguridad en el entorno Java
   - 1.5 Ficheros de políticas en Java
   - 1.6 Criptografía en Java
   - 1.7 Comunicaciones seguras con Java
   - 1.8 Control de acceso con Java

1.1 Introducción

La programación segura

- En este tema abordaremos buenas prácticas que permitan escribir código seguro
- En este tema usaremos las siguientes librerías de Java:
  - Librerías criptográficas (JCA y JCE)
  - Extensión de Sockets Seguros (JSSE)
  - Servicio de autenticación y autorización de Java (JAAS)

1.2 Prácticas de programación segura

Recomendaciones generales

- Estudiar y comprender los errores que otros hayan cometido a la hora de desarrollar software
- Conocer el estado del arte antes de empezar a programar
- Acceder a foros y recursos de Internet (pueden ayudarnos a solucionar errores)
- Leer libros y artículos sobre prácticas de codificación
- Explorar proyectos de código abierto: **GitHub**

1.2 Prácticas de programación segura

Precauciones en el manejo de datos (1)

- Limpiar los datos de entrada y controlarlos (inyección SQL, desbordamiento de búfer…)
- Realizar una comprobación de los límites (para evitar desbordamientos)
- Revisar los ficheros de configuración
- Comprobar los parámetros de línea de comandos
- No confiar en las URLs para intercambiar información (GET)
- No confiar del contenido web oculto (campos HTML ocultos en un formulario)
- Comprobar las cookies web

1.2 Prácticas de programación segura

Precauciones en el manejo de datos (2)

- Comprobar las variables de entorno (suelen usarse para pasar preferencias a los programas)
- Establecer valores iniciales que sean válidos para todos los datos
- Comprender las referencias de nombre de fichero (rutas de acceso) y usarlas correctamente
- Prestar especial atención al almacenamiento de información sensible
  - Integridad, Confidencialidad y Disponibilidad de la información

1.2 Prácticas de programación segura

Revisión de los procesos

- Los fallos de seguridad en el código fuente deben ser revisados de forma efectiva
- Realizar revisiones de código por pares (dos o más revisores)
- Realizar validación y verificación independiente (Puede que incluso línea a línea del código)
- Identificar y usar herramientas de seguridad disponibles (existe multitud de software)
- Utilizar librerías y metodologías de testeo efectivas

1.2 Prácticas de programación segura

Utilizar listas de control de seguridad

- Permiten verificar si se han cubierto todas las fases durante la ejecución
- **Ejemplo**
  - La aplicación necesita una contraseña para que puedan acceder los usuarios
  - Los inicios de sesión son únicos
  - La aplicación usa el sistema de control de acceso basado en roles
  - Las contraseñas no se transmiten a través de la red en texto plano
  - Se emplean mecanismos de cifrado para proteger los mecanismos de transferencia de información

1.2 Prácticas de programación segura

Lo que NO se debe hacer (1)

- Escribir código que usa nombres de ficheros relativos, deben usarse referencias completas
- Referir dos veces en un programa un mismo fichero por su nombre
- Invocar programas o servicios no confiables y/o obsoletos o sin mantenimiento
- Asumir que los usuarios no son maliciosos o no pueden actuar mal
- No realizar gestión de excepciones y asumir siempre el éxito
- Invocar un Shell o una línea de comandos desde la aplicación
- Autenticarse con criterios que no sean de confianza

1.2 Prácticas de programación segura

Lo que NO se debe hacer (2)

- Usar áreas de almacenamiento con permisos de escritura (cuidado con esto)
- Guardar datos confidenciales en una base de datos sin contraseña o cifrado alguno
- Hacer eco de las contraseñas o mostrarlas en las vistas de usuario
- Emitir contraseñas o credenciales por correo electrónico (y olvidando el doble factor, etc.)
- Distribuir mediante programación alguna información confidencial por medio del email
- Guardar las contraseñas (o cualquier otra información sensible) sin cifrar

1.2 Prácticas de programación segura

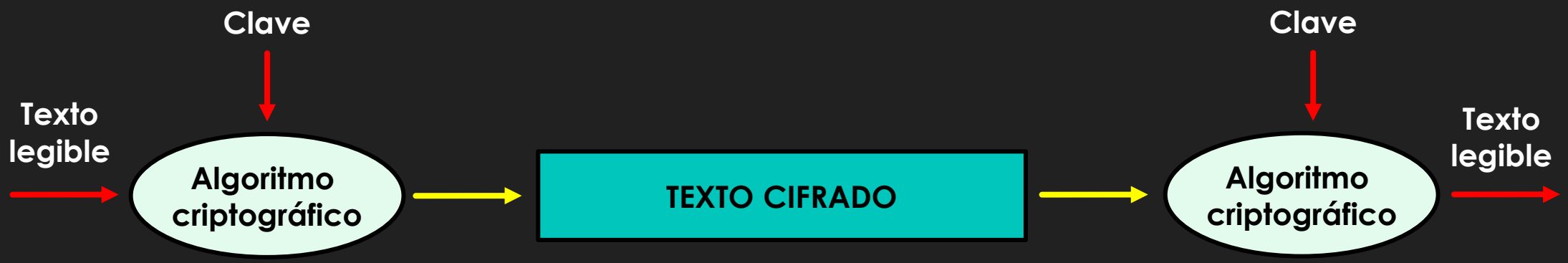
Lo que NO se debe hacer (3)

- Distribuir contraseñas sin encriptar entre los sistemas (o cualquier información sensible)
- Tomar decisiones de acceso según variables o argumentos en tiempo de ejecución
- Confiar en exceso en software de terceros para las operaciones críticas

1.3 Criptografía y control de acceso

La criptografía

- Este término deriva de la palabra griega *kryptos*, que significa oculto
- El objetivo de la criptografía es ocultar el significado de un mensaje



1.3 Criptografía y control de acceso

La criptografía

- Existen tres clases de algoritmos criptográficos
  - Funciones de **una sola vía** (funciones hash)
  - Algoritmos de **clave privada** o de criptografía **simétrica**
  - Algoritmos de **clave pública** o de criptografía **asimétrica**

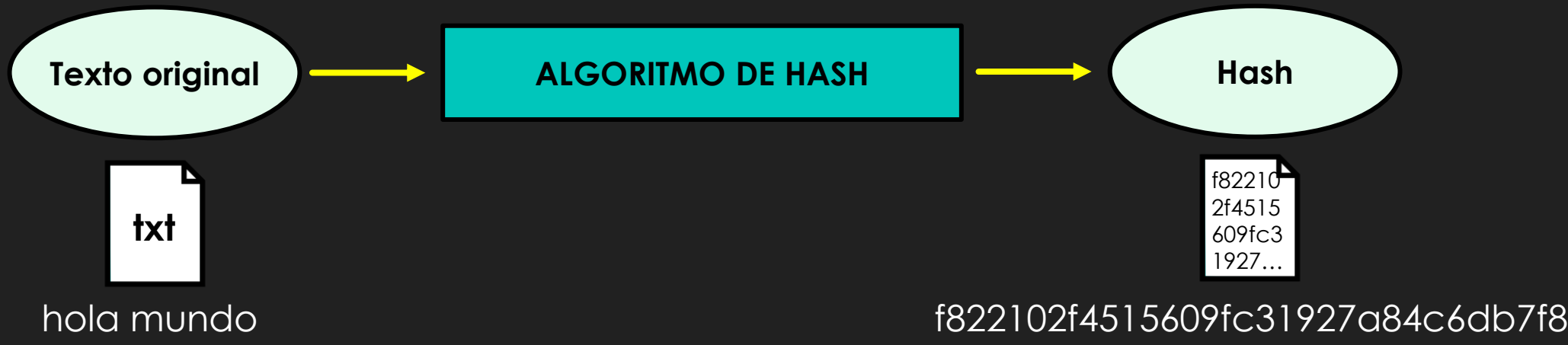
1.3 Criptografía y control de acceso

Funciones Hash

- Estas funciones mantienen la integridad de los datos en el almacenamiento y en las redes
- A partir de un mensaje se calcula el ***Message digest*** o resumen
- Es prácticamente imposible realizar el camino opuesto
- Los algoritmos más usados son **MD5** y **SHA-1**

1.3 Criptografía y control de acceso

Funciones Hash



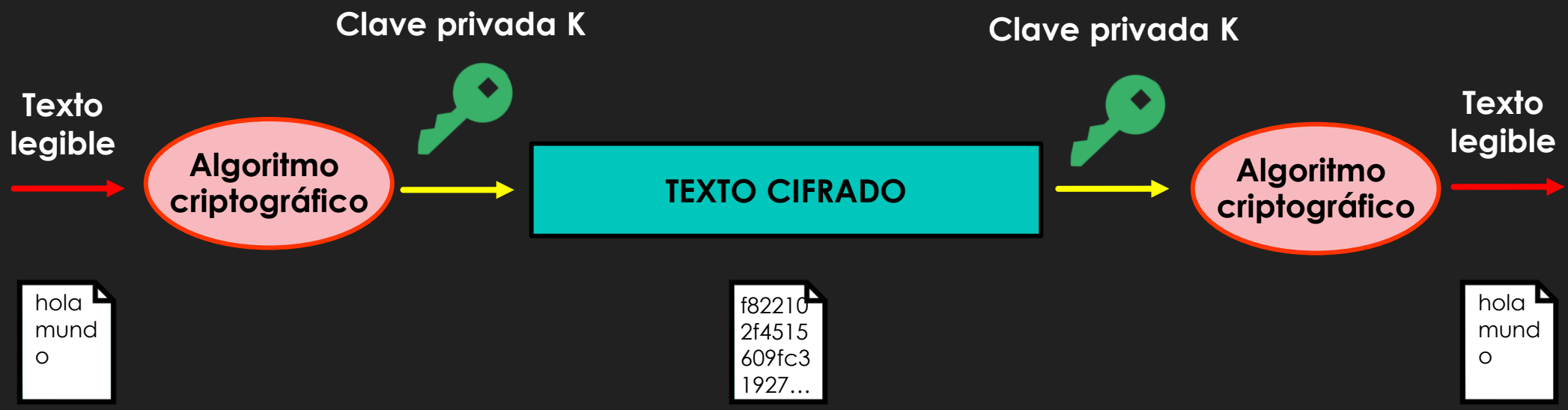
1.3 Criptografía y control de acceso

Criptografía simétrica

- El emisor y el receptor comparten el conocimiento de una **clave privada**
- Esta clave no puede ser compartida con nadie más
- La clave permite **cifrar** y **descifrar** el mensaje
- El algoritmo más popular es el **DES** y su variante el **3DES**, además del cifrado **AES** de 256 bits

1.3 Criptografía y control de acceso

Criptografía simétrica



1.3 Criptografía y control de acceso

Criptografía simétrica

- **Ventajas**
  - Cifra más rápido que los algoritmos de clave pública
  - Sirven para los sistemas criptográficos basados en hardware
- **Inconvenientes**
  - Requieren un sistema de distribución de claves muy seguro
  - Si la clave privada es conocida, entonces el sistema no tiene ningún sentido
  - Crecimiento exponencial del número de claves (si cada pareja requiere una clave privada)

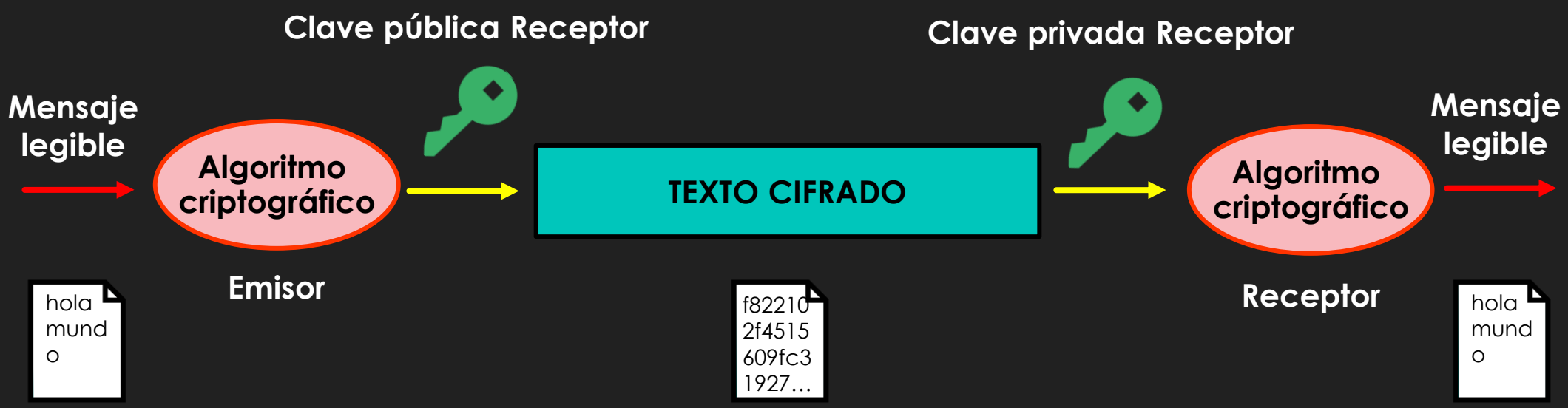
1.3 Criptografía y control de acceso

Criptografía asimétrica

- El emisor emplea una **clave pública**, definida previamente por el receptor, para encriptar
- El receptor emplea la **clave privada** correspondiente para desencriptar el mensaje
- De esta forma, solo el receptor puede desencriptar el mensaje
- Estos algoritmos implican que cada participante tenga un **par de claves**
  - La **clave pública** es conocida por todos (para poder enviarle mensajes)
  - La **clave privada** es conocida solo por cada interesado (para poder desencriptar los mensajes)
- El algoritmo más popular es el **RSA** (Rivest-Shamir-Adleman)
- Se emplea en el cifrado de protocolos y sistemas (IPSec, SSL, PGP…)

1.3 Criptografía y control de acceso

Criptografía simétrica



1.3 Criptografía y control de acceso

Criptografía asimétrica

- **Ventajas**
  - Permite autenticación y no repudio en muchos protocolos criptográficos
  - Se emplean en colaboración con otros métodos criptográficos
  - Administración sencilla de claves (no requieren de intercambio de claves seguro)
- **Inconvenientes**
  - Son algoritmos más lentos que los algoritmos de clave privada
  - Sus implementaciones se suelen realizar en sistemas software
  - Para una gran cantidad de usuarios se requiere de un sistema de certificación de autenticidad

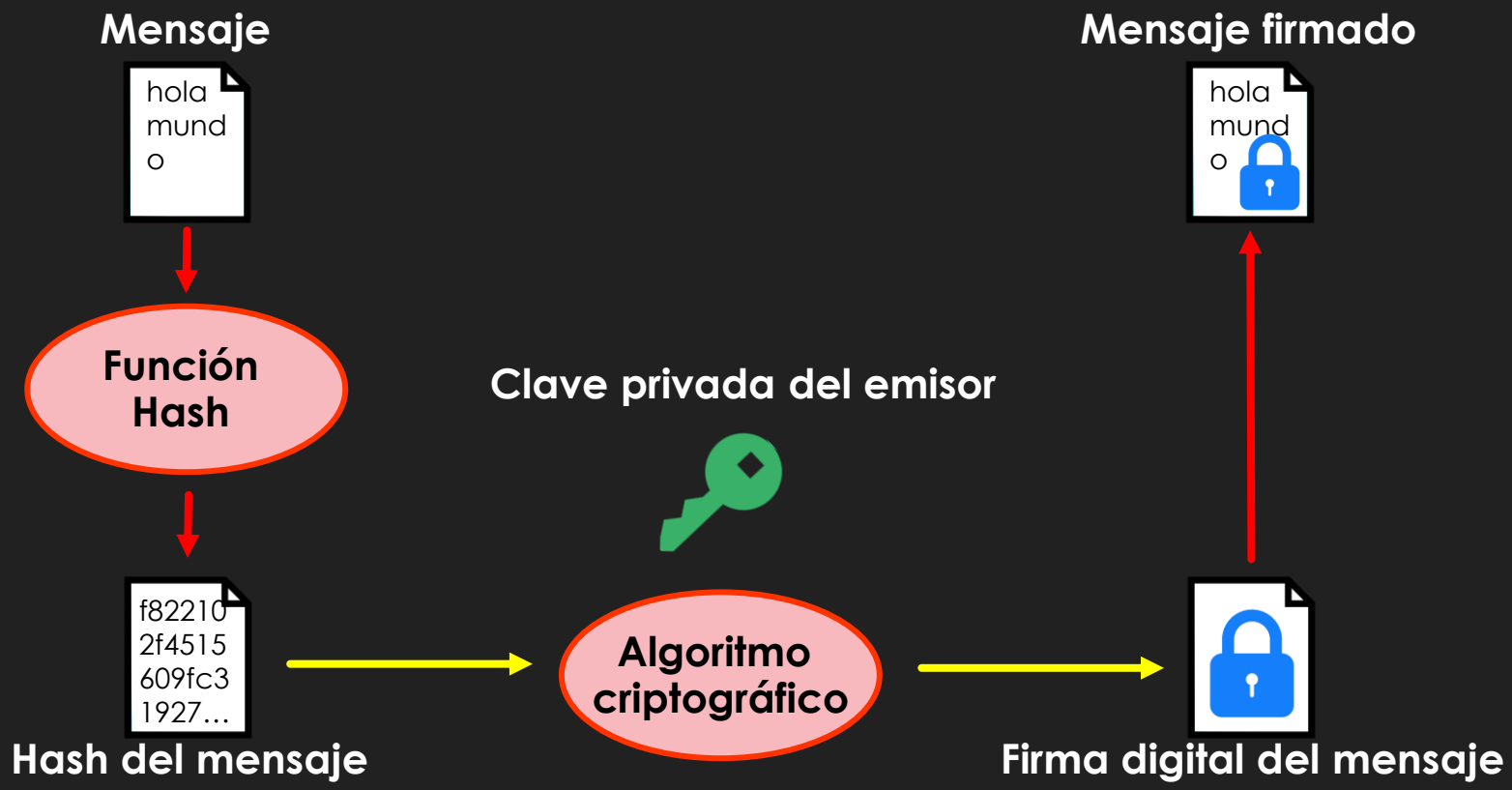
1.3 Criptografía y control de acceso

¿Cómo funciona una firma digital?

- Una **firma digital** es un compuesto de datos asociados a un mensaje
- Estos datos permiten asegurar la identidad del emisor y la integridad de la información
- El método de firma digital más extendido es el RSA

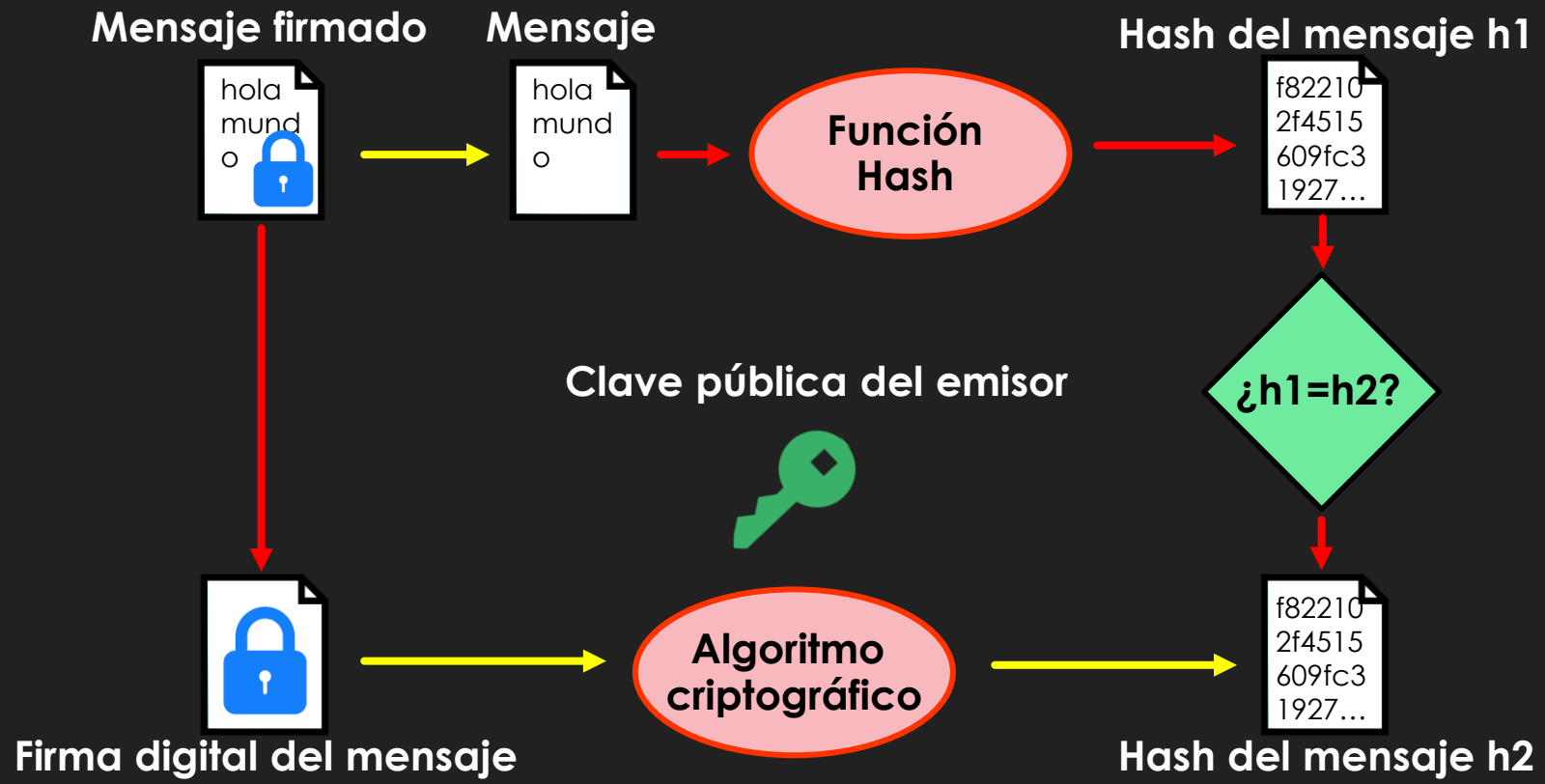
1.3 Criptografía y control de acceso

Firma digital – Proceso de firmado



1.3 Criptografía y control de acceso

Firma digital – Comprobación del mensaje firmado



1.3 Criptografía y control de acceso

Certificados digitales

- Un **certificado digital** es un documento que certifica la clave pública de una entidad
- El certificado puede estar destinado a un usuario, una máquina, proceso o dispositivo
- Para certificar estos documentos se acude a las **Autoridades de Certificación** (CA)
- Las CA son entidades que emiten y gestionan los certificados y son **confiables**
- Los certificados digitales siguen el estándar X.509

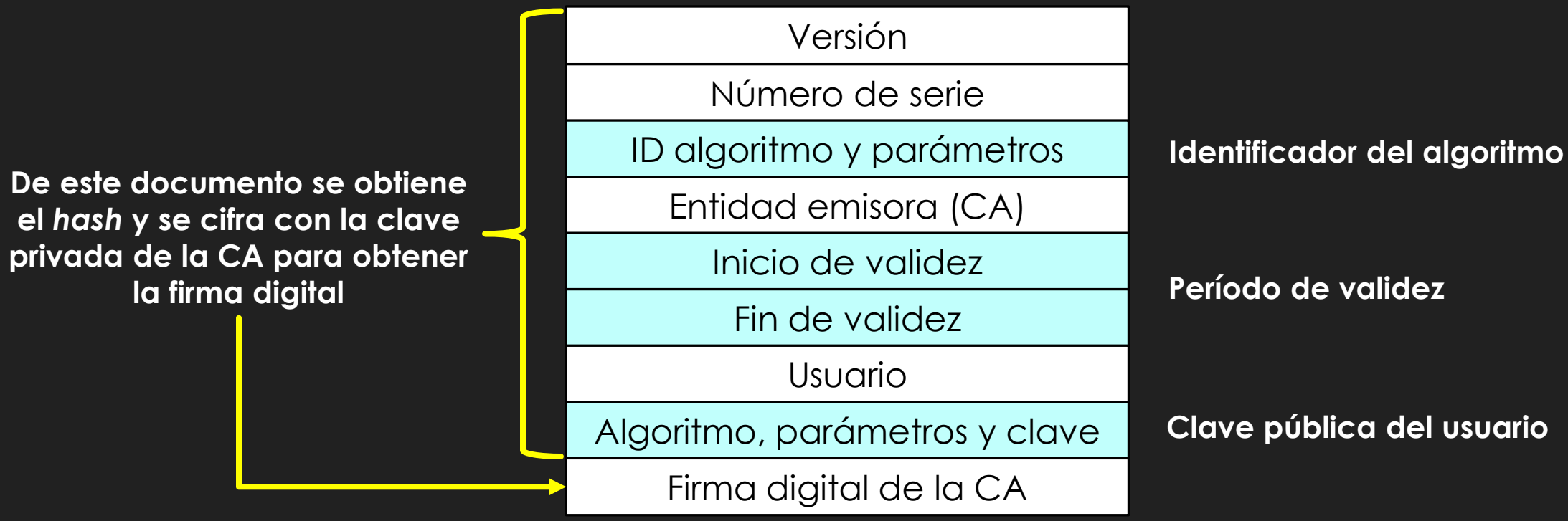
1.3 Criptografía y control de acceso

Estándar X.509

- Este estándar posee los siguientes campos:
  - Versión: normalmente X.509v3
  - Número de serie: Identificador numérico único dentro del dominio de la CA
  - Algoritmo de firma y parámetros
  - Emisor del certificado
  - Fechas de inicio y validez
  - Nombre del propietario de la clave pública
  - Identificador del algoritmo, clave pública y otros parámetros
  - Firma digital de la CA (resultado de cifrar el algoritmo simétrico y la clave privada, es el hash resultante)

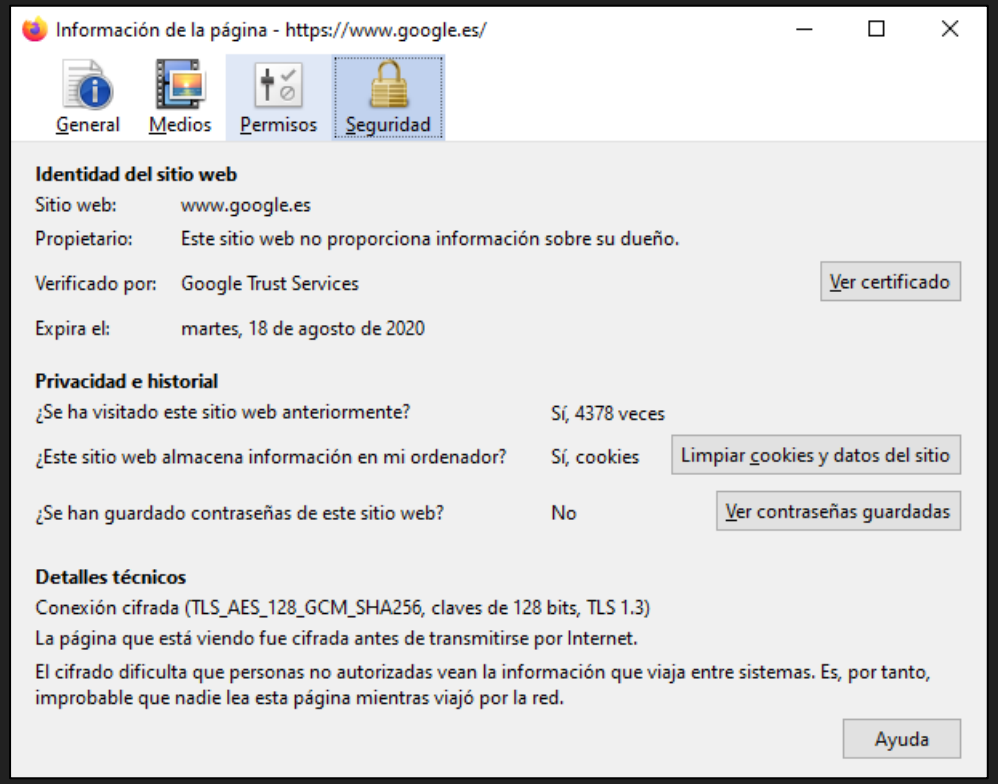
1.3 Criptografía y control de acceso

Estándar X.509



1.3 Criptografía y control de acceso

Visualización de un certificado digital en el navegador



1.3 Criptografía y control de acceso

Aplicaciones de los certificados digitales

- Autentificar la identidad del usuario de forma electrónica ante terceros
- Realizar trámites administrativos online (Agencia Tributaria, Seguridad Social, SAS…)
- Trabajar con otras facturas o servicios electrónicos
- Firmar electrónicamente todo tipo de documentos
- Cifrar datos para que sólo el destinatario pueda acceder a su contenido

1.3 Criptografía y control de acceso

Cómo solicitar un certificado digital

- Si es un certificado de persona física, a través de la FNMT o usando el DNI-e
- Si es un certificado para una aplicación o empresa se debe solicitar a través de la CA:
  1. Crear un Certificate Signing Request (CSR): **https://www.digicert.com/csr-creation.htm**
  2. Guardar a buen recaudo todos los datos suministrados y las claves generadas
  3. Acceder a un proveedor de certificados de confianza (Starfield, etcétera)
  4. Comprar el certificado SSL
  5. Validar el dominio (acceder a la zona DNS o validación mediante **well-known** y **pki-validation**)
  6. Si es wildcard (*), instalar en el resto de dispositivos, servicios o aplicaciones donde se vaya a usar

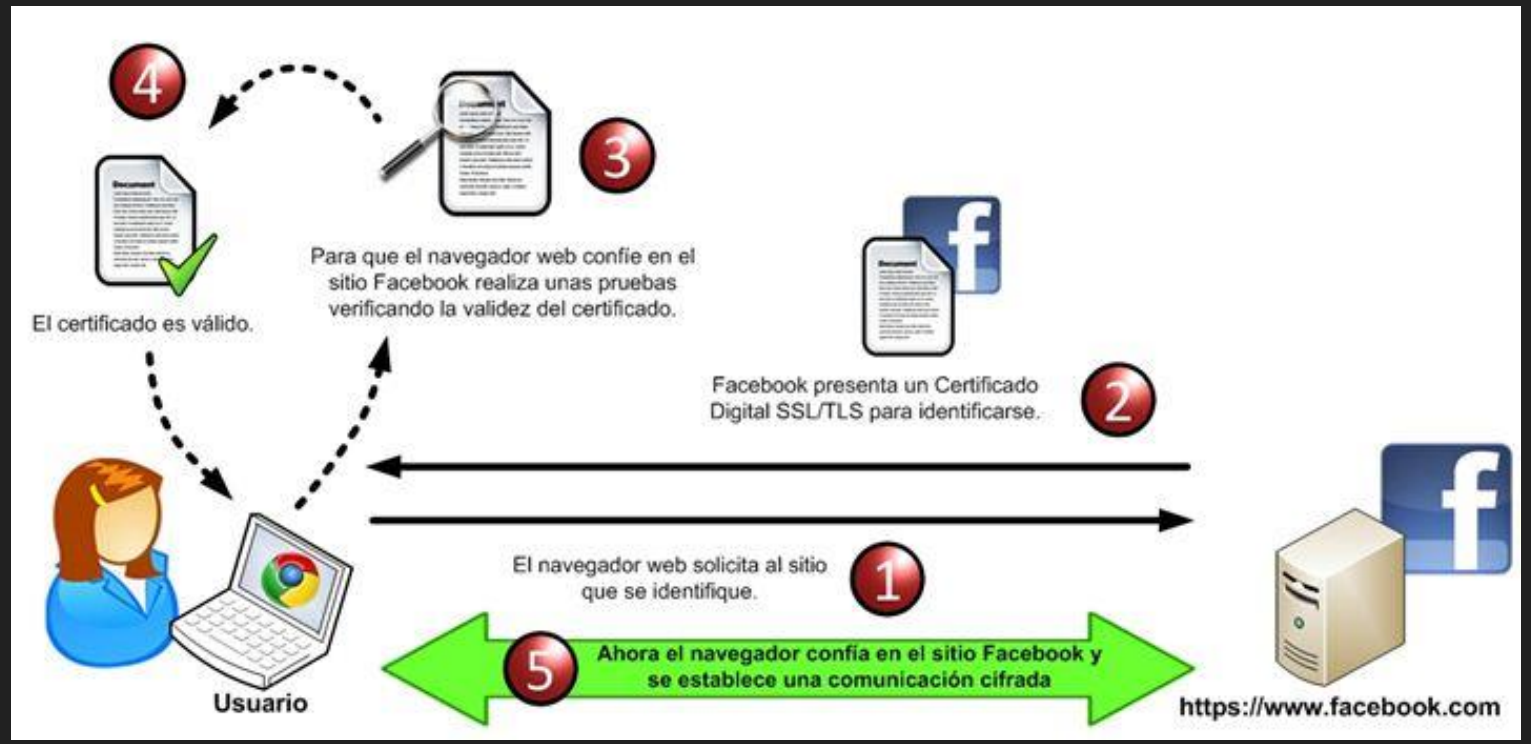
1.3 Criptografía y control de acceso

¿Dónde comprar un certificado SSL?

- Lugares de confianza para obtener un certificado SSL (mi recomendación):
  - **Gratuitos**: Let's Encrypt
  - **https://letsencrypt.org/es/**
    - Duración de 4 meses
    - No los soportan los cortafuegos y algunos servidores web
  - **De pago**: Domains Priced Right (desde 70$ al año)
  - **https://www.domainspricedright.com/products/ssl**
    - Duración de 1 o 2 años (siempre hay 3-4 meses de prórroga)
    - Posibilidad de comprar un certificado Wildcard (*)
    - Permite descargar el certificado en múltiples formatos
    - Es una CA de alta seguridad y reputación (antigua Starfield)

1.3 Criptografía y control de acceso

Caso real de uso de certificado SSL



Fuente: [revista.seguridad.unam.mx]

1.3 Criptografía y control de acceso

Control de acceso

- El control de acceso gestiona el acceso a los recursos de un sistema
- Posee tres componentes esenciales:
  - **Identificación**: proceso que sigue un usuario o sujeto para indicar su identidad en el sistema
  - **Autenticación**: proceso que verifica que un usuario o sujeto es quien dice ser
  - **Autorización**: proceso que determina si el sujeto autentificado tiene permiso para acceder al recurso
- Este mecanismo debe impedir que los usuarios no autenticados accedan al sistema
- Generalmente, se utilizan algunas de estas medidas: contraseñas, biometría, tokens…

1.4 Seguridad en el entorno Java

Seguridad en la máquina virtual de Java (JVM)

- La **máquina virtual de Java (JVM)** se encarga de ejecutar las aplicaciones Java
- El programa es interpretado y después se ejecutan los *bytecodes* (código objeto)
- Antes de realizar este proceso, la JVM realiza ciertas tareas previas
- Es en esta etapa donde intervienen los mecanismos de seguridad interna de Java

1.4 Seguridad en el entorno Java

Seguridad en la máquina virtual de Java (JVM)

- Existen tres componentes en el proceso de seguridad:
  1. **Cargador de clases**: encuentra y carga los bytecodes que definen las diferentes clases
     - **Cargador Bootstrap** (carga las clases del sistema desde el **JAR rt.jar**)
     - **Cargador de clases de extensión**: carga una aplicación estándar desde el directorio **jre/lib/ext**
     - **Cargador de clases de aplicación**: localiza las clases y los ficheros **jar/zip** del **CLASSPATH**
  2. **Verificador de ficheros de clases**: valida los bytecodes (inicialización, comprueba referencias…)
  3. **Gestor de seguridad**: controla si ciertas operaciones están o no permitidas
- Normalmente no se instala un gestor de seguridad al ejecutar una aplicación Java

1.4 Seguridad en el entorno Java

Seguridad en la máquina virtual de Java (JVM)

- Las propiedades del sistema se pueden leer con **System.getProperty(propiedad)**
- Existen dos formas de instalar un gestor de seguridad en la aplicación:
  - Iniciando la máquina virtual con la opción **–Djava.security.manager**
  - Invocando el método **setSecurityManager**: **System.setSecurityManager(new SecurityManager())**
- Más información sobre las propiedades del sistema: enlace

1.4 Seguridad en el entorno Java

Seguridad en la máquina virtual de Java (JVM)

- Al ejecutar un programa Java por defecto se carga un fichero de políticas predeterminado
- Este otorga todos los permisos al código para acceder a propiedades comunes
- Otras propiedades, sin embargo, no reciben permisos de lectura
- Si el programa no tiene acceso, se producirá una excepción **AccessControlException**
- La plataforma define ciertas APIs para las áreas de seguridad de la aplicación:
  - **JCA** (*Java Cryptography Architecture*): desarrollo de funciones criptográficas
  - **JSSE** (*Java Secure Socket Extension*): comunicaciones seguras en Internet (**SSL** y **TLS**)
  - **JAAS** (*Java Authentication and Authorization Service*): control, autenticación y acceso

1.5 Ficheros de políticas en Java

El fichero java.policy

- Los ficheros de políticas especifican los permisos disponibles para el código
- El valor por defecto es tener un solo fichero de políticas en todo el sistema y otro en el home
  - En sistemas **Windows**: **java.home\conf\security\java.policy**
  - En sistemas **UNIX/Linux**: **java.home /conf/security/java.policy**
- Es posible iniciar una aplicación con un fichero personalizado:
  - **java –Djava.security.policy=fichero.policy aplicación**

1.5 Ficheros de políticas en Java

Formato del fichero de políticas

- **codeBase**: indica la ubicación del código base sobre la que se definen los permisos (**URL**)
- **nombreClase**: nombre de la clase de permisos (*java.io.FilePermission*, *java.net.SocketPermission*)
- **nombreDestino**: especifica el destino del permiso (depende de la clase de permiso)
- **acción**: indica una lista de acciones (separadas por coma)
  - *read*, *write*, *delete* o *execute* (para ficheros)
  - *accept*, *listen*, *connect*, *resolve* (para sockets)
  - *read* o *write* (para propiedades)

1.5 Ficheros de políticas en Java

Formato del fichero de políticas

```
grant codeBase "file:C:/" {
    permission java.io.FilePermission "C:\\*", "write";
};
```

- Este fichero permite a los programas de **C:/** escribir y crear ficheros en **C:/**
- **Más información sobre las políticas: enlace**

1.6 Criptografía en Java

JCA (Java Cryptography Architecture)

- El componente **JCA** es una parte importante de la plataforma Java
- Contiene una arquitectura proveedor y un conjunto de **APIs** para firmas, resúmenes, cifrado…
- El **API JCA** incluye la extensión criptográfica **JCE – Java Cryptography Extension**
  - Implementa servicios criptográficos: **java.security.*** y **javax.crypto.***
  - Proporciona proveedores de implementaciones criptográficas reales

1.6 Criptografía en Java

Resumen de mensajes

- Un resumen de un mensaje (también conocido como hash) es una marca digital
- Como hemos comentado, existen multitud de algoritmos (SHA-1, MD5, SHA-256, SHA-512…)
- La clase **MessageDigest** permite aplicar algoritmos de resumen: **enlace**

1.6 Criptografía en Java

Generación y verificación de firmas digitales

- Como ya se ha estudiado, la arquitectura de firmas digitales proporciona mayor seguridad
- La clase **KeyPairGenerator** permite generar claves públicas y privadas: **enlace**
- La clase **KeyPair** es una clase soporte para generar claves pública y privada: **enlace**
- Las interfaces **PrivateKey** y **PublicKey** agrupan la funcionalidad de las claves: **enlace** y **enlace**
- Finalmente, la clase **Signature** permite realizar la firma de los datos: **enlace**

1.6 Criptografía en Java

La herramienta keytool

- Permite generar un par de claves pública y privada

```
C:\Users\Luis>keytool
Key and Certificate Management Tool

Commands:

 -certreq            Generates a certificate request
 -changealias        Changes an entry's alias
 -delete             Deletes an entry
 -exportcert         Exports certificate
 -genkeypair         Generates a key pair
 -genseckey          Generates a secret key
 -gencert            Generates certificate from a certificate request
 -importcert         Imports a certificate or a certificate chain
 -importpass         Imports a password
 -importkeystore     Imports one or all entries from another keystore
 -keypasswd          Changes the key password of an entry
 -list               Lists entries in a keystore
 -printcert          Prints the content of a certificate
 -printcertreq       Prints the content of a certificate request
 -printcrl           Prints the content of a CRL file
 -storepasswd        Changes the store password of a keystore
 -showinfo           Displays security-related information
```

1.6 Criptografía en Java

Encriptación y desencriptación con clave secreta

- La clase **Cipher** permite encriptar y desencriptar información: **enlace**
- La clase **KeyGenerator** genera claves secretas (para algoritmos simétricos): **enlace**

1.6 Criptografía en Java

Encriptación y desencriptación con clave pública

- En el cifrado de clave pública se puede compartir sin problemas la clave para encriptar
- La clave para desencriptar solo la conoce el receptor
- Pasos para transmitir información:
  - A crea su par de claves y manda la clave pública a B
  - B crea su par de claves y manda su clave pública a A
  - A crea un mensaje, lo cifra con la clave pública del receptor y lo envía a B
  - B crea un mensaje, lo cifra con la clave pública de A y lo envía a A

1.6 Criptografía en Java

Encriptar y desencriptar flujos de datos

- JCA proporciona varias clases que encriptan o desencriptan flujos de datos
- La clase **CipherOutputStream** se compone de un **OutputStream** y un **Cipher**: enlace
- La clase **CipherInputStream** se compone de un **InputStream** y un **Cipher**: enlace

1.7 Comunicaciones seguras con Java

JSSE (Java Secure Socket Extension)

- Estos paquetes permiten desarrollar aplicaciones seguras en Internet
- Proporcionan una implementación Java de los protocolos SSL y TLS
- Las clases **SSLSocket** y **SSLServerSocket** representan sockets seguros: enlace y enlace

1.8 Control de acceso con Java

JAAS (Java Authentication and Authorization Service)

- Esta interfaz permite a las aplicaciones Java acceder a servicios autenticación y acceso
- Puede usarse para autenticar usuarios o para autorizar usuarios
- Proporcionan una implementación Java de los protocolos SSL y TLS
- Ahora analizaremos varios ejemplos complejos de JAAS

Créditos de las imágenes y figuras

Cliparts e iconos

- **Obtenidos mediante la herramienta web IconFinder** (según sus disposiciones):
  - Diapositivas 1
  - Según la plataforma IconFinder, dicho material puede usarse libremente (free comercial use)
  - A fecha de edición de este material, todos los cliparts son free for comercial use (sin restricciones)

Diagramas, gráficas e imágenes

- Se han desarrollado en PowerPoint y se han incrustado en esta presentación
- Todos estos materiales se han desarrollado por el autor
- Para el resto de recursos se han especificado sus fabricantes, propietarios o enlaces
- Si no se especifica copyright con la imagen, entonces es de desarrollo propio o CC0

Créditos de los proyectos referenciados

Proyecto Cifrador

- Proyecto desarrollado por José Luis González Sánchez (2019)
- Enlace de GitHub: https://github.com/joseluisgs/Cifrador2019
- A fecha de edición de este material, todos los cliparts son free for comercial use (sin restricciones)

Proyecto Servidor-Cliente Seguro

- Proyecto desarrollado por José Luis González Sánchez (2019)
- Enlace de GitHub: https://github.com/joseluisgs/ServidorClienteSeguro2019

Licencia de los proyectos

- En todos los proyectos referenciados se ha citado debidamente a su autor o autores
- Portal GitHub del desarrollador (o desarrolladores): https://github.com/joseluisgs?tab=repositories