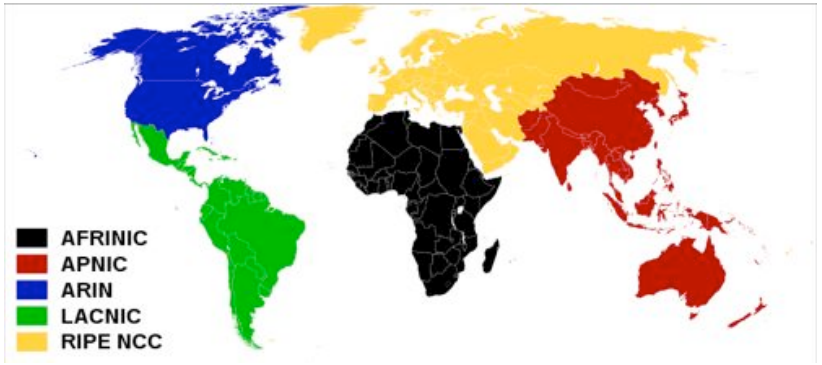
Enrutamiento seguro con BGP y RPKI

RFI – Facultad de Ingeniería – UDELAR
Montevideo, Uruguay
Carlos Martínez

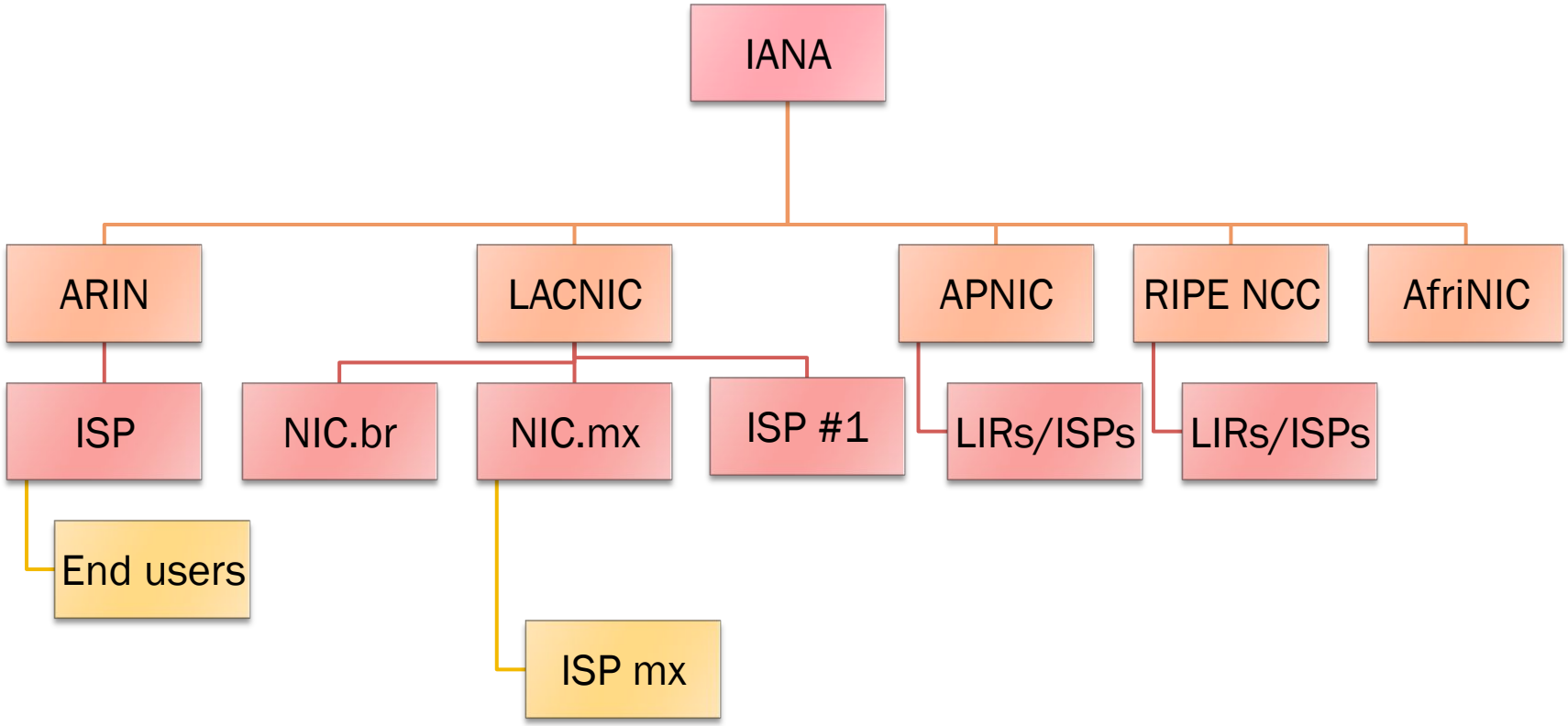
Gestión de recursos en Internet

- Recursos
  - Direcciones IPv4
  - Direcciones IPv6
  - Sistemas autónomos
    - 16 y 32 bits

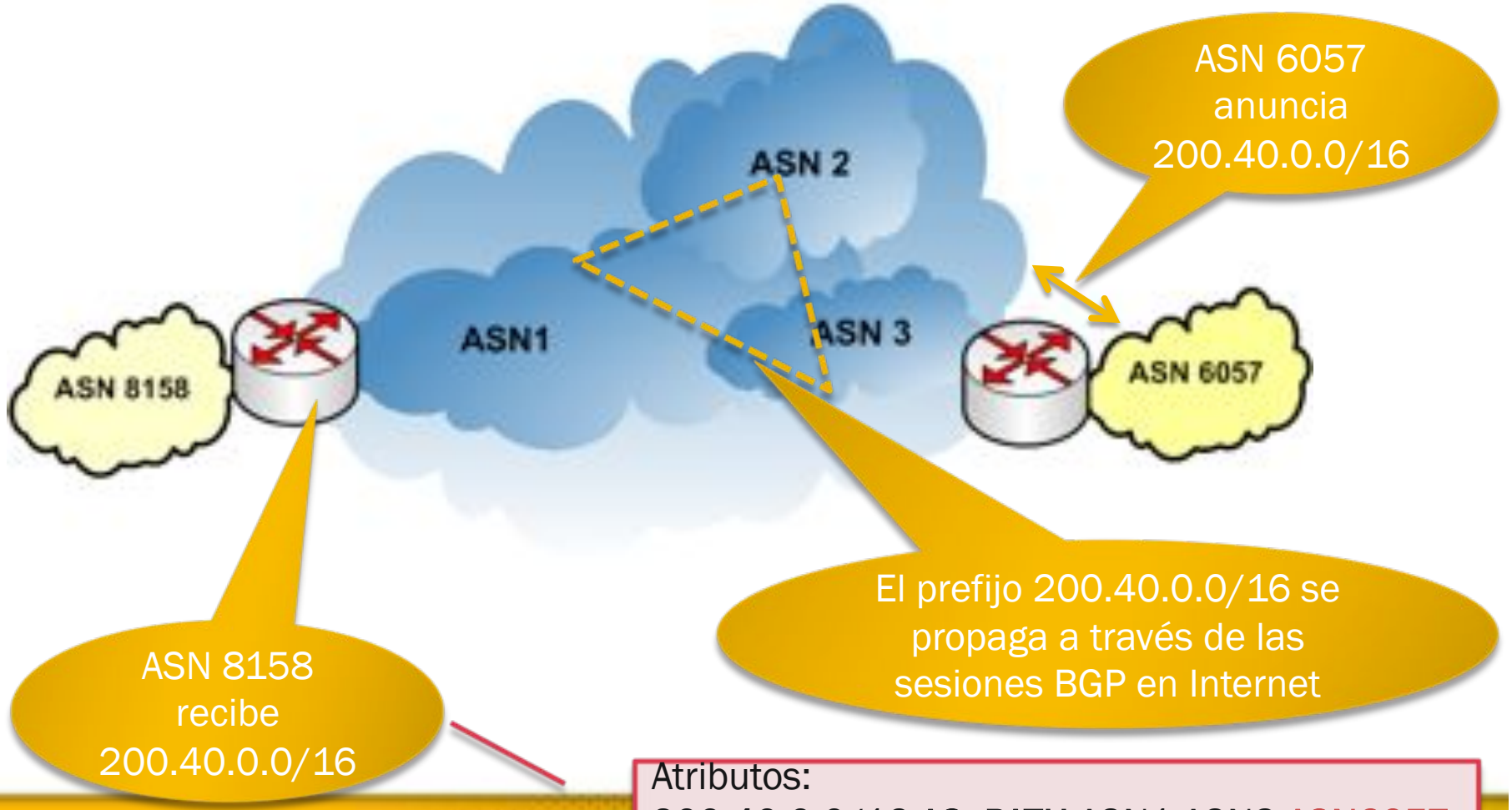


- Documento fundacional: RFC 2050
  - *"IP Registry Allocation Guidelines"*
- Cada RIR es **fuente autoritativa de información sobre la relación "usuario" <-> "recurso"**
  - Cada RIR opera su base de datos de registro
  - Asociados y RIRs *firman contratos de servicio* entre si

Gestión de recursos en Internet

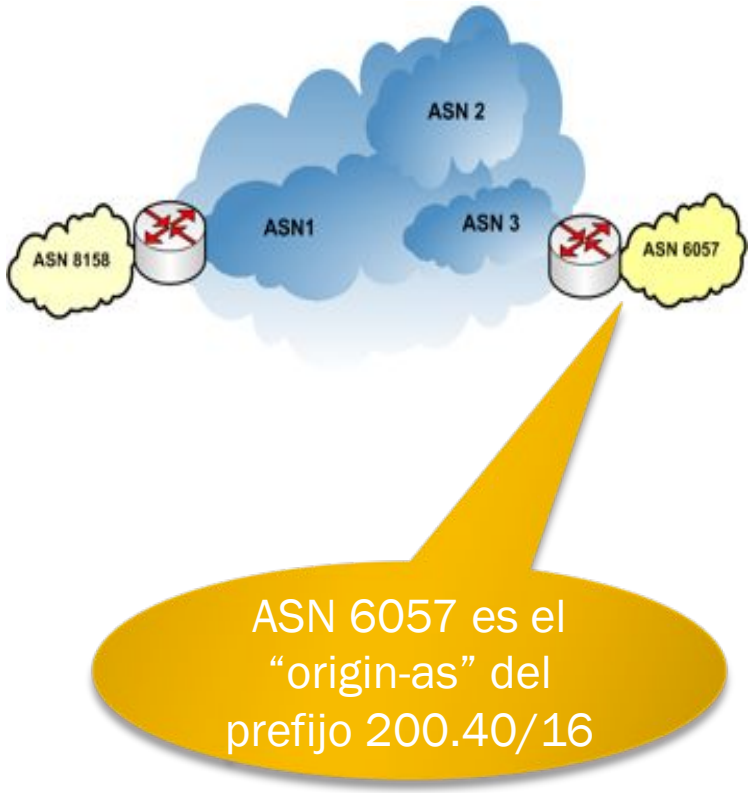


Enrutamiento en Internet



Enrutamiento en Internet (ii)

- BGP elije rutas de acuerdo a un **algoritmo de decisión** y a los valores de los **atributos**
- AS_PATH es la lista de sistemas autónomos recorridos por un UPDATE dado
  - Incluye el AS que origina el anuncio (“origin-as”)



Enrutamiento en Internet (iii)

- Algoritmo de decisión de BGP
  - Fuente http://netcerts.net/?p=116 :

#	Paso
1	Verificar si NEXT HOP es alcanzable
2	*Seleccionar la ruta con el WEIGHT mas alto***
3	Seleccionar la ruta con el LOCAL PREFERENCE mas alto
4	Seleccionar la ruta originada localmente
5	Seleccionar el AS_PATH mas corto
6	Seleccionar el origin code mas bajo (IGP > EGP > Incomplete)
7	Seleccionar el MED mas bajo
8	Seleccionar rutas aprendidas por eBGP (*sobre las aprendidas por iBGP*)
9	Seleccionar la ruta con la menor metrica IGP al NEXT HOP
10	Seleccionar la ruta mas antigua (AGE)
11	Seleccionar la ruta con el menor Router_ID
12	Seleccionar la ruta con la menor dirección IP si el Router_ID es igual

Paso '2.5': validación de origen

¿Quién puede usar un recurso?

- Un ISP al obtener recursos de Internet (IPv6/IPv4/ ASN)
  - Indica a su upstream/peers cuales son los prefijos que va a anunciar
  - Vía e-mail, formas web, IRR (Internet Routing Registry)
- Proveedores/peers verifican derecho de uso del recurso y configuran filtros
  - Whois RIRs: Información no firmada, no utilizable directamente para ruteo
  - Whois IRR: Información no firmada, pocos mecanismos para autentificación de derecho de uso
- La verificación no siempre es todo lo meticulosa que debería ser

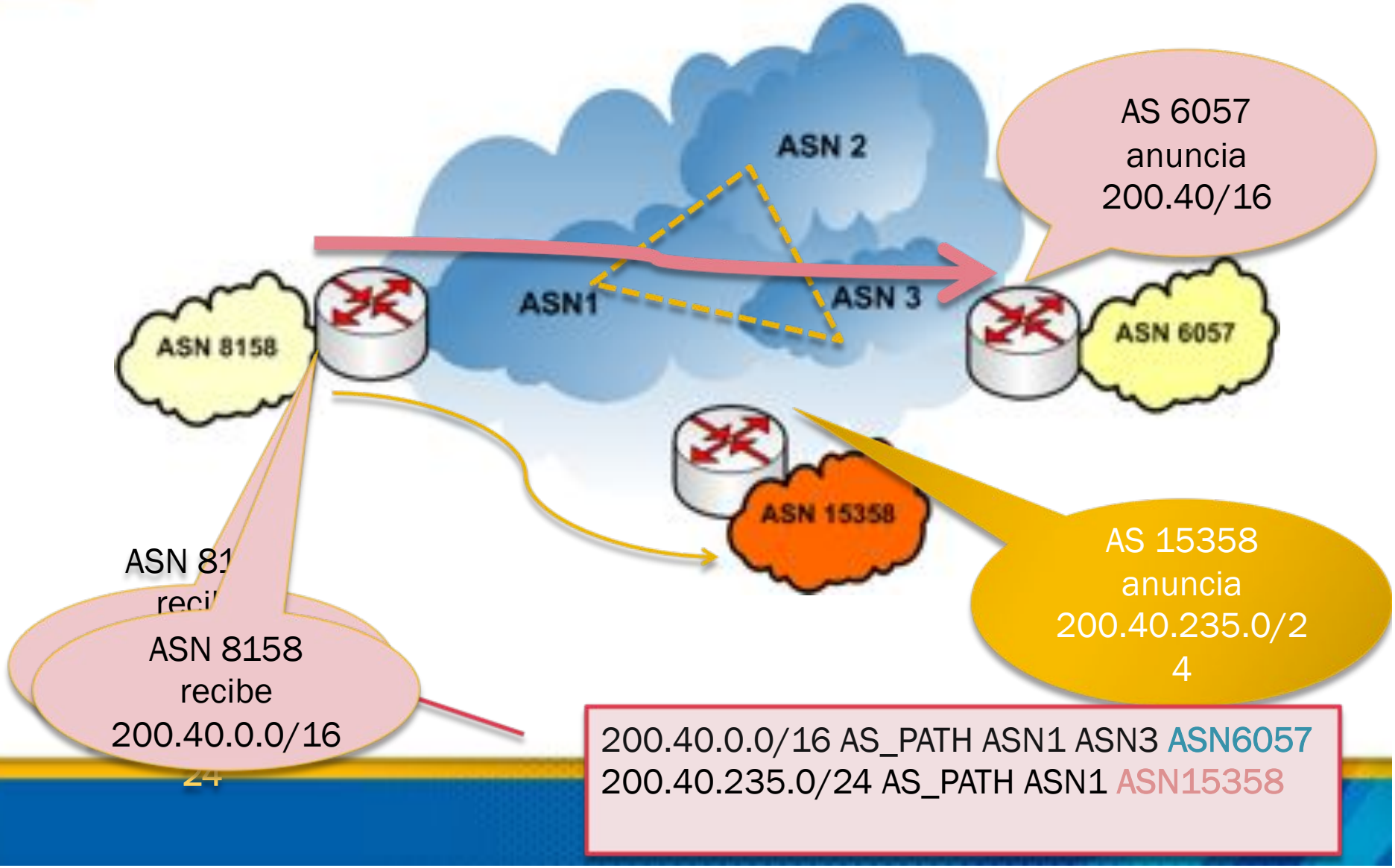
Verificación de autorización de uso

- Administrador de la red
  - Controles locales en su infraestructura de rutas
    - Pedir algún proceso previo (ej. Registrar el objeto en un IRR)
  - Protección de routers
  - Integridad de operación en sus protocolos de ruteo
    - Autenticación entre peers
- Filtrado de rutas que se saben inválidas
  - Filtros 1918 (rfc1918) prefijos de redes privadas
  - "Bogon Filters" espacios no asignados de IANA
- La integridad del sistema depende de la **confianza entre peers**

Secuestro de rutas

- Cuando un participante en el routing en Internet anuncia un prefijo que no esta autorizado a anunciar se produce un "*secuestro de ruta*" (*route hijacking)*
- Malicioso u causado por error operacionales
- Casos más conocidos:
  - Pakistan Telecom vs. You Tube (2008)
  - China Telecom (2010)
  - Google en Europa del este (varios AS, 2010)
  - **Casos en nuestra región (enero/febrero de 2011)**

Secuestro de rutas (ii)



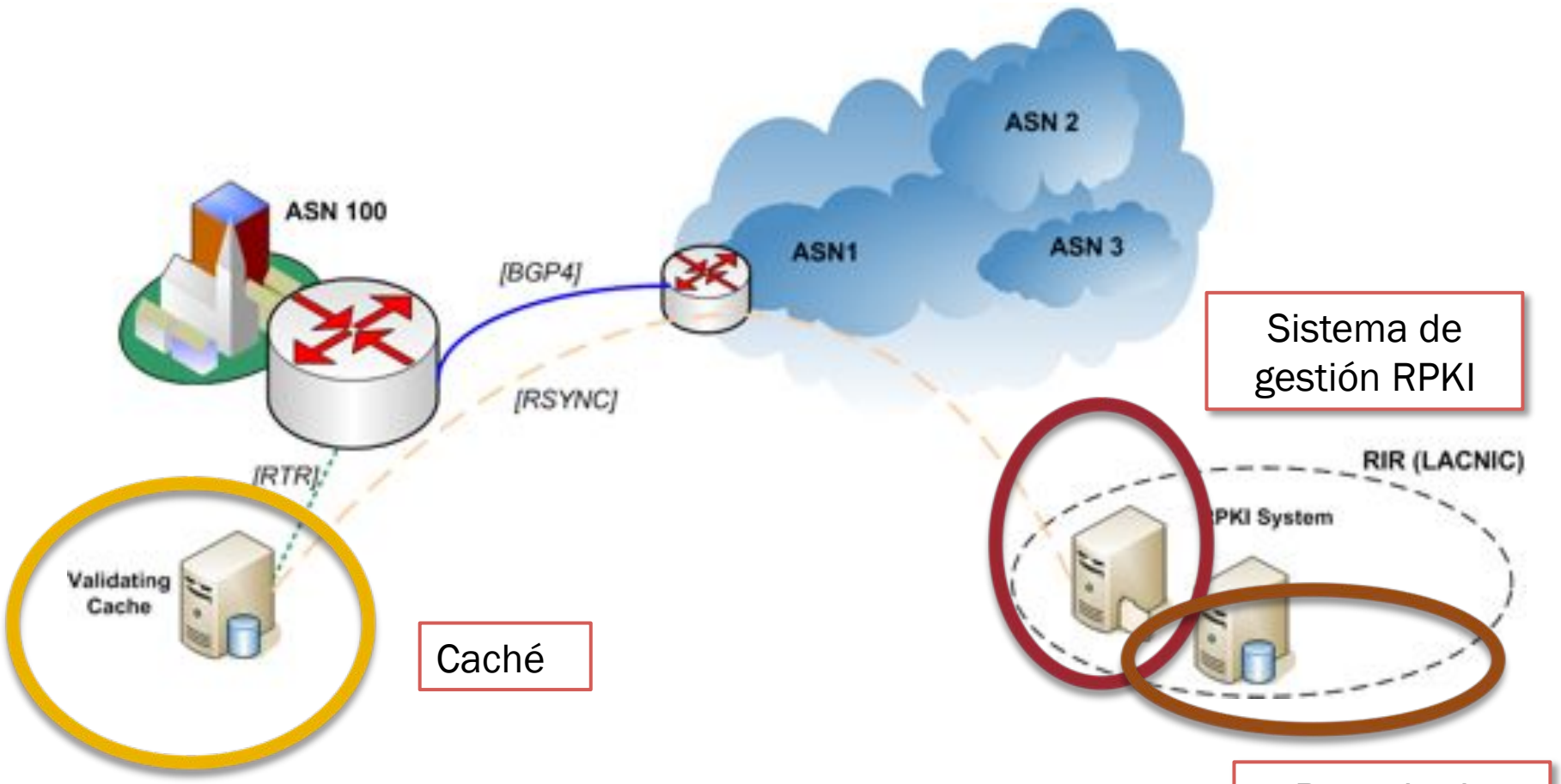
Infraestructura de PK de recursos

- Resource Public Key Infraestructure
  - Objetivo: poder certificar la autorización a utilizar un cierto recurso de Internet
  - Mecanismo propuesto
    - Uso de certificados X.509 v3
    - Uso de extensiones RFC 3779 que permiten representar recursos de Internet (direcciones v4/v6, ASNs)
    - Mecanismo de **validación de prefijos**
  - Esfuerzo de estandarización:
    - SIDR working group en IETF

Resource PKI (ii)

- Metodología que permita validar la autoridad asociada a un anuncio de una ruta “**origen de una ruta**”
- El emisor de la información de ruta "**firma**" la información de “AS de origen” (ROA)
- Para validar certificados e información de enrutamiento se utilizan:
  - Las propiedades del cifrado de clave pública (certificados)
  - Las propiedades de los bloques CIDR
- Se impide entonces que terceros falsifiquen la información de enrutamiento o las firmas

Resource PKI (iii)



Resource PKI (iv)

- Los objetos firmados son listados en directorios públicos
- Los objetos pueden ser usados para configurar filtros en routers
- Proceso de Validación
  - Los objetos firmados son referenciados al certificado que los generó
  - Cada certificado tiene una referencia al certificado en un nivel superior
  - Los recursos listados en un certificado tienen que ser subsets válidos de los recursos de su padre (en el sentido CIDR)
  - Sigue una cadena de confianza hasta el “trust anchor”, verificando también que los recursos estén contenidos en los recursos del certificado padre

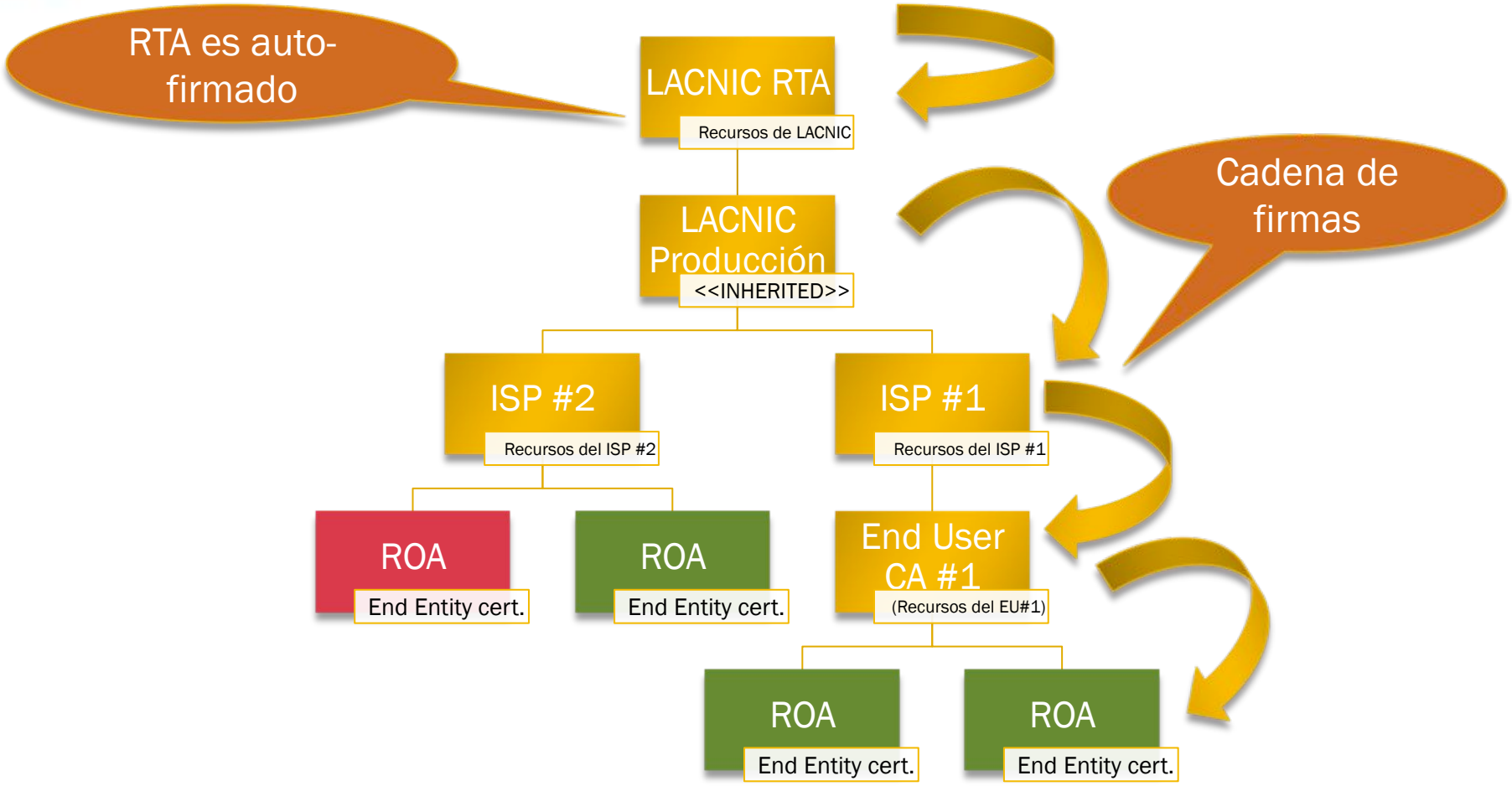
Certificados de recursos

- Certificados Digitales X.509
  - Información del sujeto, plazo de validez, llave publica, etc
- Con extensión:
  - RFC 3779 estándar IETF define extensión para recursos internet.
- Listado de IPv4, IPv6, ASN asignados a una organización
- OpenSSL 1.0c en adelante implementa RFC 3779
  - Hay que habilitarlo a la hora del "./configure" ya que no se compila por defecto

Certificados con extensiones RFC 3779

- Sección “IP Delegation”
  - Valor especial “INHERITED”
- Sección “AS Delegation”
  - Valor especial “INHERITED”
- Proceso de validación

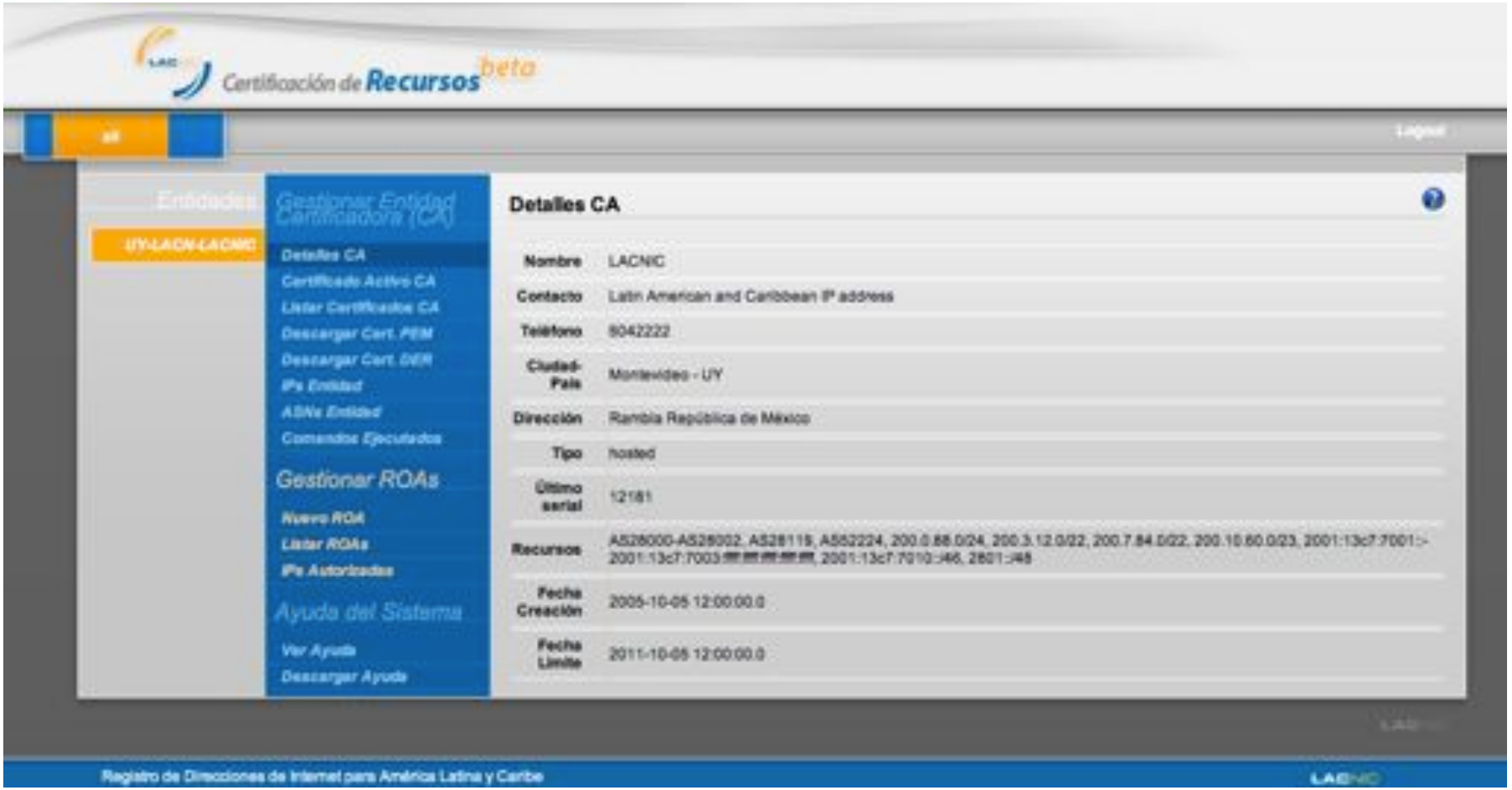
Estructura de la RPKI de LACNIC



Estructura de la RPKI LACNIC (ii)

- CAs
  - Entidad emisora de certificados (bit CA=1)
    - ISPs pueden usar este certificado para firmar certificados de sus clientes
- Repositorio de certificados
  - Repositorio de certificados, CRLs y manifiestos
  - Accesible via “rsync”
- Interfaz de gestión
  - Interfaz web de usuario para aquellos que prefieran el modo “hosted”

Detalles de los certificados



Política de enrutamiento y RPKI

- ROAs: Routing Origin Authorization
  - Los ROAs contienen información sobre el origen permitido de un prefijo
  - Los ROAs se firman utilizando los certificados generados por la RPKI
  - Los ROAs firmados se copian en un repositorio publicamente accesible

ROAs (ii)

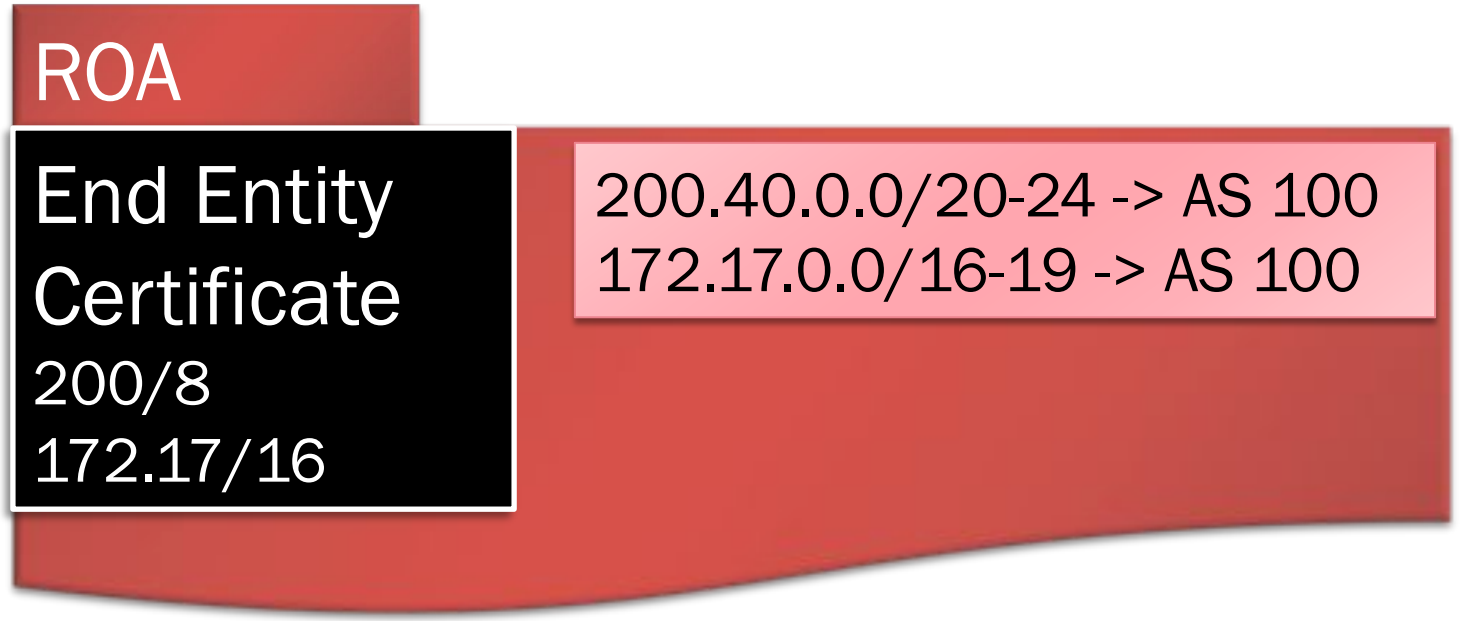
- Un ROA (simplificado) contiene esta información:

Prefijo	Largo_Máximo	AS Origen	Valido_Desde	Valido_Hasta
200.40.0.0/17	20	6057	2011-01-02	2012-01-01
200.3.12.0/22	24	28000	2011-01-07	2012-01-06

- Este ROA afirma que:
  - *"El prefijo 200.40.0.0/17 será anunciado por el sistema autónomo 6057 y podrá ser fraccionado en prefijos de hasta 20 bits de largo. Esto será valido desde el 2 de enero de 2011 hasta el 1 de enero de 2012"*
- Además
  - El ROA contiene el material criptográfico que permite **verificar** la validez de esta información contra la RPKI

ROAs (iii)

- Los ROA contienen
  - Un certificado End Entity con recursos
  - Una lista de “route origin attestations”

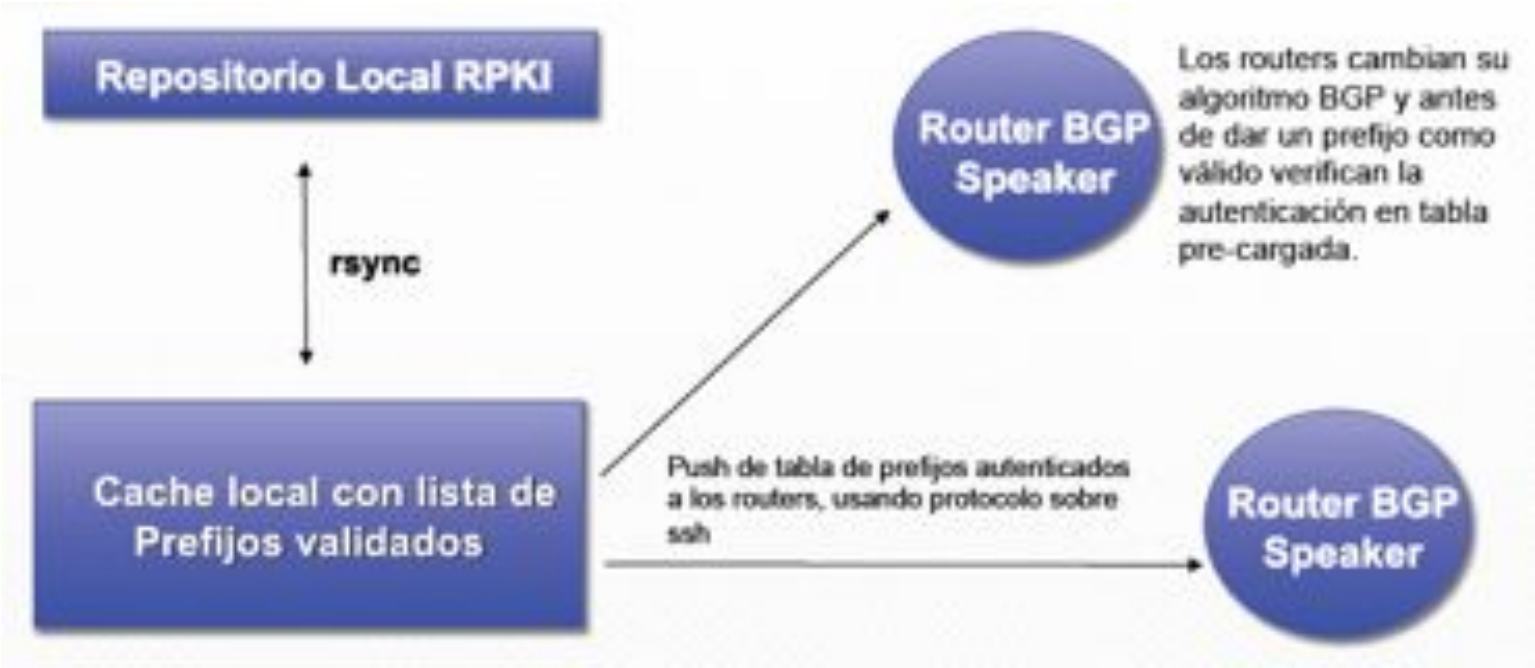


ROAs (iii) - Validación

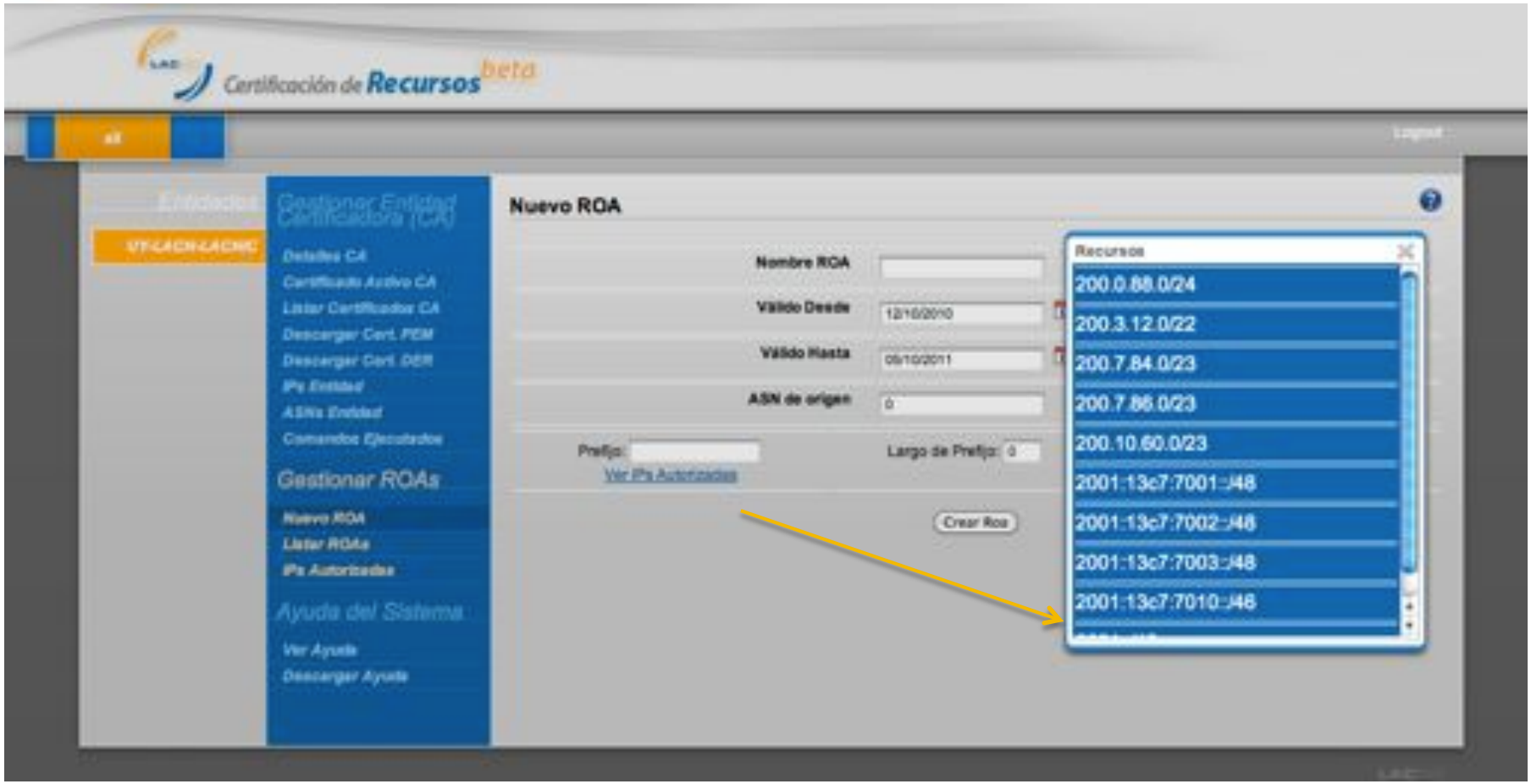
- El proceso de validación de los ROAs involucra:
  - La validación criptográfica de los certificados end entity (EE) que están contenidos dentro de cada ROA
  - La validación CIDR de los recursos listados en el EE respecto de los recursos listados en el certificado emisor
  - La verificación de que los prefijos listados en los route origin attestations están incluidos en los prefijos listados en los certificados end entity de cada ROA

ROAs (iv)

- Un router podría entonces utilizar los ROAs** para validar una ruta y eventualmente, rechazarla
  - RPKI Routing Protocol



Creación de ROA

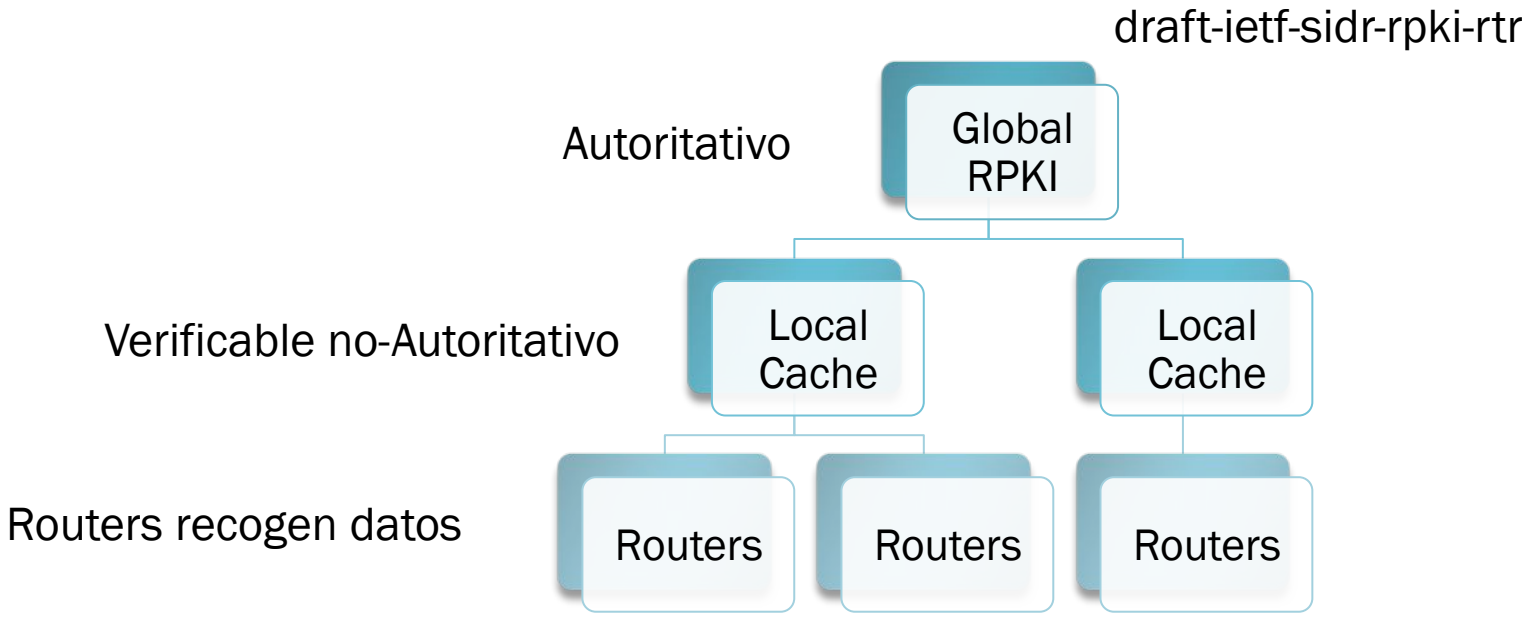


Modos de operación de RPKI

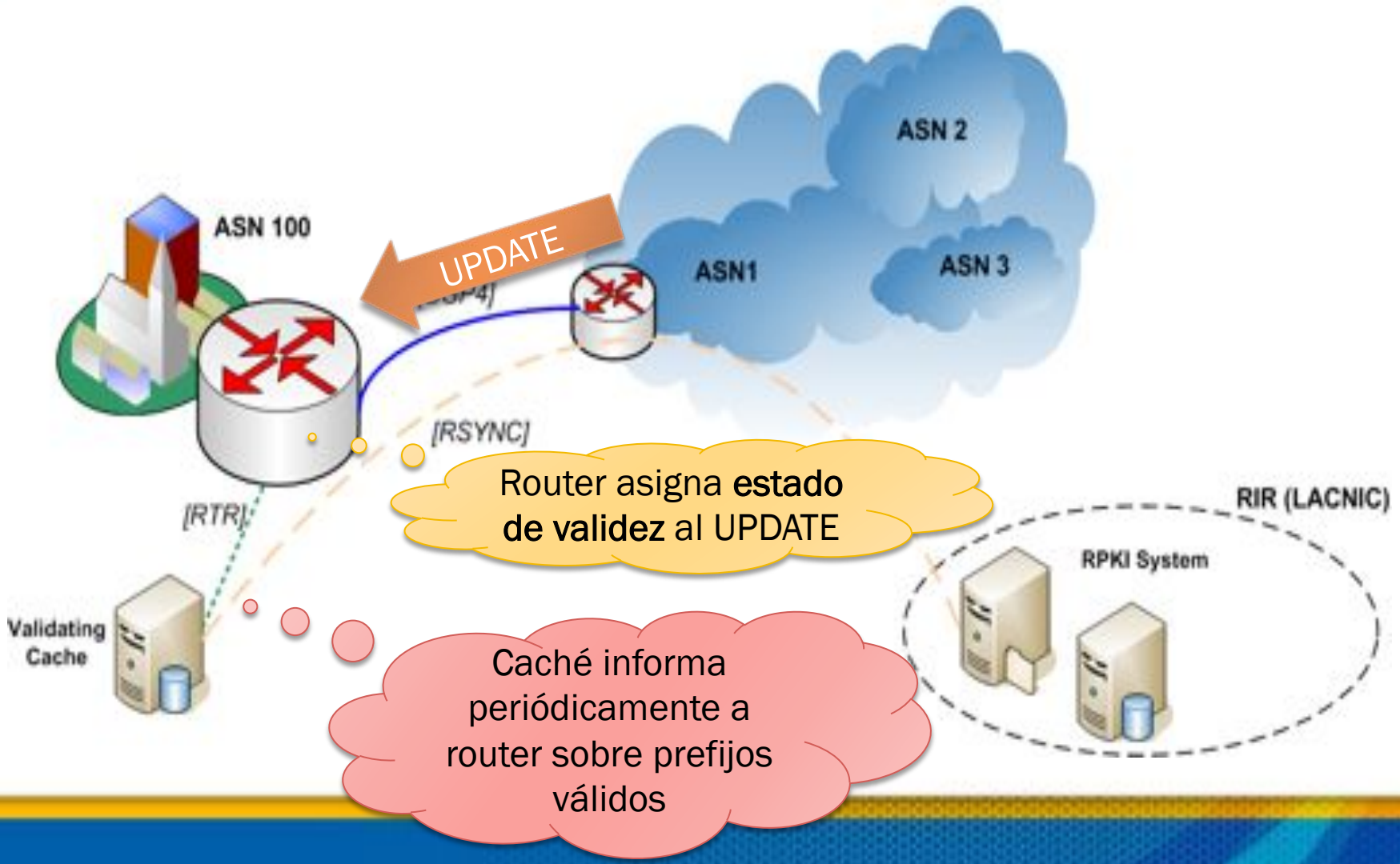
- Modo "*hosted*"
  - LACNIC emite los certificados y guarda en sus sistemas tanto claves publicas como privadas
    - Los certificados son emitidos a pedido de las organizaciones miembro
  - Los usuarios realizan operaciones via una interfaz web provista por LACNIC
- Modo "*delegado*"
  - Una organización tiene su propio certificado, firmado por la CA de LACNIC
  - La organización envia solicitudes de firma a LACNIC, quien se las devuelve firmadas
    - Protocolo "up-down"

RPKI routing protocol

- Validar los ASs que originan anuncios de BGP
- Routers requieren mecanismos simple pero confiable



RPKI en funcionamiento



RPKI en funcionamiento (ii)

- El proceso de validación a nivel de la infraestructura de enrutamiento está dividido en dos
  - Validación de los ROAs como objetos firmados
    - Lo realiza el caché validador
  - Validación de la información recibida en los UPDATE de BGP
    - Lo realizan los “bgp speakers” de la red
- Existe un protocolo de comunicación entre caché y routers (RTR) que está siendo definido en el IETF actualmente

RPKI en funcionamiento (iii)

- En el caché
  - Se bajan por RSYNC los contenidos de los repositorios RPKI
  - Se validan los certificados y ROAs
    - Criptográficamente (cadena de firmas)
    - Inclusión correcta de recursos
- En los routers
  - Se construye una base de datos con la relación entre prefijos y AS de origen

Validación de prefijos en el router

UPDATE 200.0.0.0/9
ORIGIN-AS 20

VALID

[max_len]	Origin AS
172.16.0.0 / [16-20]	10
200.0.0.0/[8-21]	20

- Si el “UPDATE pfx” **no** encuentra ninguna entrada que lo cubra en la BdeD -> “**not found**”
- Si el “UPDATE pfx” si encuentra al menos una entrada que lo cubra en la BdeD y además el AS de origen del “UPDATE pfx” coincide con uno de ellos -> “**valid**”
- En el caso anterior, si **no** coincide ningun AS de origen -> “**invalid**”

Validación de prefijos en el router

UPDATE 200.0.0.0/22
ORIGIN-AS 20

INVALID

	Origin AS
172.16.0.0 / [16-20]	10
200.0.0.0/[8-21]	20

- Si el “UPDATE pfx” **no** encuentra ninguna entrada que lo cubra en la BdeD -> “**not found**”
- Si el “UPDATE pfx” si encuentra al menos una entrada que lo cubra en la BdeD y además el AS de origen del “UPDATE pfx” coincide con uno de ellos -> “**valid**”
- En el caso anterior, si **no** coincide ningun AS de origen -> “**invalid**”

Validación de prefijos

UPDATE 200.0.0.0/22
ORIGIN-AS 66

INVALID

172.16.0.0 / [16-20]	10
200.0.0.0/[8-21]	20

- Si el “UPDATE pfx” **no** encuentra ninguna entrada que lo cubra en la BdeD -> “**not found**”
- Si el “UPDATE pfx” si encuentra al menos una entrada que lo cubra en la BdeD y además el AS de origen del “UPDATE pfx” coincide con uno de ellos -> “**valid**”
- En el caso anterior, si **no** coincide ningun AS de origen -> “**invalid**”

Validación de prefijos

UPDATE 188.0.0.0/9
ORIGIN-AS 66

NOT FOUND

200.0.0.0/[8-21]	20

- Si el “UPDATE pfx” **no** encuentra ninguna entrada que lo cubra en la BdeD -> “**not found**”
- Si el “UPDATE pfx” si encuentra al menos una entrada que lo cubra en la BdeD y además el AS de origen del “UPDATE pfx” coincide con uno de ellos -> “**valid**”
- En el caso anterior, si **no** coincide ningun AS de origen -> “**invalid**”

Interación con BGP

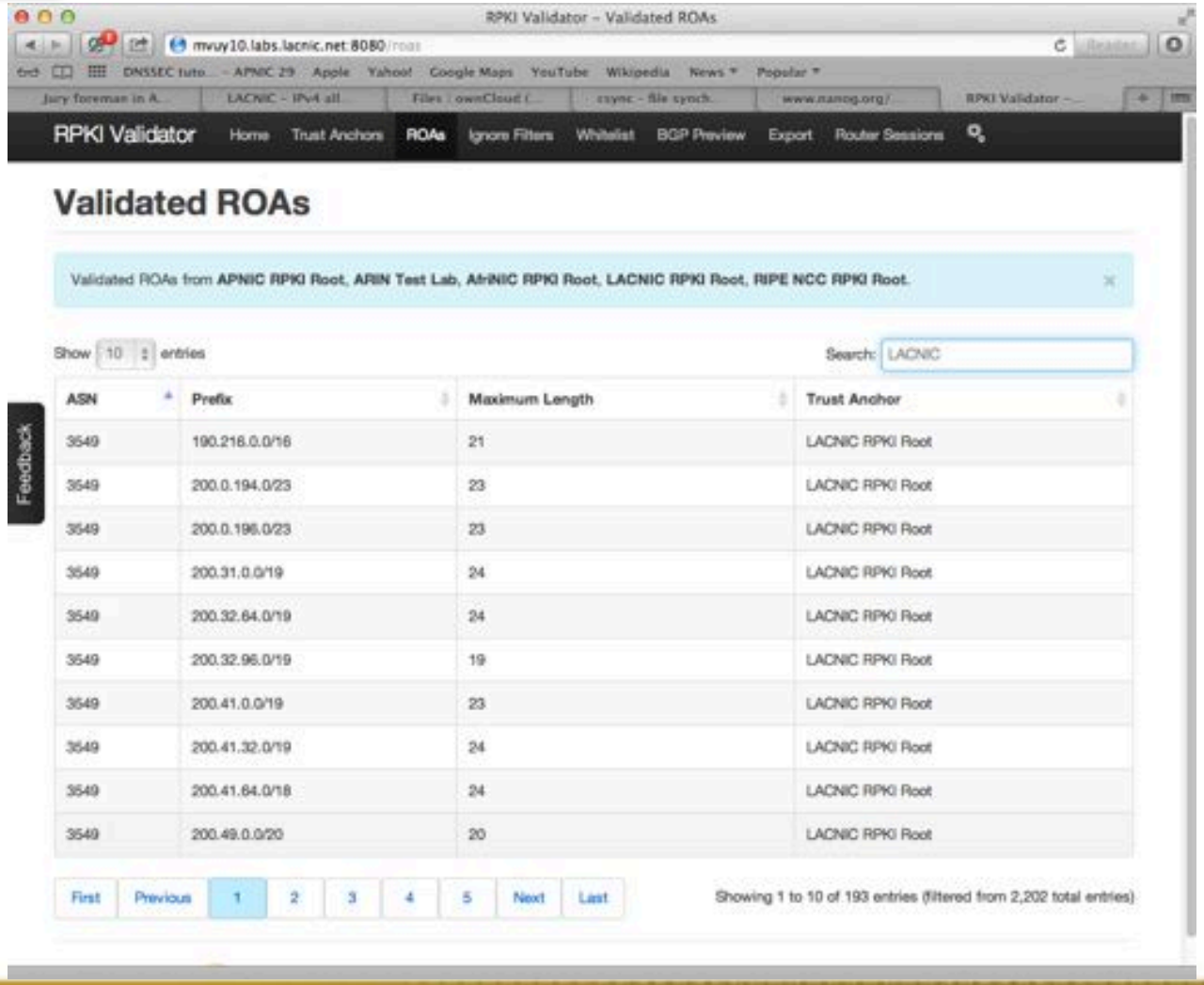
- El estado **{valid, invalid, not found}** de un prefijo puede hacerse pesar en la selección de rutas

```
route-map rpki permit 10
match rpki invalid
set local-preference 50

route-map rpki permit 20
match rpki incomplete
set local-preference 100

route-map rpki permit 30
match rpki valid
set local-preference 200
```

Herramientas

- Validadores
  - RIPE
    - http://labs.ripe.net/Members/agowland/ripe-ncc-validator-for-resource-certification/view
  - RCyinc
    - http://subvert-rpki.hactrn.net/rcynic/
  - BBN Relaying Party Tools
- Visualización y estadísticas
  - Construidas sobre la salida de los validadores

RIPE Validator 2.3.x



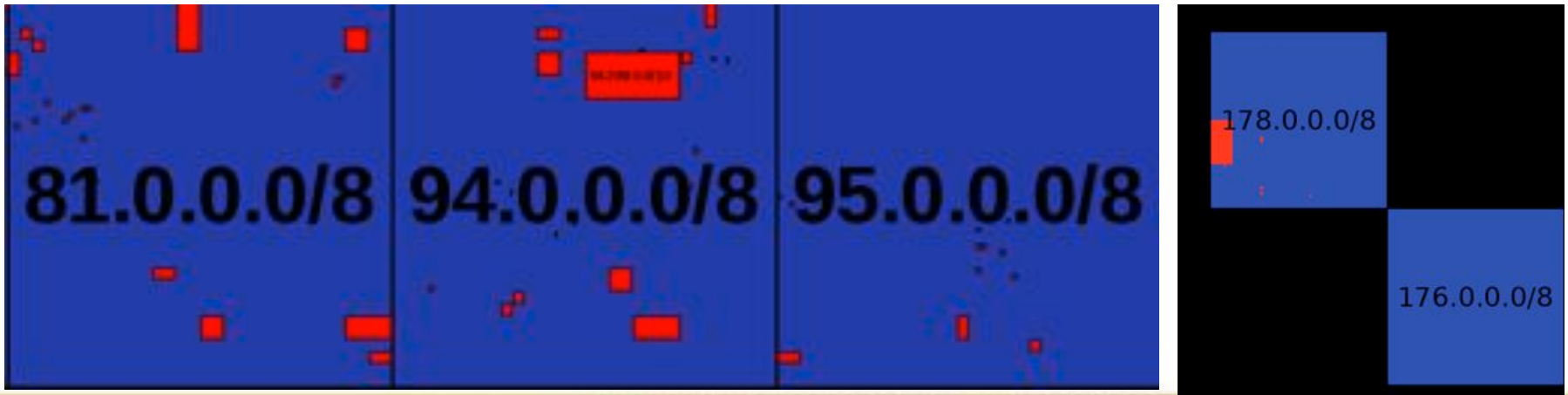
Validación (iii)

- ROAs validados y prefijos (`lacnic-roas.csv`)

```
URI,ASN,IP Prefix,Max Length,Not Before,Not After"
rsync://repository.lacnic.net/rpki/hosted/d62c58a7-668d-41a6-
a246-af9400104596/UTt-N3nQ91lGZh0jvWpPN-
KirQ4.roa",AS28000,200.7.84.0/23,24,2011-01-07
02:00:00,2012-08-05 03:00:00"
rsync://repository.lacnic.net/rpki/hosted/d62c58a7-668d-41a6-
a246-af9400104596/UTt-N3nQ91lGZh0jvWpPN-
KirQ4.roa",AS28000,2001:13c7:7001::/48,48,2011-01-07
02:00:00,2012-08-05 03:00:00"
rsync://repository.lacnic.net/rpki/hosted/d62c58a7-668d-41a6-
a246-af9400104596/
nfNV84A_GA8ZPeCMR4jX1qe557o.roa",AS28001,200.3.12.0/22,24,2011-01
-07 02:00:00,2012-08-05 03:00:00"
rsync://repository.lacnic.net/rpki/hosted/d62c58a7-668d-41a6-
a246-af9400104596/
nfNV84A_GA8ZPeCMR4jX1qe557o.roa",AS28001,2001:13c7:7002::/48,48,2
011-01-07 02:00:00,2012-08-05 03:00:00"
```

Visualizando RPKI

- Fuente:
  - http://www.labs.lacnic.net/~rpki/rpki-heatmaps/latest/
  - Mapas de Hilbert coloreados de acuerdo con el espacio cubierto por ROAs:



Formalización del Protocolo

- SIDR (Secure InterDomain Routing) Working Group en IETF
- Architecture, certificate structure and profile, certificate policies, Trust Anchor, Repository structure, ROAs, CP
- Los documentos mas importantes estan cerca ya del status de RFC
- http://tools.ietf.org/wg/sidr/

Links / Referencias

- Sistema RPKI de LACNIC
  - http://rpki.lacnic.net
- Repositorio RPKI LACNIC
  - rsync://repository.lacnic.net/rpki/
- Para ver el repositorio
  - rsync --list-only rsync://repository.lacnic.net/rpki/lacnic/
- Estadísticas RPKI
  - http://www.labs.lacnic.net/~rpki

¡Muchas gracias por su atención!

gerardo_@_ lacnic.net
carlos_@_lacnic.net