Diseño Y Aplicaciones de Sistemas Distribuidos

Seguridad

Joan Vila

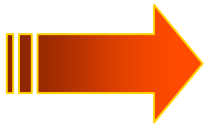
DISCA / UPV

Departament d'Informàtica de Sistemes i Computadors

Universitat Politècnica de València

Seguridad

- **Indice**



  - Introducción
  - Criptografía
    - Claves simétricas
    - Claves asimétricas
  - Firmas digitales
  - Autentificación y distribución de claves
  - Casos de estudio:
    - Kerberos
    - SSL
    - Java 1.2

Introducción

- **Hipótesis básicas**

  Para que la seguridad sea efectiva se necesita:

  - Realizar una **hipótesis** de las posibles **amenazas** a la seguridad
  - **Validar**, mediante pruebas formales, las técnicas de seguridad utilizadas (campo de investigación muy reciente y activo ...)
  - Utilizar técnicas para **auditar**, puesto que ninguna lista de amenazas es exhaustiva

  - Técnicas de seguridad = **mecanismos + políticas**
    - Un sistema de cerraduras no sirve de nada si no existe una adecuada política de utilización.

Introducción

- **Amenazas a la seguridad**

  Para producir un sistema seguro hay que especificar las hipótesis o amenazas que se van a tener en cuenta.

  Estas hipótesis pueden contemplar la prevención de los siguientes daños:

  - **Filtración** (*leakage*): obtención de información por personas no autorizadas.
  - **Adulteración** (*tampering*): alteración desautorizada de la información.
  - **Robo de recursos**: uso de facilidades sin autorización.
  - **Vandalismo**: interferencia a la labor del sistema que no produce beneficio al que la perpetra.

Introducción

- **Métodos de ataque**

  Para lograr los fines anteriores hace falta un método de ataque o *modus operandi*: ¿como se perpetra el ataque?

  Uno de los puntos mas vulnerables de un sistema distribuido son los canales de comunicación.

  - **Fisgoneo** (*eavesdropping*): obtener copias de mensajes sin autorización escuchando sobre un bus de difusión.
  - **Mascarada**: enviar o recibir mensajes utilizando la identidad de otro usuario.
  - **Adulteración de mensajes**: interceptar mensajes y alterar su contenidos antes de enviarlos al destino especificado.
  - **Retransmisión diferida**: almacenar mensajes y reenviarlos más tarde, cuando la autorización de uso de un recurso haya caducado.

Introducción

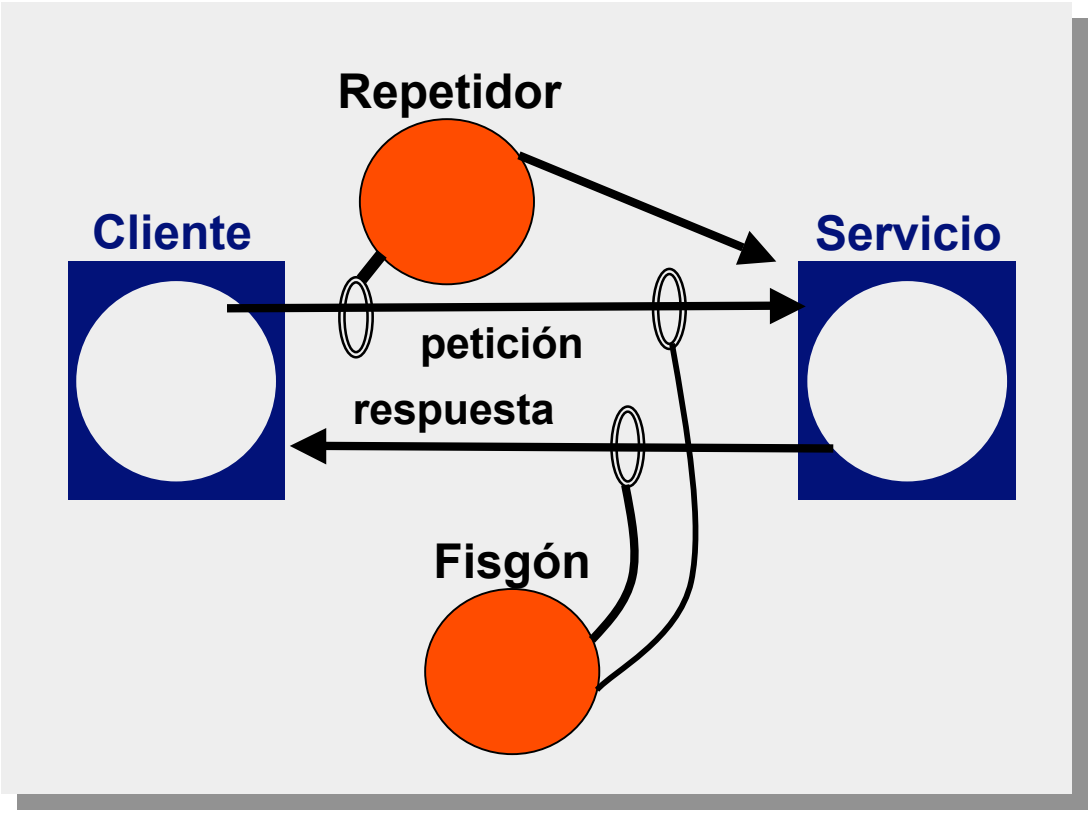
- **Infiltración**

  Para lanzar el método de ataque, lo primero es tener acceso a una cuenta para ejecutar el ataque. Los métodos más usuales son:

  - **Abuso** por parte de usuarios legítimos.
  - **Reventar contraseñas** (*password cracking*)
  - **Virus**: programa que va adosado a un programa legítimo y que se instala cuando este se ejecuta. Se puede activar por diversos medios.
  - **Gusanos**: programa que aprovecha las facilidades de ejecución en el nodo remoto (rsh, correo-e que ejecuta macros, ...).
  - **Caballos de Troya**: Programa que se ofrece como un programa útil pero con efectos colaterales nefastos (ej "*spoof login*").

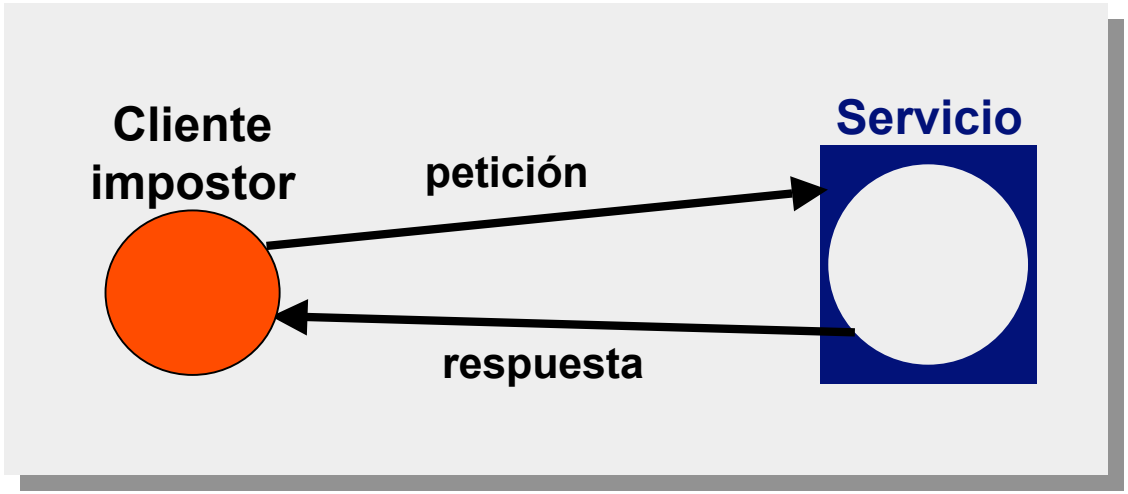
Introducción

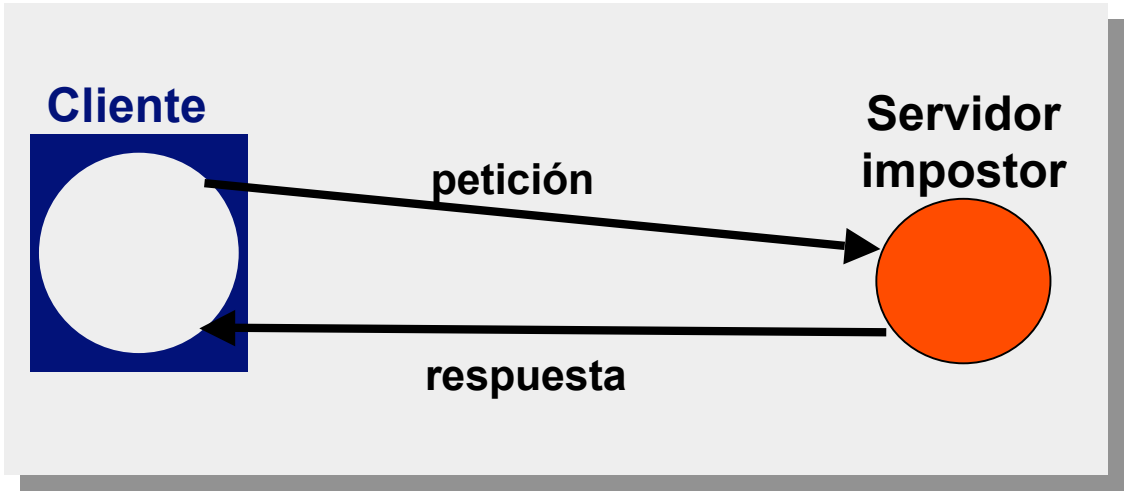
- **Métodos de ataque en un sistema cliente-servidor (i)**



Introducción

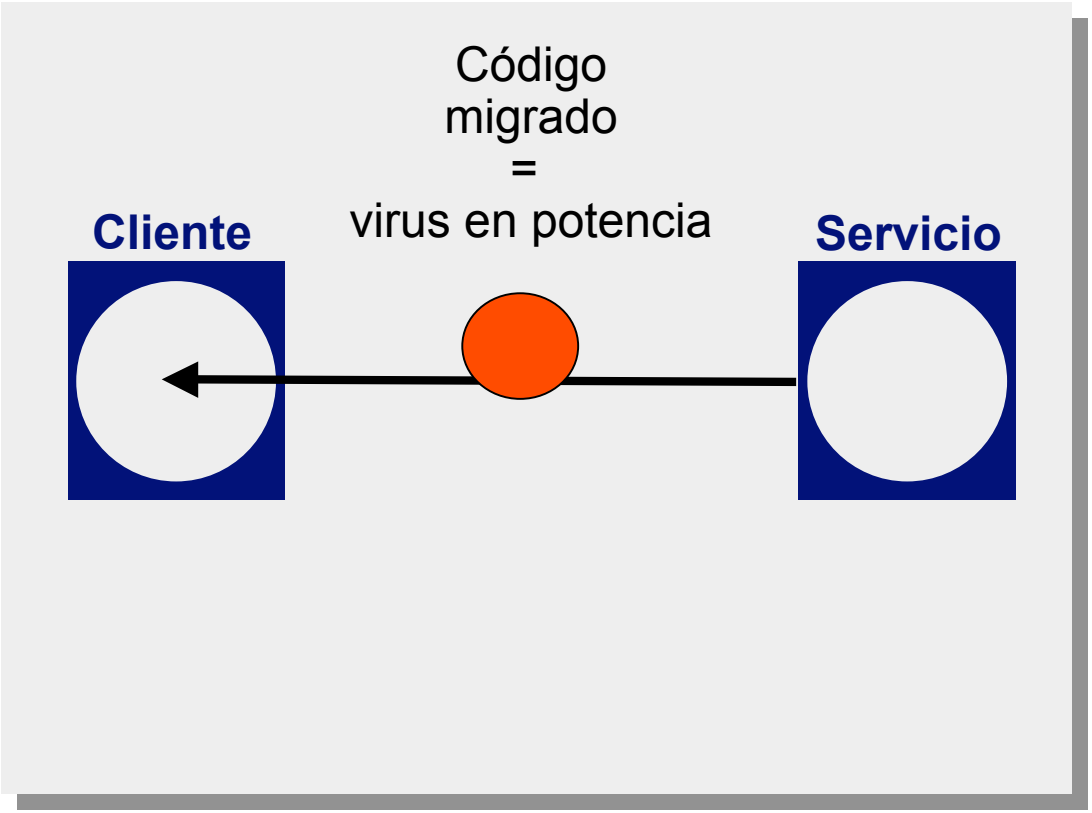
- **Métodos de ataque en un sistema cliente-servidor (ii)**





Introducción

- **Métodos de ataque en un sistema cliente-servidor (iii)**



Introducción

- **Mecanismos de seguridad**

  Los mecanismos de seguridad en un sistema distribuido se basan, en general, en técnicas basadas en la criptografía. Los más utilizados son:

  – **Cifrado de mensajes:** consiste la transformación de mensajes mediante claves criptográficas. Tiene como objetivo:
    - Ocultar los contenidos de un mensaje: evitar su lectura por una tercera parte.

  – **Firmas digitales:** acompañar el mensaje con un resumen cifrado (firma) que sólo el que lo envía puede generar. Tiene tres finalidades:
    - Evitar que un mensaje (cuyo contenido no tiene porqué ser oculto) sea modificado.
    - Garantizar la identidad del que lo envía.
    - Evitar el repudio del que lo envía.

Introducción

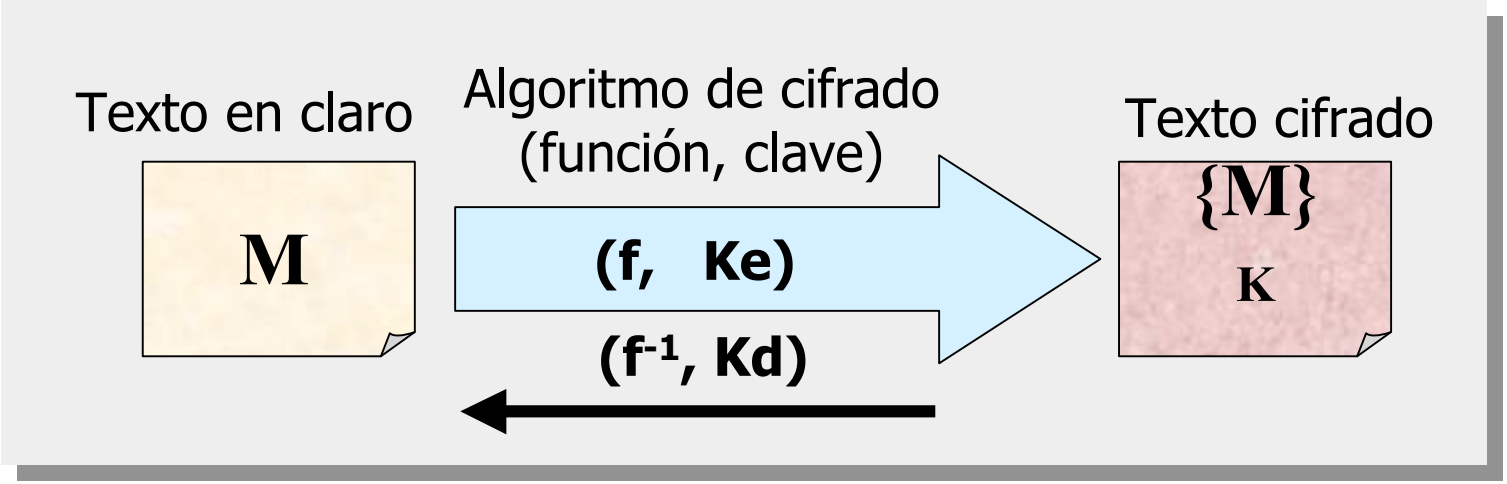
- **Mecanismos de seguridad (ii)**
  - **Mecanismos de autentificación**: medio por el cual las identidades de un cliente y un servidor pueden ser establecido de manera fiable. Se establece una clave de sesión para comunicar entre ambos.
    - **Sistemas centralizados**: basados en contraseñas para sesiones. Requiere que todos los recursos estén bajo el control del mismo kernel.
    - **Sistemas distribuidos**: basados en la criptografía: descifrar con éxito un mensaje con una clave secreta preacordada entre dos procesos indica que el mensaje es auténtico y proviene de un emisor autentificado.
  - **Control de acceso:** son unos mecanismos para restringir los accesos de procesos sobre recursos.

Seguridad

- **Indice**
  - Introducción
  - Criptografía
    - Claves simétricas
    - Claves asimétricas
  - Firmas digitales
  - Autentificación y distribución de claves
  - Casos de estudio:
    - Kerberos
    - SSL
    - Java 1.2

Criptografía

- **Introducción**



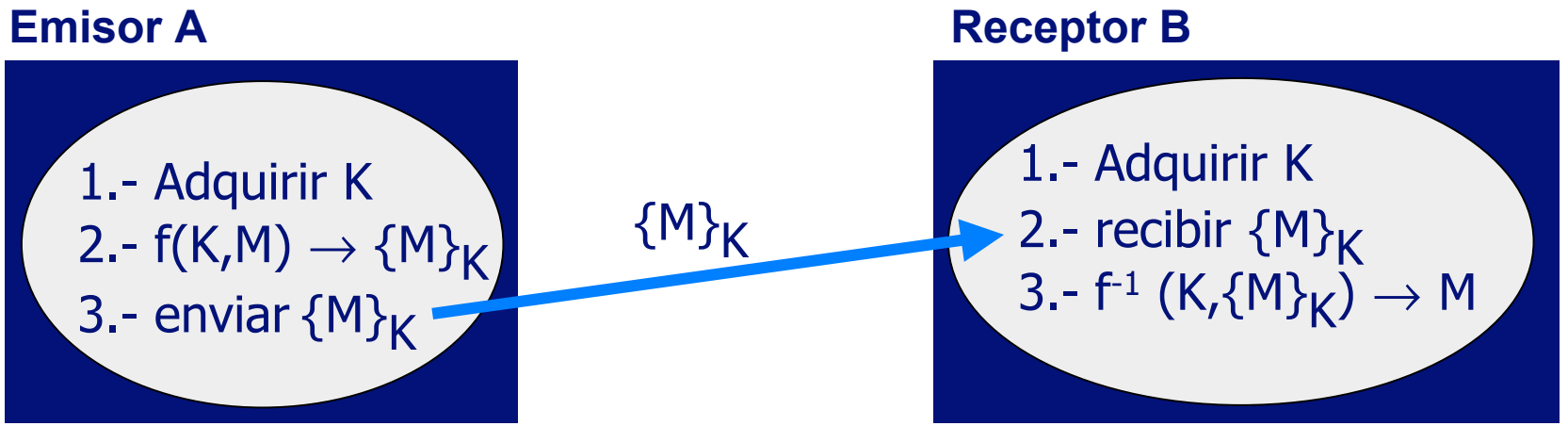
- La efectividad depende del uso de funciones que resistan ataques para:
  - Dado $\{M\}_K$ obtener M (f puede ser pública)
  - Dado $\{M\}_K$ y M obtener K (f puede ser pública)
- Dos técnicas:
  - **Clave secreta (simétrica): Ke = Kd = K**
  - **Clave pública (asimétrica): Ke != Kd**

Criptografía

- **Algoritmo de clave simétrica (secreta)**

  Solo un clave:

  – **K** es secreta y compartida por emisor y receptor.
    - No debe enviarse nunca en un mensaje
  – f y f^{-1} son públicas



Criptografía

- **Algoritmo de clave simétrica (secreta)**
  - La efectividad depende de que f y f^{-1} sean lo suficientemente complejas para que obtener K a partir de M y $\{M\}_K$sea difícil.
  - (f,K) definidas por DES (Data Encryption System) [National Bureau of Standards]
    - K: clave de 56 bits
    - f y f^{-1}: mapean 64 bits planos en 64 bits cifrados usando 16 *rondas* de rotación dependientes de la clave y 3 transposiciones independientes de la clave.
  - Descubrir K requiere una media de 2^{55} a $3x10^{16}$ intentos ejecutando f^{-1}.
  - Por otra parte, f tiene una complejidad computacional suficientemente alta para que cada intento cueste un tiempo de cómputo muy elevado y los intentos de descubrir la clave mediante "fuerza bruta" cuesten ,al menos, años.

Criptografía

- **Algoritmo de clave asimétrica (pública)**

  Dos claves:

  – **Ke**: que es pública y sirve para cifrar.
    - Puede obtenerse de un servidor de claves.
  – **Kd**: que es secreta y sirve para descifrar.
    - El único que la sabe es el receptor de un mensaje.

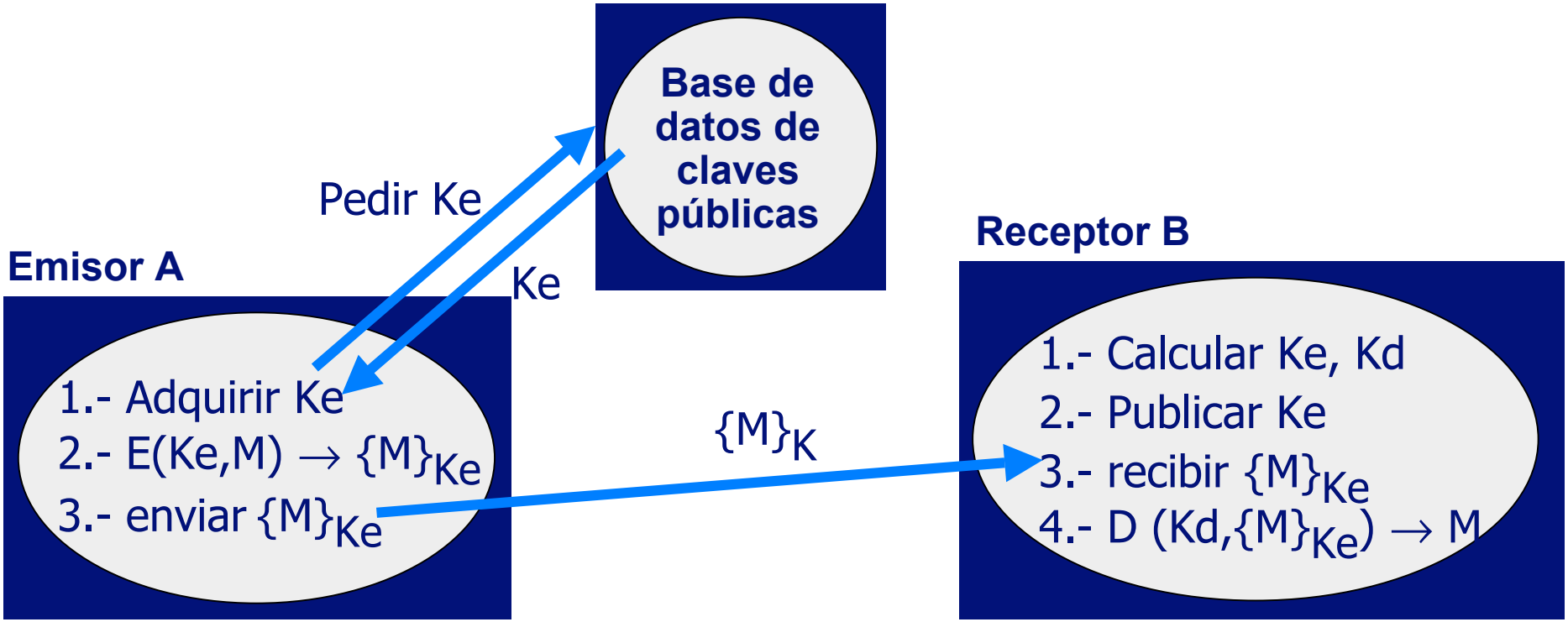
  Dos funciones de cifrado:

  – E: Función para cifrar. Es pública.
  – D: Función para descifrar. Es pública.

  – **Amenza**: Dados Ke, E y D, ➔ obtener K_D
    - Resulta computacionalmente muy difícil (billones de años).

Criptografía

- **Algoritmo de clave asimétrica (pública)**



Criptografía

- **Ejemplo de algoritmo de clave asimétrica (pública)**
  - **Clave pública**: <e,N>
  - **Cifrado de M**:

$$E(e,N,M) = M^e \bmod N$$

  - **Descifrado de M**:

$$D(d,N,C) = C^d \bmod N$$

Donde:

- e: número (obtenido a partir de números primos muy grandes)
- d: número (obtenido a partir de números primos muy grandes)
- N: tamaño del bloque
- C: texto cifrado

  - Obtener d a partir de e supone factorizar el producto de dos números primos muy grandes. En la práctica costaría 4 billones de años con un computador del año 1978.

Criptografía

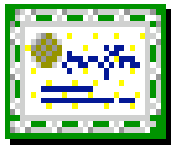
- **Utilidades de los algoritmos de clave asimétrica (pública)**
  - **Mensajes cifrados (privacidad información)**: permite que los emisores envíen información cifrada a un receptor que sólo el puede descifrar
    - **Ke** es pública entre los emisores
    - **Kd** es secreta al receptor
  - **Mensajes de sólo lectura (no modificación información)**: permite que un emisor envíe información cifrada que cualquier receptor puede descifrar, pero no modificar
    - **Ke** es secreta al emisor
    - **Kd** es publica entre los receptores
- **Combinación de técnicas**
  - El algoritmo de clave pública puede utilizarse para enviar una clave secreta al receptor y luego utilizar esa clave secreta para la comunicación posterior. Resulta más eficiente.

Seguridad

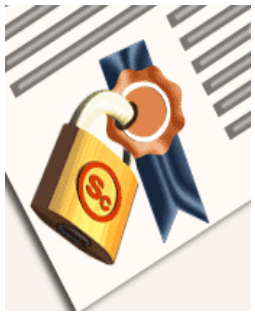
- **Indice**
  - Introducción
  - Criptografía
    - Claves simétricas
    - Claves asimétricas
  - Firmas digitales
  - Autentificación y distribución de claves
  - Casos de estudio:
    - Kerberos
    - SSL
    - Java 1.2

Firmas digitales

- **Fundamento**
  - Es una información que se adosa a un mensaje cuya función es garantizar que:
    - Un emisor no pueda suplantar a otro emisor
    - El cuerpo del mensaje no ha sido modificado.
  - Se intenta que proporcione la misma forma de autentificación y responsabilidades que una firma escrita, pero goza de dos ventajas importantes frente a ésta:
    - Es más difícil de falsificar y más fácil de detectar falsificaciones.
    - Garantiza que no se puede modificar el texto del documento que ha sido firmado.



certnew



Firmas digitales

- **Implementación**
  - **Implementación simple**: $<M,A,\{M\}_{KA}>$

    M: mensaje

    A: identidad de un sujeto

    $\{M\}_{KA}$: firma; puede ser con clave secreta o clave pública
  - **Implementación con función sintetizadora**: $<M,A,\{D(M)\}_{KA}>$
    - La función de síntesis D realiza un resumen o *checksum* del mensaje M y garantiza que D(M)!=D(M') si M!=M'
    - Funciones sintetizadoras o de "*digest*" [Rivest], [Mitchell]. Existen algunas normalizadas: MD5 (RFC1321) y SHA-1
- **Notación**
  - PK_A: clave pública de A
  - SK_A: clave secreta de A

Firmas digitales

- **Firmas con claves públicas**

1. A → B: M,A, $\{D(M)\}_{SKA}$
2. B → S: A
3. S → B: A, PKA

- A envía a B el mensaje original con su firma.
- B pide a un servidor de firmas la clave pública de A.
- S proporciona a B la clave pública de A (PKA) y B la utiliza para descifrar la firma recibida en el mensaje 1 y comparar el resultado con el valor con el valor recién calculado de D(M).

Firmas digitales

- **Claves públicas: ¿quien emite la firma del mensaje?**
  - **Autofirmado**: el que realiza la firma es el propio emisor del mensaje. Se utiliza cuando el receptor conoce al emisor y confía en él. Lo único que garantiza es que el mensaje no ha sido modificado.
  - **Entidad certificadora**: es una tercera parte, que garantiza la identidad del emisor del mensaje
    - El emisor se autentifica ante la entidad certificadora.
      - Esto se puede realizar, por ej., enviándole un mensaje autofirmado que la entidad verifica (por ej. comprobando su DNI, sus huellas digitales).
    - La entidad certificadora emite un **certificado** de la identidad del emisor con la firma de la propia entidad certificadora. La firma de la identidad certificadora puede ser comprobada ante un servidor de firmas.
    - Una entidad certificadora ha de ser admitida como "fiable" por el receptor. Si no es así, debe de ser autentificada por otra tercera parte, dando lugar a una **cadena de autentificación** que puede ser arbitrariamente larga.

Firmas digitales

- **¿Cual es la finalidad de la entidad certificadora?**
  - Establecer, a efectos legales, una correspondencia entre la identidad del emisor y la identidad de una persona física, según consta en su DNI o similar.
  - Evitar el **repudio** de la información: una persona física no puede alegar que un mensaje enviado por ella a un receptor no fue realmente enviado por ella.
- **Revocación de firmas digitales**
  - Una firma digital puede ser revocada por una entidad certificadora que no identificó correctamente a una persona física.
  - Existen **listas de revocaciones** con los números de las firmas revocadas.
  - Las revocaciones son difíciles de detectar automáticamente.

Firmas digitales

- **Firmas con claves públicas y entidad certificadora**

1. A genera PKA SKA (pública y secreta)
2. A se autentifica ante S
   Le proporciona su identidad A y PKA.
3. S → A: $\{A, PKA\}_{SKS}$
4. A → B: A, M, $\{D(M)\}_{SKA}$, $\{A, PKA\}_{SKS}$
5. B → S: {clave pública S?}
6. S → B: PKS.
7. B descifra $\{A, PKA\}_{SKS}$ y $\{D(M)\}_{SKA}$

- Utilizando un generador de claves
- Por diversos medios.
  - Puede requerir presencia física ante S y firma de un contrato.
- S envía a A un certificado.
- A incluye el certificado en todos sus mensajes
- B reconoce la entidad certificad.
- La entidad le proporciona PKS
- B es capaz de descifrar el certificado, obtener PKA y con ésta, descifrar el resumen D(M).

Firmas digitales

- **Firmas con clave secreta**

1. $A \rightarrow S$: $A, \{D(M)\}_{KA}$
2. $S \rightarrow A$: $\{A, D(M), t\}_{Ks}$
3. $A \rightarrow B$: $M, \{A, D(M), t\}_{Ks}$
4. $B \rightarrow S$: $B, \{A, D(M), t\}_{Ks}$
5. $S \rightarrow B$: $\{A, D(M), t\}_{KB}$

- A calcula D(M), lo cifra con su clave secreta y se lo envía a S
- S elabora un certificado fechado y firmado con su clave secreta de:
  - la identidad de A
  - la síntesis D(M)
  - un *timestsamp*
- A envía a B el mensaje y el certificado
- B guarda una copia del mensaje y envía a S el certificado para que lo descifre
- S descifra el certificado y se lo devuelve a B cifrado con la clave secreta de B. B lo descifrará, generará D(M) y lo comparará

Firmas digitales

- **Firmas con clave secreta**

  La autentificación de A se realiza generando D(M), descifrando el D(M) del mensaje y comparándolos. Si coinciden, B tendrá que aceptar que A es el originario puesto que:

  – B confía en el servidor de autentificación y este le envía un mensaje diciendo que ha verificado la firma de A (paso 2).

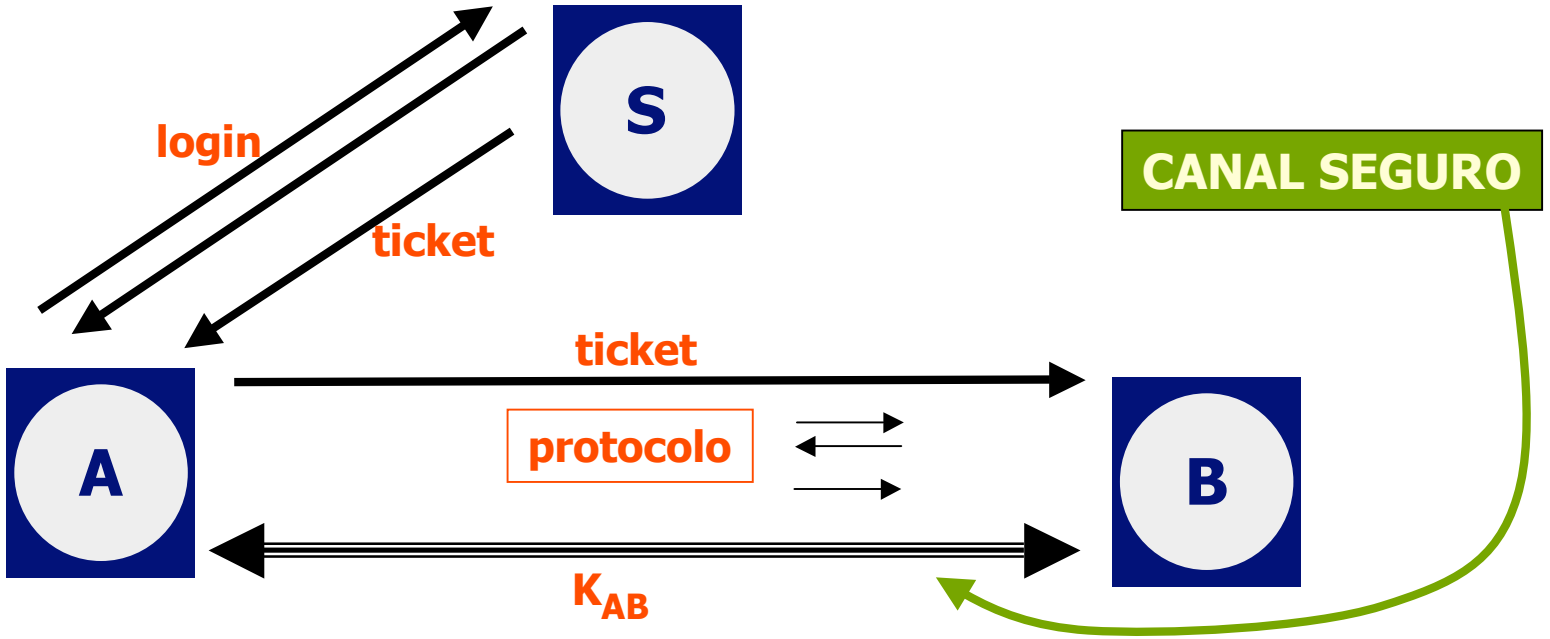
  – A no puede alegar que la firma ha sido falsificada, ya que B tiene una copia del certificado original que puede ser contrastado con el servidor de autentificación. A no puede alegar que B la ha falsificado pues B no conoce la clave secreta del servidor.

Seguridad

- **Indice**
  - Introducción
  - Criptografía
    - Claves simétricas
    - Claves asimétricas
  - Firmas digitales
  - Autentificación y distribución de claves
  - Casos de estudio:
    - Kerberos
    - SSL
    - Java 1.2

Autentificación y distribución de claves

- **Planteamiento del problema**
  - A se autentifica ante S (por ejemplo mediante una variación segura del protocolo *login*) y le solicita una clave K_{AB} de sesión con B.
  - S entrega a A un ticket para autentificarse con B y la clave K_{AB} cifrada.
  - Con este ticket A y B ejecutan un protocolo, al final del cual ambos están seguros de la identidad del otro y conocen la clave K_{AB}



Autentificación y distribución de claves

- **Canal seguro**
  - El servidor (y el cliente) conocen la identidad del cliente (servidor) con el que comunican y puede comprobar sus derechos de acceso antes de realizar una comunicación.
  - Asegura la privacidad y la integridad (manipulación) de los datos transmitidos a través de el.
  - Cada mensaje incluye un sello de carácter temporal de tipo físico o lógico para prevenir el reenvío o la reordenación de los mensajes.

Autentificación y distribución de claves

- **Introducción**

  Los problemas de autentificación y distribución de claves suelen ser implementados por un único servidor.

  - **Distribución de claves:** encargado de manufacturar y distribuir claves
  - **Autentificación**: un servicio de autentificación es capaz de verificar la identidad un proceso (por mecanismo de claves públicas o privadas). Normalmente, se basa en un ticket para que el proceso lo use en su interacción con otros servidores

- **Algoritmos de autentificación**

  Needham y Schroeder: en 1978 proporcionan el primer algoritmo de autentificación. Existen dos versiones:

  - **Clave secreta**
  - **Clave pública**

Autentificación y distribución de claves

- **Algoritmo de Needham-Schroeder (i)**
  - Basado en un servidor de autentificación que mantiene una tabla de <nombres, clave-secreta>

Notación:

- **A**: Cliente que inicia la comunicación.
- **B**: Servidor al que se dirige A
- **S**: Servidor de claves
- **K_A**: Clave secreta de A (*password*). La saben A y S. Nunca se publica cifrada o descifrada por la red.
- **K_B**: Idem para B.
- **K_{AB}**: Clave secreta proporcionada por S para la comunicación entre A y B. Sólo se publica cifrada por la red
- **N_A**: Una prueba de "frescura" (actualidad) generada por A.

Autentificación y distribución de claves

- **Alg. de Needham-Schroeder con clave secreta (i)**

1. $A \rightarrow S$: A,B, NA
2. $S \rightarrow A$: $\{NA, B, K_{AB}, \{K_{AB},A\}_{KB}\}_{KA}$
3. $A \rightarrow B$: $\{K_{AB}, A\}_{KB}$
4. $B \rightarrow A$: $\{NB\}_{KAB}$

- A pide a S una clave para comunicar con B
- S devuelve un mensaje en clave de A con:
  - KAB: clave para comunicar A con B
  - ticket cifrado en clave de B

  La marca temporal NA demuestra que el mensaje es contestación al anterior.

  A cree a S porqué sólo S sabe la clave secreta de A
- A envía el ticket a B
- B descifra el ticket, averigua K_{AB}, y lo usa para cifrar una prueba de frescura

  A cree a B porqué sólo B puede descifrar un mensaje con su clave secreta

Autentificación y distribución de claves

- **Alg. de Needham-Schroeder con clave secreta (ii)**

5. A → B: $\{NB-1\}_{KAB}$

– A demuestra a B que él fue quien envió el mensaje anterior siendo capaz de cifrar con KAB una transformación preacordada de NB.

Autentificación y distribución de claves

- **Alg. de Needham y Schroeder con clave pública (i)**

1. A → S: A,B
2. S → A: $\{PK_B, B\}_{SKS}$
3. A → B: $\{NA, A\}_{PKB}$
4. B → S: B, A

   (1')

- A pide a S la clave pública B
- S devuelve a A un mensaje cifrado con su clave secreta que contiene:
  - la clave pública de B.

  Puede ser descifrado por cualquiera pero no adulterado.
- A envía a B un mensaje cifrado con la clave pública de B que contiene:
  - una marca temporal
  - su identificador

  Sólo B puede descifrarlo y obtener el identificador de A.
- B solicita a S la clave pública de A

Autentificación y distribución de claves

- **Alg. de Needham y Schroeder con clave pública (ii)**

5. $S \rightarrow B: \{PK_A, A\}_{SKS}$ (2')

6. $B \rightarrow A: \{NA, NB\}_{PKA}$ (3')

7. $A \rightarrow B: \{NB\}_{PKB}$

– S devuelve a B un mensaje cifrado con su clave secreta que contiene:
  - la clave pública de A.

  Puede ser descifrado por cualquiera pero no adulterado.

– B envía a A un mensaje cifrado con la clave pública de A con un par de marcas temporales
  - Sólo B puede devolverlo pues es el único que pudo descifrar (3)
  - Sólo A puede descifrarlo

– A envía a B un mensaje cifrado con la clave pública de B con la marca
  - Solo A puede enviarlo (descifrando (6))

– La comunicación es fresca.

Seguridad

- **Indice**
  - Introducción
  - Criptografía
    - Claves simétricas
    - Claves asimétricas
  - Firmas digitales
  - Autentificación y distribución de claves
  - Casos de estudio:
    - Kerberos
    - SSL
    - Java 1.2

Kerberos

- **¿Qué es Kerberos?**
  - Protocolo de autentificación basado en algoritmo de Needham y Schroeder con clave secreta desarrollado en el MIT. Disponible para UNIX e incluido en el entorno de OSF para sistemas distribuidos.
- **Arquitectura de Kerberos**
  - Un servidor Kerberos se conoce como: KDC: Kerberos Distribution Center y ofrece dos servicios:
    - **AS:** Authentication Service
    - **TGS:** Ticket Granting Service
  - Basada en tres objetos de seguridad:
    - **Clave de sesión**
    - **Ticket**
    - **Autentificador**

Kerberos

- **Arquitectura de Kerberos**
  - **Clave de sesión**: clave secreta generada por Kerberos y expedida a un cliente para uso con un servidor durante una sesión. No es obligatorio utilizarla en toda la comunicación con el servidor; sólo si:
    - el servidor lo requiere (los datos son confidenciales)
    - el servidor es un servidor de **autentificación**

Notación:

- **Kcs**: clave para la comunicación entre un un cliente C con un servidor S

Kerberos

- **Arquitectura de Kerberos**
  - **Ticket**: un testigo expedido a un cliente del servicio de tickets de Kerberos (TGS) para solicitar los servicios de un servidor. Garantiza que el cliente ha sido autentificado recientemente.

Notación: un ticket de un cliente C para acceder un servidor S toma la forma:

- $\{ticket(C,S)\}_{Ks} = \{C, S, t1, t2, K_{CS}\}_{Ks}$

- Incluye:
  - El nombre del cliente C para evitar posible uso por impostores
  - Un periodo de validez [t1, t2]
  - Una clave de sesión K_{CS} asociada para uso de cliente y servidor
- Kerberos siempre proporciona el ticket ya cifrado con la clave secreta del servidor al que se le entrega.

Kerberos

- **Arquitectura de Kerberos**
  - **Autentificador**: un testigo construido por el cliente y enviado a un servidor para probar su identidad y la actualidad de la comunicación. Sólo puede ser utilizado una vez.

Notación: un autentificador de un cliente C ante un servidor S toma la forma:

- $\{auth(C)\}_{Kcs} = \{C, t\}_{Kcs}$

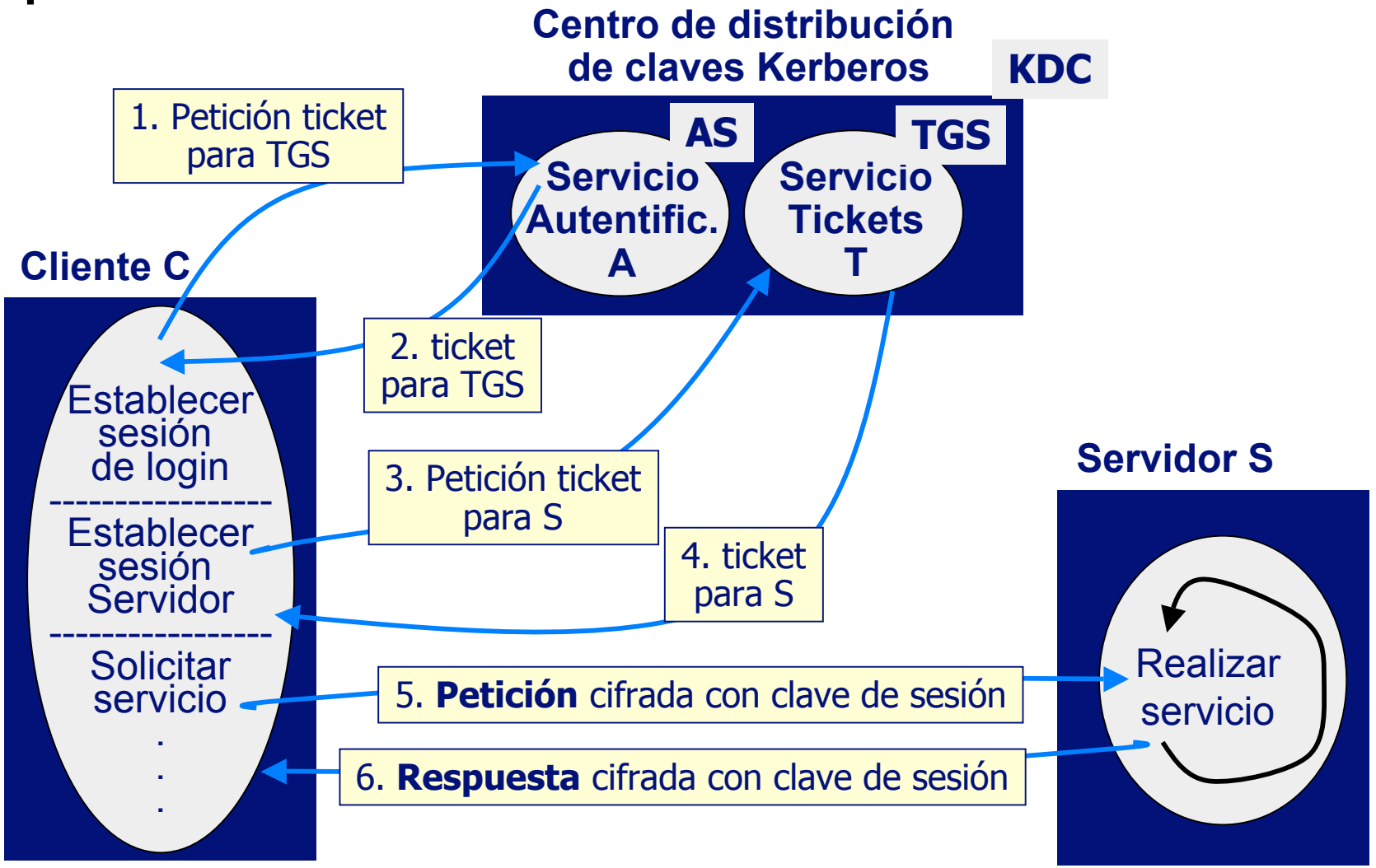
- Contiene, cifrado en la clave de la sesión,:
  - el nombre del cliente
  - timestamp

Kerberos

- **Arquitectura de Kerberos**
  - Al iniciar una sesión (*login*) los usuarios se autentifican con el servicio de autentificación AS utilizando una variación segura del protocolo de *passwd*, el cual proporciona:
    - un ticket para el servicio de tickets TGS
    - una clave de sesión para TGS
  - Utilizando el ticket y clave anterior el cliente solicita a TGS
    - un ticket para un determinado servidor
    - una clave para un determinado servidor
  - Kerberos sigue de cerca el protocolo de Needham y Schroeder con clave secreta utilizando *timestamps* como pruebas de frescura con dos propósitos:
    - Evitar reenvíos de viejos mensajes capturados en la red o reutilización de viejos tickets obtenidos de zonas de memoria del usuario autorizado.
    - Poder revocar a los usuarios los derechos al cabo de un tiempo.

Kerberos

- **Arquitectura de Kerberos**



Kerberos

- **Protocolo seguro de *login* (Kerberos)**
  - Cuando un usuario abre una sesión el programa de *login* envía el nombre del usuario al servicio de autentificación AS de Kerberos
  - Si el usuario es conocido, AS responde con:

$$\{K_{AB}, n\}_{passwd} + \{ticket(A,B)\}_{\mathbf{K}T}$$

  - El programa *login* intenta descifrar $\{K_{AB}, n\}_{passwd}$ con el passwd que el usuario proporciona y si, éste es correcto, obtiene K_{AB} y n.
    - **El passwd nunca circula por la red.!!**
  - Una vez obtenido K_{AB} el programa *passwd* lo guarda para su subsiguiente comunicación con B y borra el *passwd* del usuario de memoria.
  - **Ticket**: un testigo expedido a un cliente del servicio de tickets de Kerberos (TGS) para solicitar los servicios de un servidor. Garantiza que el cliente ha sido autentificado recientemente.

Kerberos

- **Protocolo de *login* con Kerberos**

1. $C \rightarrow A$: C, T, n

   Petición ticket para TGS

2. $A \rightarrow C$: $\{K_{CT}, n\}_{Kc}$

   $\{ticket(C,T)\}_{KT}$

– C pide al AS de Kerberos un ticket para comunicar con TGS.

– AS retorna un mensaje, que contiene:
  - Una clave para comunicación con TGS y un timestamp cifrado con la clave secreta del cliente
  - Un ticket para comunicación con TGS (como siempre, cifrado con la clave secreta del receptor del ticket)

  A sólo podrá descifrar el mensaje si conoce su clave secreta Kc

Kerberos

- **Protocolo Kerberos**

3. $C \rightarrow T$: $\{auth(C)\}_{K_{CS}}$,

$\{ticket(C,T)\}_{K_T}, S, n\}$

Petición ticket para S

4. $T \rightarrow C$: $\{K_{cs}, n\}_{K_{CT}}$,

$\{ticket(C,S)\}_{K_S}$

– C pide al TGS de Kerberos un ticket para comunicar con S.

– TGS comprueba el ticket y, si es válido, retorna un mensaje, que contiene:
  - Una clave para comunicación con S y un *timestamp* cifrado con la clave de sesión del par C-TGS
  - Un ticket para comunicación con S

A sólo podrá descifrar el mensaje si conoce la clave secreta K_{CT}

Kerberos

- **Protocolo Kerberos**

5. $C \rightarrow S$: $\{auth(C)\}_{KCS}$,
   $\{ticket(C,T)\}_{KS}$,
   request, n

   Petición servicio

– C envía a S un recién generado autentificador, el ticket y una petición. La petición puede ir cifrada si el servidor lo requiere.

6. $S \rightarrow C$: $\{n\}_{KCS}$

   Autentificación del cliente

   (opcional)

– S envía a C la prueba de actualidad cifrada en la clave secreta de la sesión.

Sólo S pudo obtener KCS y, por tanto, enviar este mensaje.

Kerberos

- **Utilización**
  - En el **login**
  - Acceso a otros servers, p.e, **rlogind**
  - Acceso a sistemas de ficheros remotos: **NFS**
- **Implementación de Kerberos**
  - Servidor que se ejecuta en máquina segura +
  - Conjunto de bibliotecas para uso por clientes y aplicaciones +
  - Algoritmos de cifrado del DES (son fácilmente reemplazables):
  - **Servicio escalable** a todo el mundo: el mundo esta dividido en *realms*, cada cual con su autoridad de identificación. Los TGS's están registrados en todos los *realms*.
  - **Admite replicación** en las bases de datos
- **Críticas a Kerberos**
  - Derivadas de la utilización de *timestamps* como prueba de actualidad. Requiere sincronización de relojes.

Seguridad

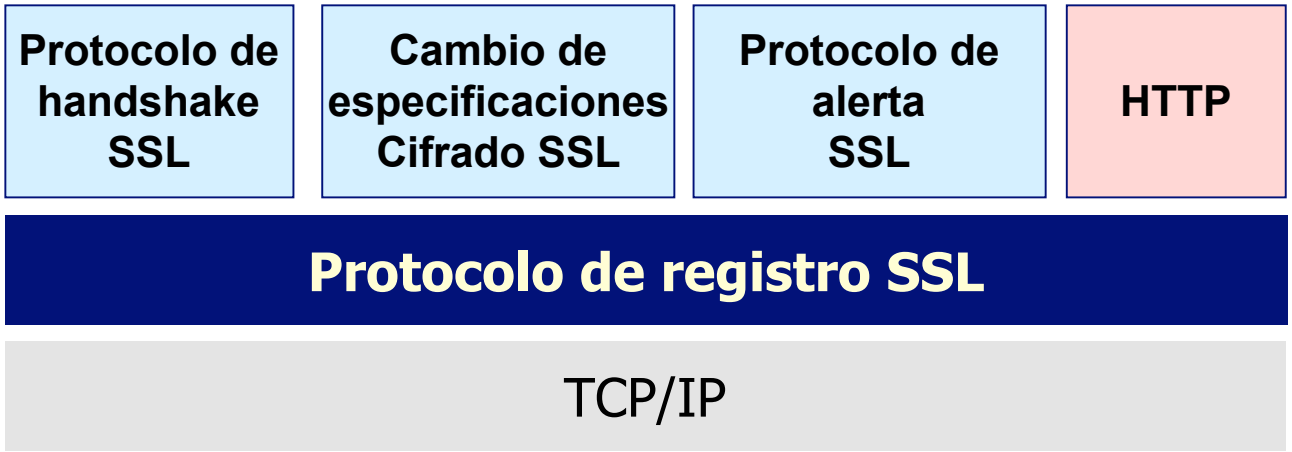
- **Indice**
  - Introducción
  - Criptografía
    - Claves simétricas
    - Claves asimétricas
  - Firmas digitales
  - Autentificación y distribución de claves
  - Casos de estudio:
    - Kerberos
    - SSL
    - Java 1.2

SSL

- **Secure Sockets Layer**
  - Estándar de facto (RFC 2246) diseñado originalmente por Netscape (1996) para proporcionar seguridad en transacciones electrónicas en Internet.
    - *https:*
    - www.openssl.org
  - Comunicación segura basada en el concepto de **canal seguro**.
  - El canal seguro es completamente configurable
    - Permite que la comunicación en ambos sentidos sea encriptada y autenticada, aunque ambas características son opcionales, evitando así realizar cifrados y consumir recursos innecesarios.
  - Algoritmos de encriptación negociables.
  - Opcionalmente puede incluir compresión.
  - Proporciona seguridad a http, pero también FTP y otros
  - Interfaces Java y CORBA

SSL

- **Componentes**
  - Consta de dos capas:
    - Protocolo de nivel de sesión: Registro SSL
      - Implementa el concepto de canal seguro
    - Capa de **handshake**
      - Establece y configuran el canal seguro

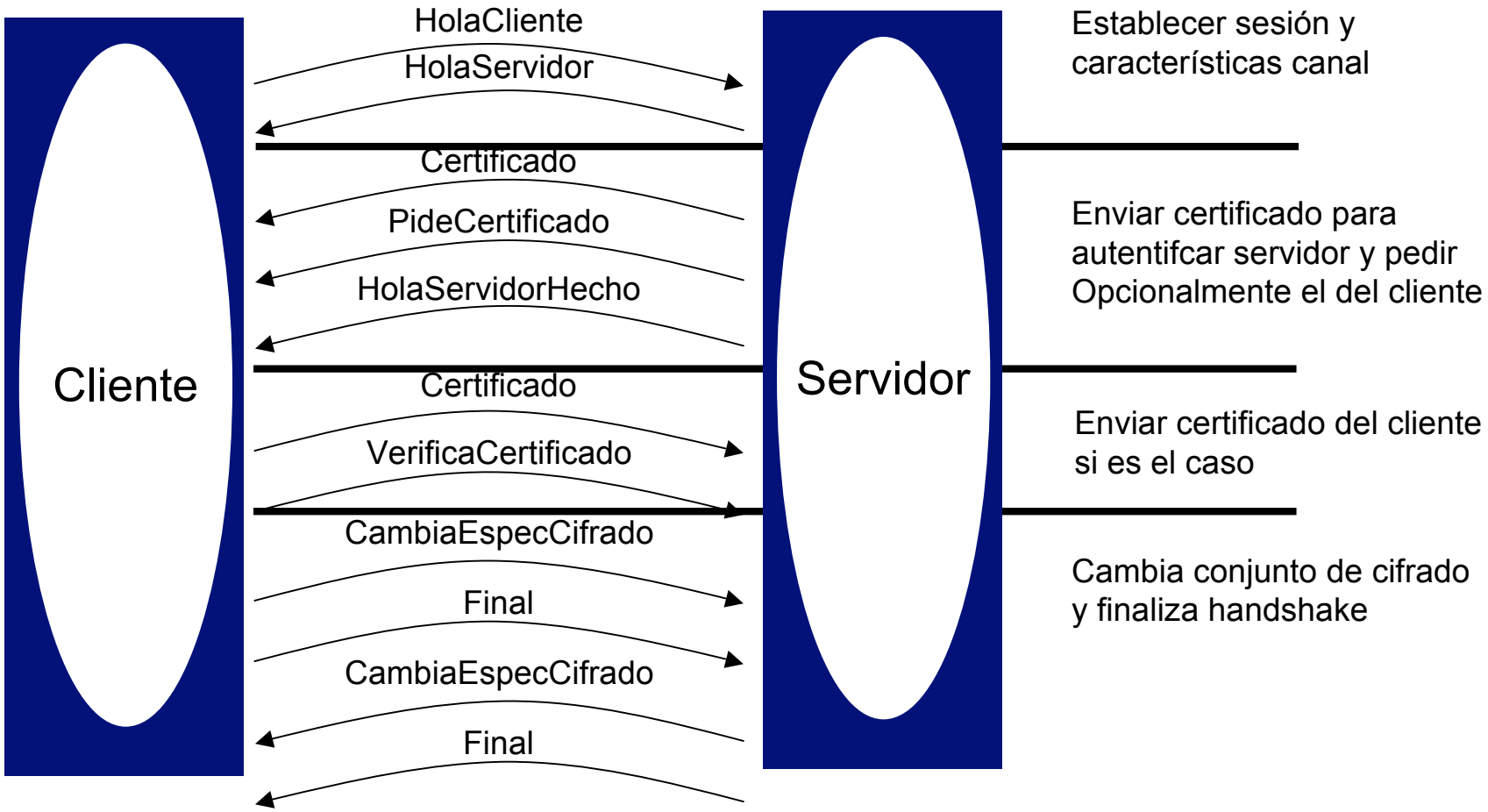


SSL

- **Protocolo de handshake**
  - El establecimiento de un canal seguro se basa en un esquema en tres fases:
    - Comunicación no encriptada en intercambios iniciales
    - Criptografía de clave pública para autenticar a las partes
      - Certificados X.509 de una autoridad o generados de modo temporal
    - Finalmente se conmuta a criptografía de clave secreta una vez se ha establecido una clave de secreto compartida.
  - El cambio a cada fase es opcional y viene precedido por una negociación.

SSL

- **Protocolo de handshake**



SSL

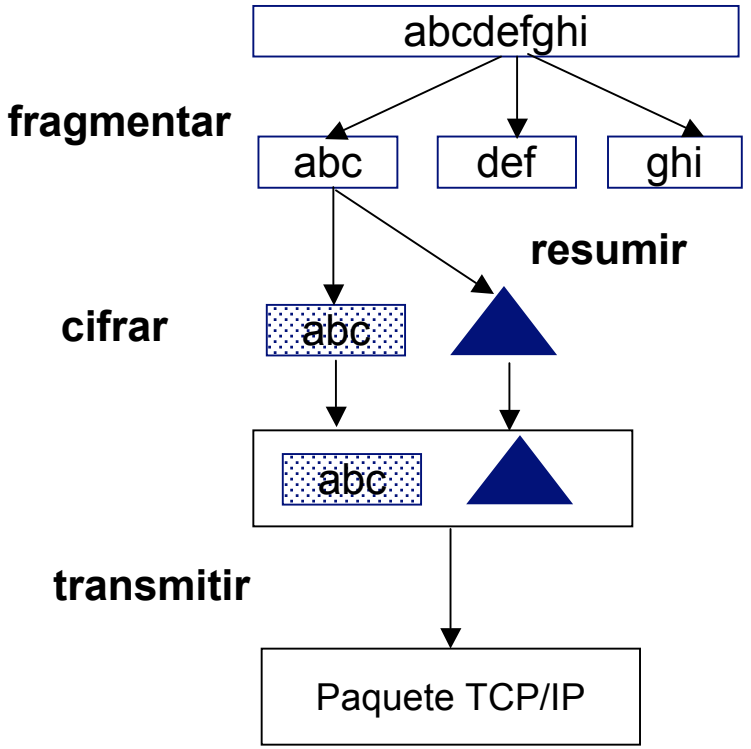
- **Protocolo de handshake**
  - **1ª fase**: Establecer sesión y características de canal seguro
    - No Cifrado. Vulnerable al ataque del “hombre entre medias”
      - Puede evitarse utilizando clave pública con certificados obtenidos por un canal seguro (CD-ROM) de empresas certificadoras o incluyendo el nombre del dominio o la IP en certificados
    - Ofrece una variedad de funciones criptográficas: **catálogo de cifrado** que incluye una elección única para
      - Método de intercambio de clave de sesión: Ej. RSA con certificados de clave públlica
      - Cifrado para la transferencia de datos: Ej. IDEA
      - Función de resumen de mensajes: Ej. SHA

SSL

- **Protocolo de handshake**
  - **2ª fase**: autenticación
    - Se utiliza criptografía de clave pública para autenticar a las partes
      - Certificados X.509 de una autoridad o generados de modo temporal
    - Un participante genera una *clave pre-maestro* y lo envía encriptada con clave pública al otro participante.
      - Clave pre-maestro: valor aleatorio con el que ambos partipantes generan las claves de sesión (claves de escritura) para encriptar los datos en cada dirección.
  - **3ª fase**: sesión segura
    - Intercambio de mensajes *CambiaEspecCifrado* y *Final*
  - Los participantes inician la **transferencia de datos** intercambian mensajes utilizando las claves preacordadas.

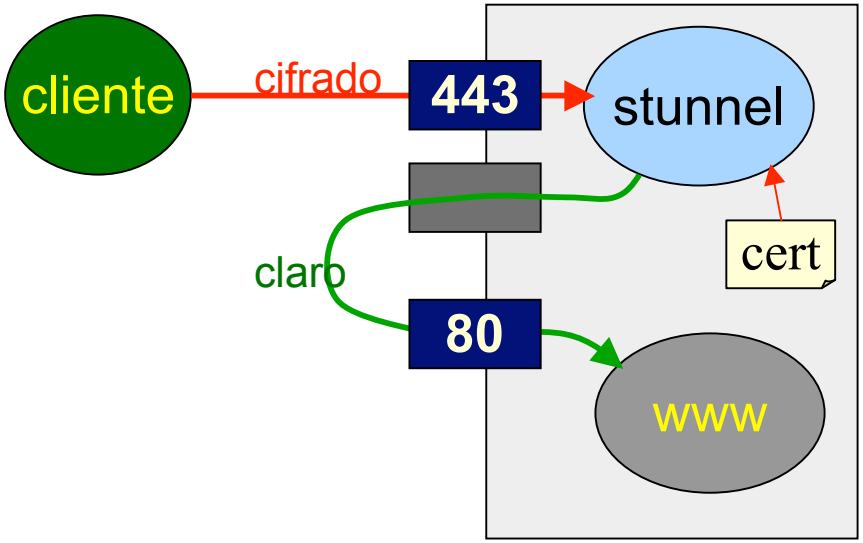
SSL

- **Protocolo de Registro SSL**
  - Protocolo de nivel de sesión que proporciona un canal seguro a los protocolos de nivel de aplicación (http, ftp, smtp, telnet, ...) de modo transparente garantizando integridad y autenticidad.
  - Cada sesión tiene un identificador que se puede almacenar en una *cache* para su uso subsiguiente, evitando la sobrecarga de establecer una nueva sesión segura con un mismo compañero.



SSL

- **Implementación mediante técnica de *tunneling***
  - Inicialmente, los programas que querían utilizar SSL tenían que modificar el código para utilizar las funciones de la biblioteca SSL. Para evitarlo se propuso realizar esto mediante ***tunneling:***
    - Es posible añadir la capa SSL utilizando un proceso externo que haga de proxy (wrapper) entre la red y un servidor no seguro.
    - Su forma de operar es similar al port–forwarding de SSH.



SSL

- **stunnel**
  - Diseñado para ofrecer la seguridad SSL a servidores (demonios) o clientes que no han sido programados con soporte SSL.
  - Puede actuar en:
    - La parte del cliente
    - La parte del servidor

SSL

- **stunnel como cliente**
  - Al igual que con socket podemos conectarnos a cualquier puerto de cualquier ordenador conectado a internet:
    - $ socket www.upv.es 80
    - GET / HTTP/1.0
    - nos retorna la página principal de la UPV.
  - Con la siguiente orden se consigue el mismo resultado, pero utilizando una conexión segura.
    - $ /usr/sbin/stunnel conf-cli
    - GET / HTTP/1.0
  - Fichero conf.cli
    - client = yes
    - connect = www.upv.es:443
    - # el puerto estándar de http seguro es el 443 (ver /etc/services).

SSL

- **stunnel como servidor**
  - La siguiente orden deja en segundo plano (background) stunnel:
    - # stunnel –conf-ser2
  - Fichero conf-ser2
    - cert = /home/usuarios/jvila/ssl/server.pem
    - #key = /home/usuarios/jvila/ssl/server.pem
    - #debug = 1
    - foreground = yes
    - pid =
    - #outfile = /tmp/error
    - #local = futura.disca.upv.es
    - [lsd]
    - accept = 9500
    - exec = /bin/ls
    - execargs = ls -l
    - #pty = yes

SSL

- **stunnel como servidor**
  - **Nota importante**: la clave privada a partir de la cual se crea el certificado no debe estar protegida con password para que el servidor (web) pueda hacer uso de ella para encriptar la información.
    - **1.-** el fichero con el certificado debe contener primero la clave privada (sin password), seguido del certificado.
    - **2.-** Tras la clave privada y el certificado debe aparecer una línea en blanco.
    - **3.-** Por tanto, al fichero creado por la orden:

      $ openssl req –new –x509 –nodes –keyout server.pem –out server.pem

      se le han de han de añadir un retorno de carro después de la clave privada y otro al final (después del certificado).
      - new: Generate a new key
      - x509: Generate an X509 certificate (self sign)
      - nodes: Don't put a password on this key.
      - out stunnel.pem where to put the SSL certificate
      - keyout stunnel.pem put the key in this file

SSL

- **Conversión de certificados de Java a certificados pem**
  - Los certificados de java son DER codificados en X.509 y no en ASN.1
    - openssl x509 -inform DER -outform PEM -in JoanVila.cer -out JoanVila.pem

Certificados

- **Formato de los certificados autofirmados**
  - { ID, Ke, Kd, $\{D(ID, Kd)\}_{Ke}$} siendo Ke secreta y Kd pública
    - No publicarlo!!!! Contiene Ke en claro!!
    - Pero el servidor web lo necesita así
  - Al exportarlo (pide Ke), a partir del anterior se genera:

    {ID, Kd, $\{D(ID, Kd)\}_{Ke}$} y probablemente Ke en un fichero aparte
    - Lo exportan los clientes de correo y los servidores web. Es lo que se envía en los correos y en las transferencias https
- **Formato de los certificados firmados por entidad certificadora**
  - { ID, Kd, $\{D(ID, Kd)\}_{Ks}$}