Tutorial de enrutamiento seguro

Erika Vega – evega@nog.lat

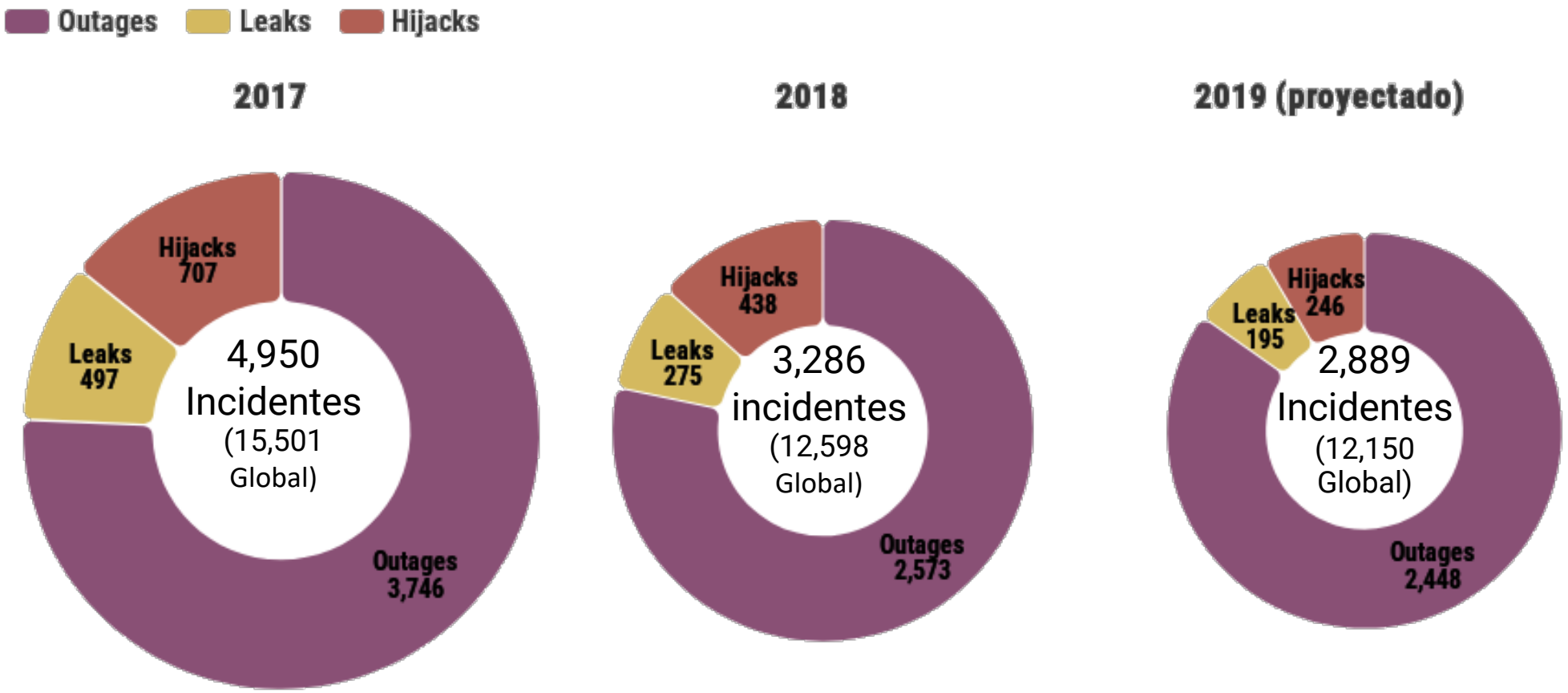
Mariela Rocha – mariela@lacnic.net

Guillermo Cicileo - guillermo@lacnic.net

lacnic 33
online meeting

Cantidad de incidentes en LAC

Fuente: Informe sobre seguridad en el ruteo de LAC – Augusto Mathurín, 2019
https://www.lacnic.net/innovaportal/file/4297/1/fort-informe-seguridad-ruteo-es.pdf



Principales países de LAC con incidentes

Fuente: Informe sobre seguridad en el ruteo de LAC – Augusto Mathurín, 2019
https://www.lacnic.net/innovaportal/file/4297/1/fort-informe-seguridad-ruteo-es.pdf

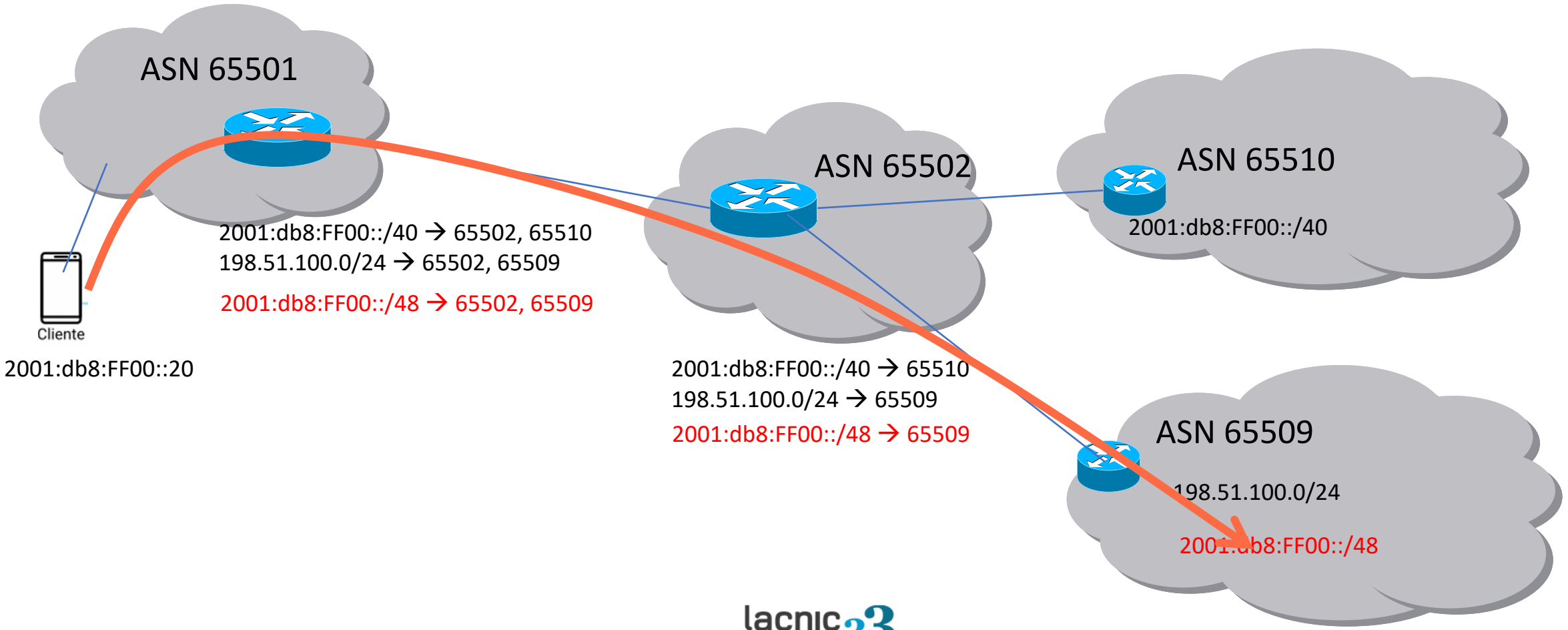
	Leaks (responsable) 2017/2018	Leaks (víctima) 2017/2018	Hijacks (responsable) 2017/2018	Hijacks (víctima) 2017/2018
Brasil (BR)	322 145	252 177	441 214	191 132
Colombia (CO)	0 17	2 3	9 15	237 8
Chile (CL)	1 0	1 2	4 10	30 91
Argentina (AR)	0 1	11 8	35 21	18 18
Panamá (PA)	0 2	2 3	3 8	2 3
Resto de LAC	26 10	51 25	79 52	53 49

Principales tipos de incidentes de ruteo

Secuestro de rutas

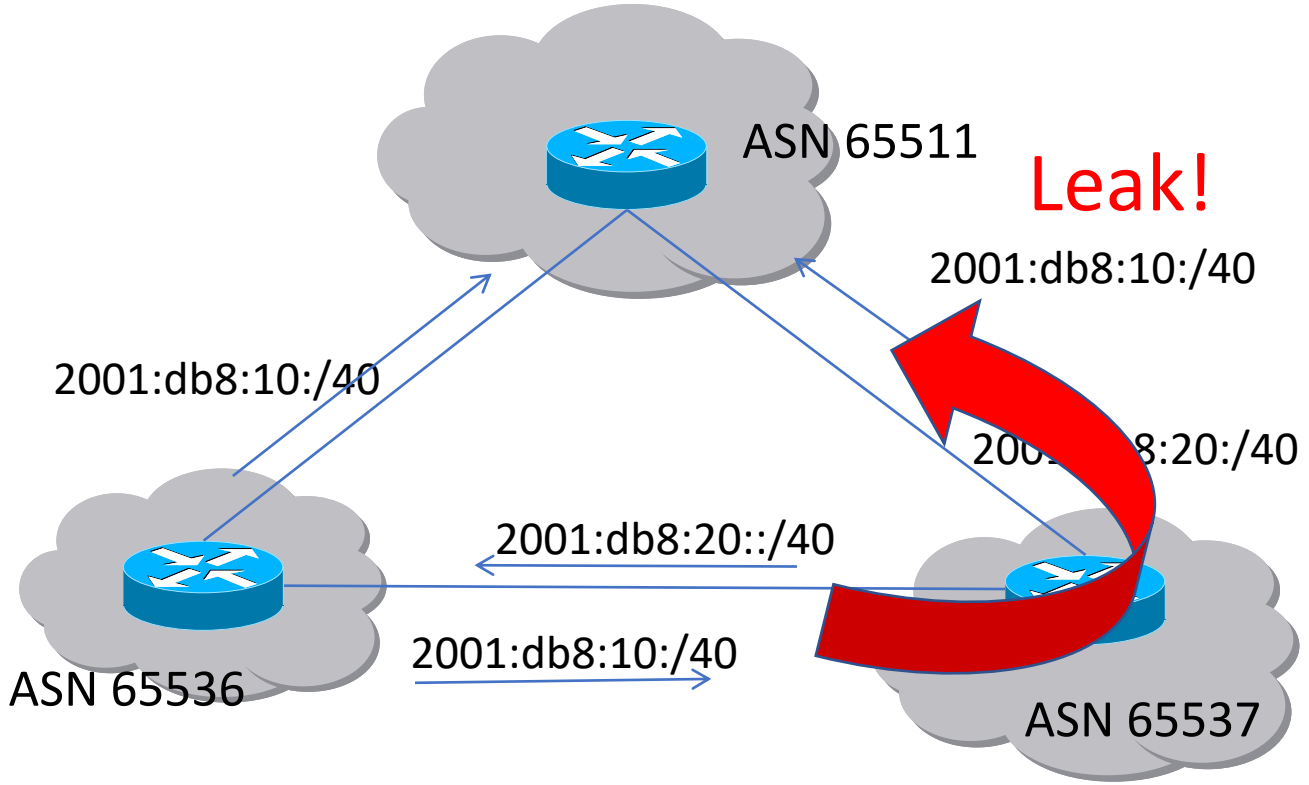
Secuestro de rutas:
Acción de anunciar
prefijos NO autorizados

- Intencional.
- Por error en la operación.



Route leaks – fuga de rutas

- Prefijos aprendidos del ***proveedor*** no deben anunciarse a otro ***peer*** o a otro ***proveedor***
- Prefijos aprendidos de un ***peer*** tampoco se anuncian a otros ***peers*** ni al ***proveedor***
- Esos prefijos solo deberían anunciarse a ***clientes***



Si no hay filtros configurados, esto trae problemas

Seguridad en BGP

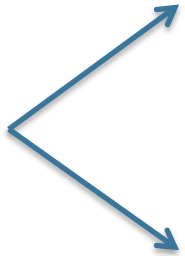
Tecnologías que facilitan la prevención de incidentes de seguridad

lacnic 33 online meeting

IRRs vs RPKI

- Cómo chequear que la información que recibimos por BGP es correcta?
  - BGP no tiene mecanismos intrínsecos que permitan verificar esto
  - Se deben contrastar los anuncios recibidos por BGP contra fuentes externas

- Existen dos formas:



IRR: Internet Routing Registries

RPKI: Resource Public Key Infrastructure

IRR – Internet Routing Registries

- Existe una gran cantidad de IRRs
  - El más conocido es RADB
  - RADB replica todos los demas IRRs
- Las organizaciones definen sus políticas de ruteo en un IRR
- Los operadores (ISP) utilizan esa información para generar filtros para BGP, muchas veces en forma automática
- Existen herramientas para utilizar esa información y configurar los routers: bgpq3/bgpq4, etc.

- **AFRINIC**
- **ALTDB**
- **AOLTW**
- **APNIC**
- **ARIN**
- **BELL**
- **BBOI**
- **CANARIE**
- **EASYNET**
- **EPOCH**
- **GT**
- **HOST**
- **JPIRR**
- **LEVEL3**
- **NESTEGG**
- **NTTCOM**
- **OPENFACE**
- **OTTIX**
- **PANIX**
- **RADB**
- **REACH**
- **RGNET**
- **RIPE**
- **RISQ**
- **ROGERS**
- **TC**

- **Ahora también LACNIC**

Ejemplos de registros

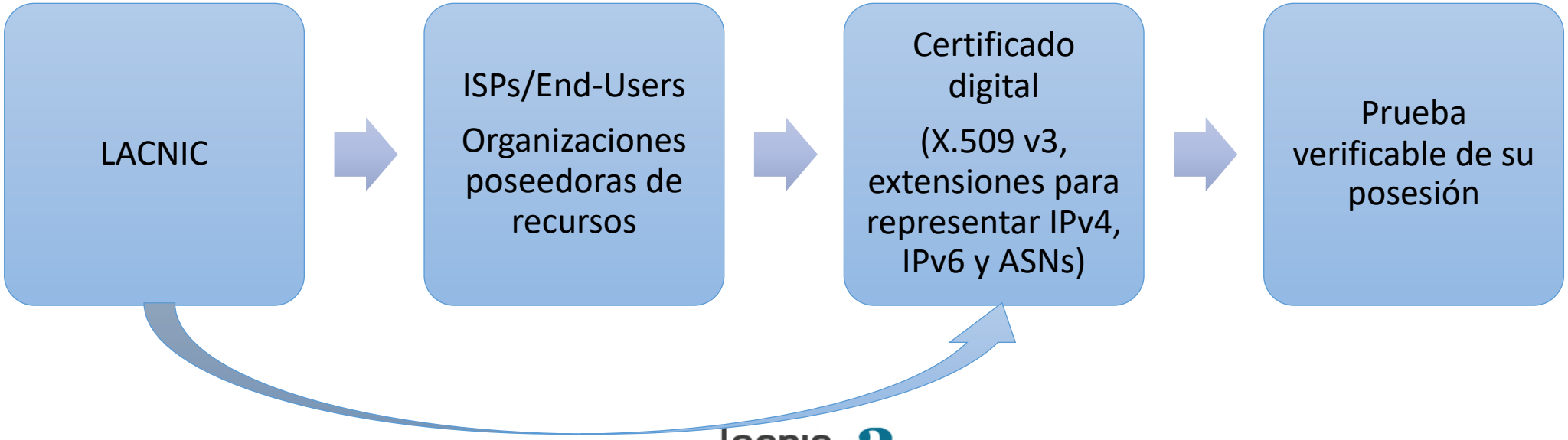
```
whois -h whois.radb.net -- '-s radb -i mnt-by MAINT-AS6057'

route:      201.221.32.0/19
descr:      ANTEL
origin:     AS6057
notify:     noc@antel.net.uy
mnt-by:     MAINT-AS6057
changed:    nantoniello@antel.net.uy 20080903
changed:    nantoniello@antel.net.uy 20080903  #19:20:32Z
source:     RADB


route:      201.217.128.0/18
descr:      ANTEL
origin:     AS6057
notify:     noc@antel.net.uy
mnt-by:     MAINT-AS6057
changed:    nantoniello@antel.net.uy 20080903
changed:    nantoniello@antel.net.uy 20080903  #19:21:34Z
source:     RADB
```

RPKI

- Define una infraestructura de clave pública especializada para ser aplicada al enrutamiento
  - En particular, para BGP



¿Qué compone la solución RPKI?

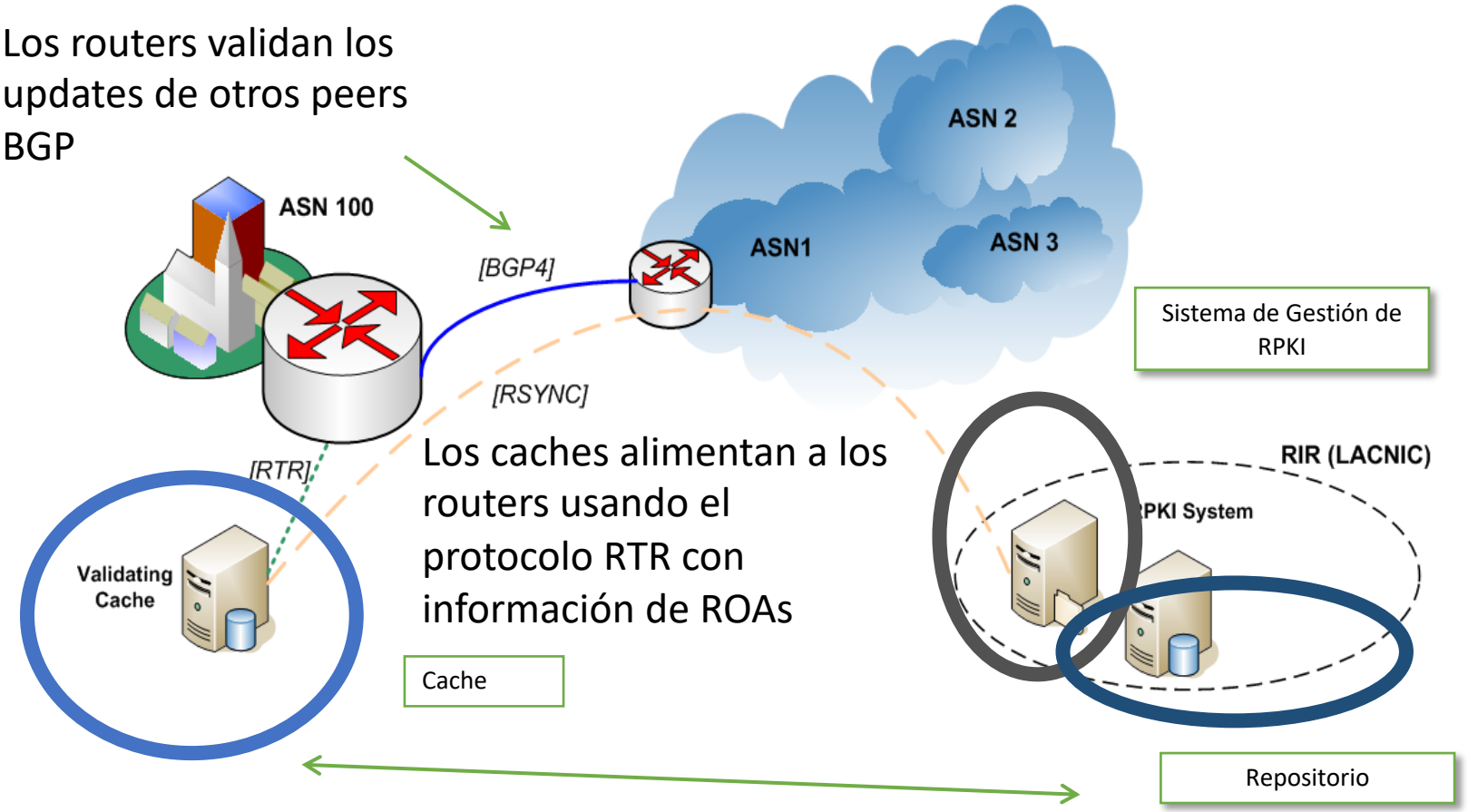
- **ROA**: Objetos firmados digitalmente para soportar seguridad del enrutamiento
  - Equivalentes a route o route6 objects de un IRR
  - Los ISPs u organizaciones pueden ***definir y certificar los anuncios de rutas que autorizan*** realizar
  - Los **ROAs** permiten definir el AS de origen para nuestros prefijos
  - **Firmados** con la clave privada del certificado
  - Toda la información es copiada en un **repositorio públicamente accesible**

- Un **mecanismo de validación** de prefijos
  - Validación de origen

Validación de Origen

RPKI en acción

Los routers validan los updates de otros peers BGP



Los caches traen y validan criptográficamente los certificados y ROAs de los repositorios

Validación de Origen

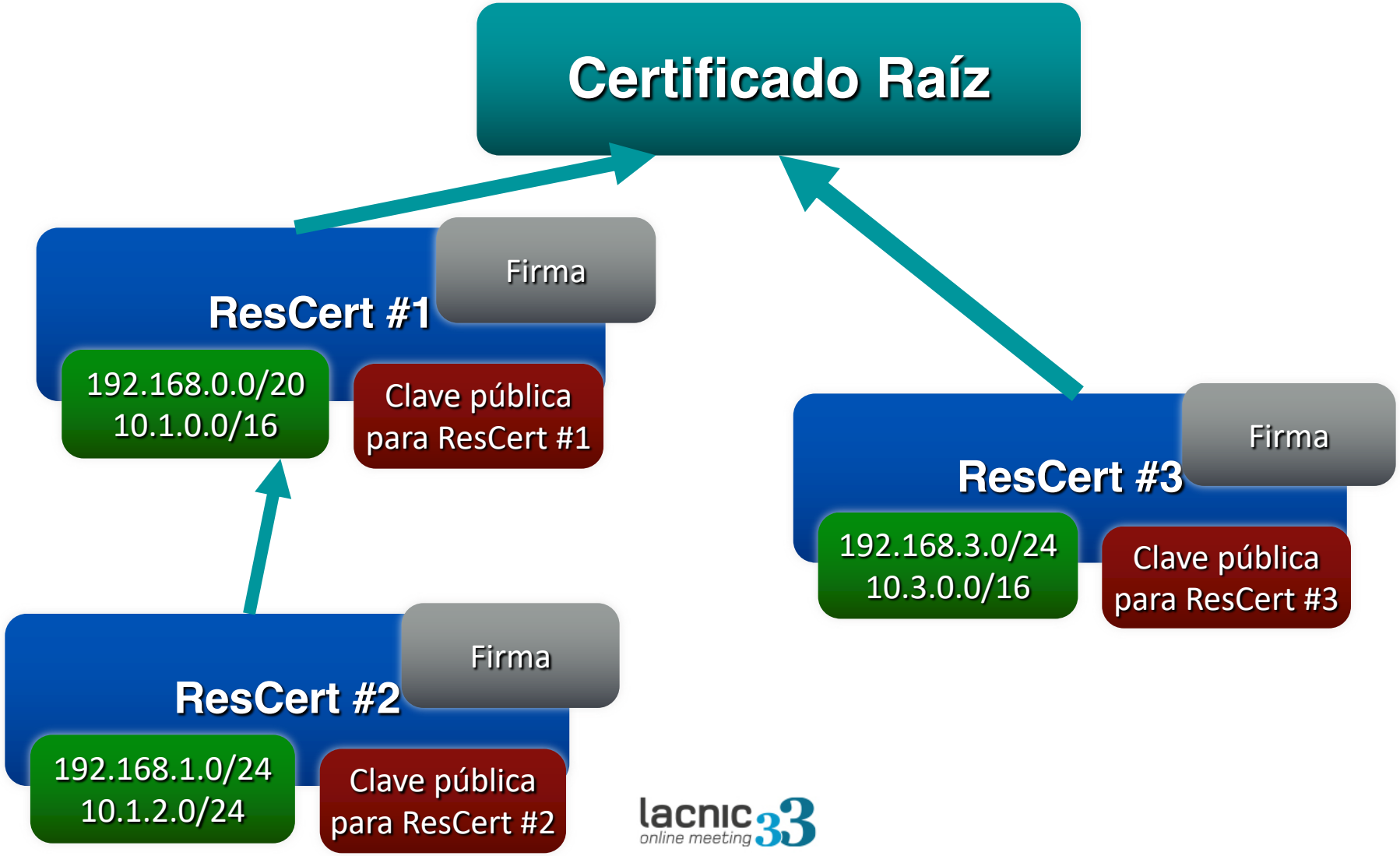
- Una vez que los routers reciben la información de los caches, tendrán una tabla con:

Prefix	Length	Max length	Origin-AS
200.0.112.0	22	24	65501

- Con esto es posible asignar un ***estado de validez*** a cada UPDATE de BGP
- El estado de validez puede ser:
  - Válido: El AS de origen y el Largo Máximo coinciden con la información del ROA
  - Inválido: La información del ROA no coincide
  - No encontrado: No hay un ROA para el prefijo dado

RPKI: modo hosted y modo delegado

PKI de Recursos



Modelos de implementación de RPKI

- Modo hosted:
  - Mantenimiento basado en el RIR , gestionado a través del portal (MI LACNIC)
  - Todas las operaciones criptográficas, rollovers, etc, son automáticas
  - Los certificados y ROAs son publicados en el repositorio del RIR
  - El usuario sólo debe ocuparse de crear y mantener los ROAs
- Modo delegado:
  - Una organización puede optar por tener su propia CA, que dependerá jerárquicamente del RIR
  - La organización debe mantener las claves privadas y la firma de los objetos
  - Útil para
    - Organizaciones que poseen espacio de direcciones de diferentes RIRs
    - Organizaciones grandes que quieren integración con sus sistemas de manejo de IP
    - Registros Nacionales de Internet - NIRs (ej: NIC Brasil)
  - Protocolo UP DOWN para comunicarse con la CA superior y para la emisión, revocación y reporte de estado de certificados (RFC 6492)
  - Software disponible: Krill (NLNet Labs), rpki.net toolkit (Dragon Research Labs)

¿Qué podemos hacer para mitigar los incidentes?

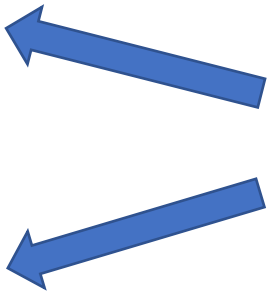
Acciones acordadas para promover la seguridad del ruteo

MANRS – Mejores prácticas

MANRS es un conjunto de ”Normas Mutuamente Acordadas para la Seguridad del Enrutamiento”

Acciones propuestas por MANRS para **operadores**:

- Filtrado
- Anti-spoofing
- Coordinación
- Validación global



Veremos estas acciones en más detalle a continuación

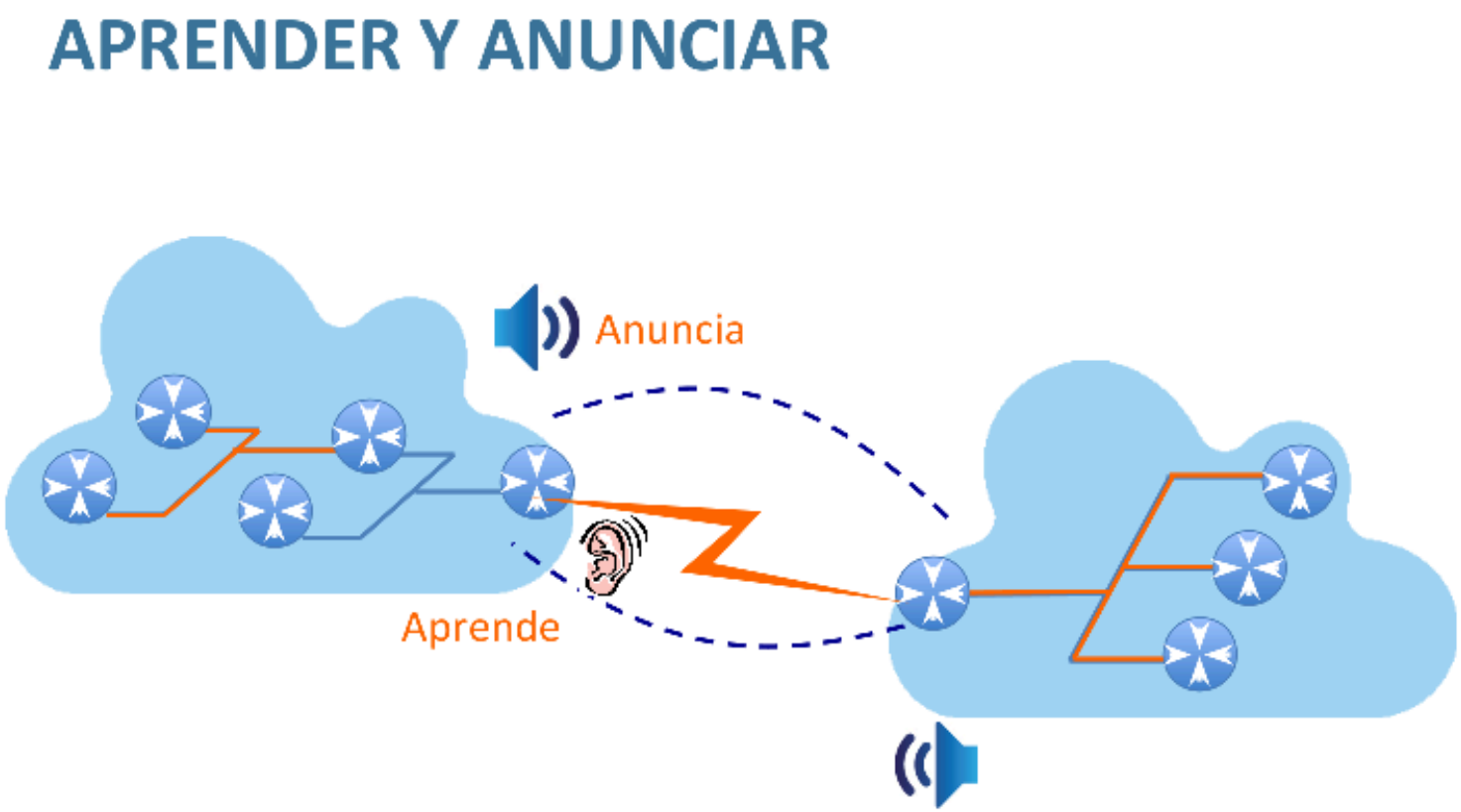
Hay también un programa específico para **IXPs** y para **CDNs**

https://www.manrs.org

¿Preguntas hasta acá?

Filtrado de anuncios BGP

Cómo trabaja BGP?



Ejemplo de peering

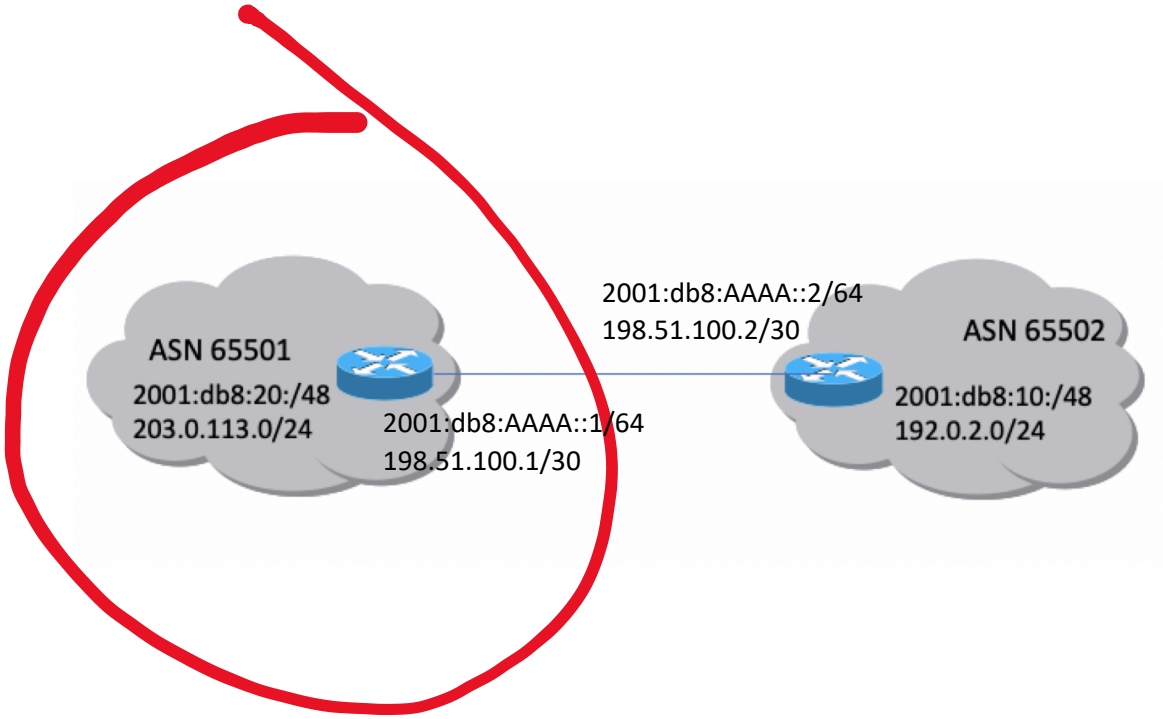
Filtros por prefijos (prefix-list)

- Permiten filtrar según los *prefijos* que se aprenden o se anuncian de o hacia un peer
- Se aplica según lo que se que se quiere filtrar (entrada o salida de la sesión BGP):

IN → Aprende

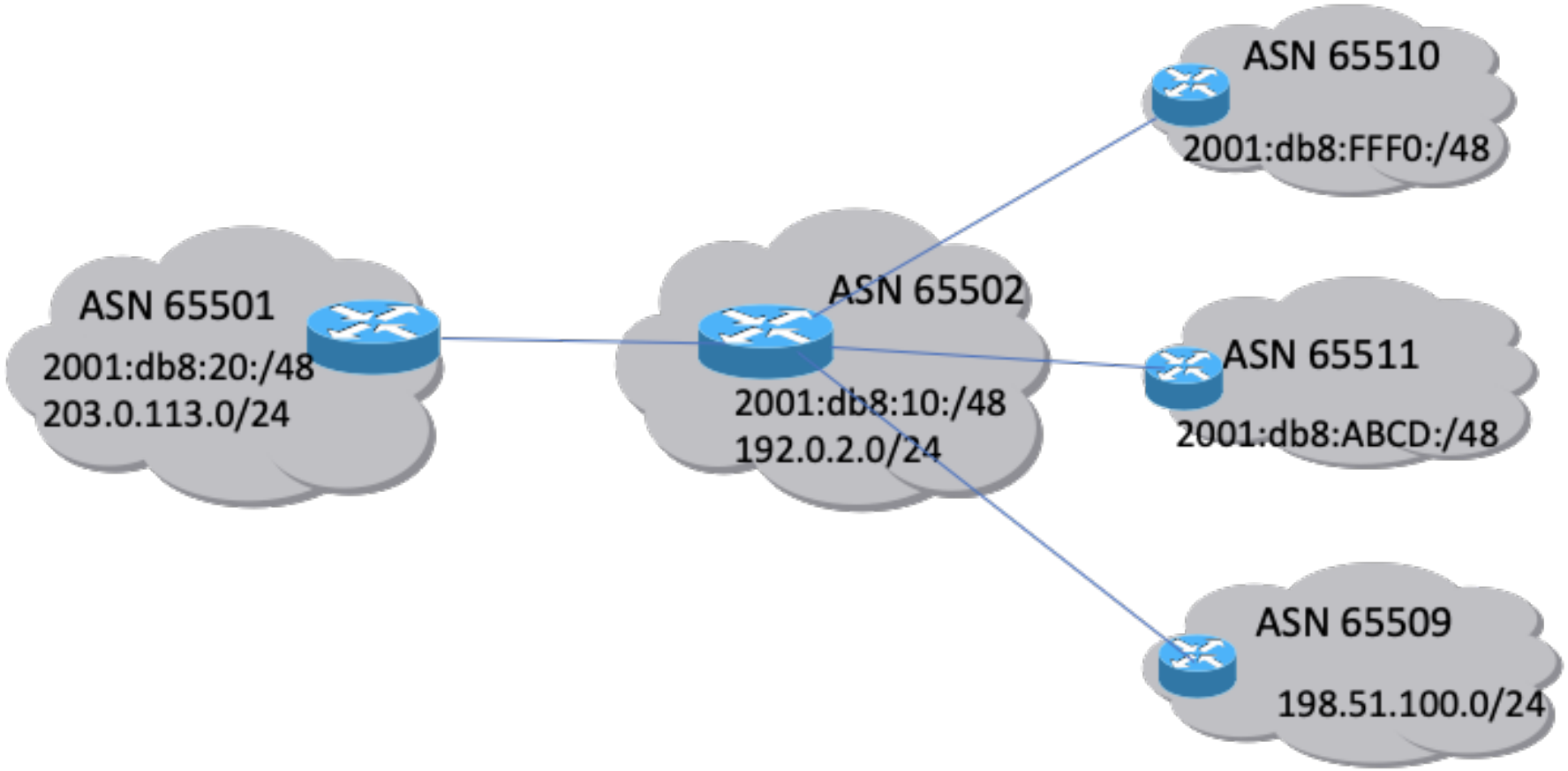
OUT → Enseña

Filtros con prefix-list

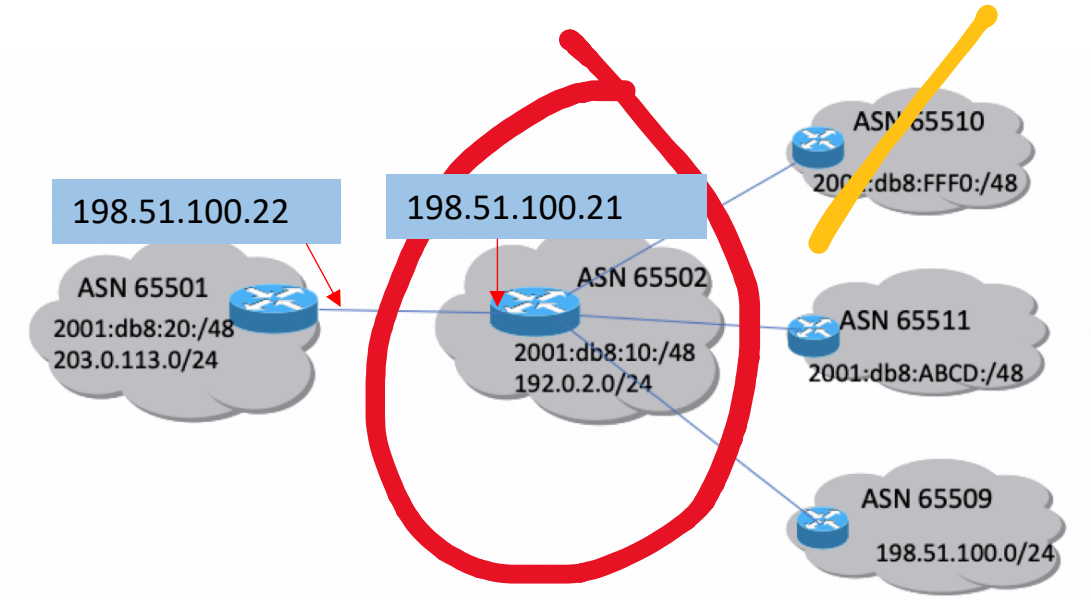



```
router bgp 65501
 network 2001:db8:20::/48
 network 203.0.113.0/24
 neighbor 2001:db8:AAAA::2 remote-as 65502
 neighbor 198.51.100.2 remote-as 65502
 neighbor 2001:db8:AAAA::2 prefix-list PEER-IPv6-IN in
 neighbor 2001:db8:AAAA::2 prefix-list PEER-IPv6-OUT out
 neighbor 198.51.100.2 prefix-list PEER-IPv4-IN in
 neighbor 198.51.100.2 prefix-list PEER-IPv4-OUT out
!
ip prefix-list PEER-IPv6-IN permit 2001:db8:10::/48
ip prefix-list PEER-IPv6-OUT permit 2001:db8:20::/48
ip prefix-list PEER-IPv4-IN permit 192.0.2.0/24
ip prefix-list PEER-IPv4-OUT permit 203.0.113.0/24
```

Ejemplo de tránsito



Filtros con AS-PATH
Tránsito




```
router bgp 65502
...
neighbor 198.51.100.22 filter-list 11 out

...
ip as-path access-list 11 permit 65511$
ip as-path access-list 11 permit 65509$
ip as-path access-list 11 permit ^$

...
```

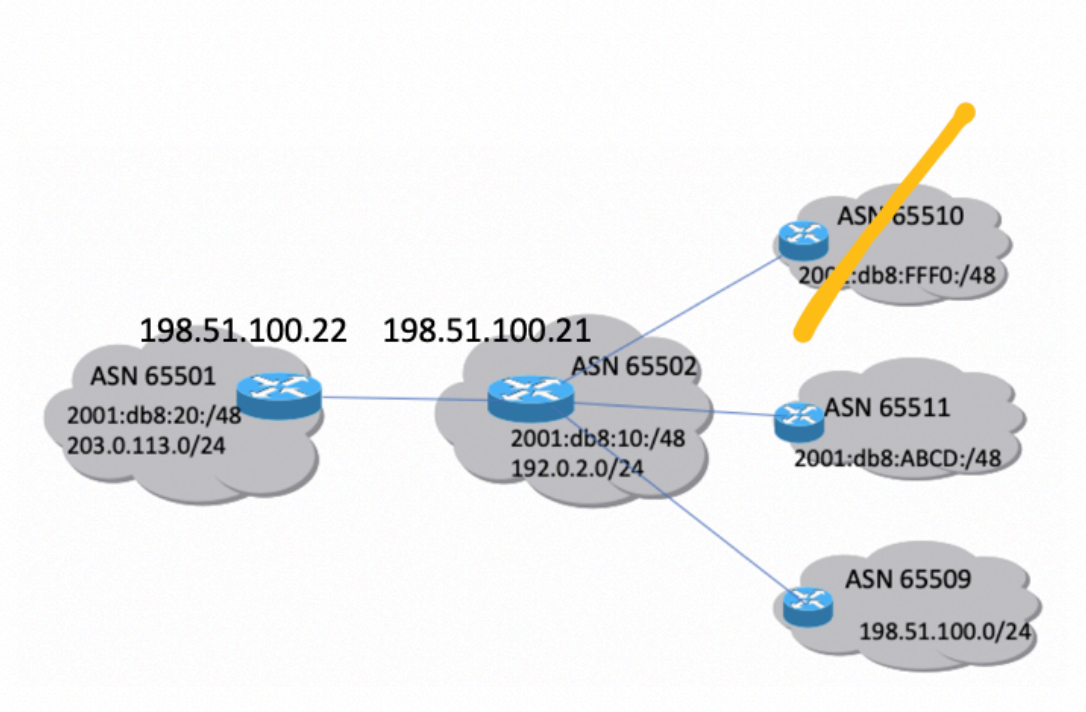
Comunidades

- Recursos que permiten agrupar destinos según mismas características en los prefijos que se aprenden
- Dos tipos: COMMUNITY y LARGE COMMUNITY
  - Formato para ASN de 16 bits: <AS>:[0-65536]
  - Formato para ASN de 32 bits: <ASN>:<function>:<parameter>

Definición: https://tools.ietf.org/html/rfc8092

Casos de uso: https://tools.ietf.org/html/rfc8195

Análisis con Comunidades

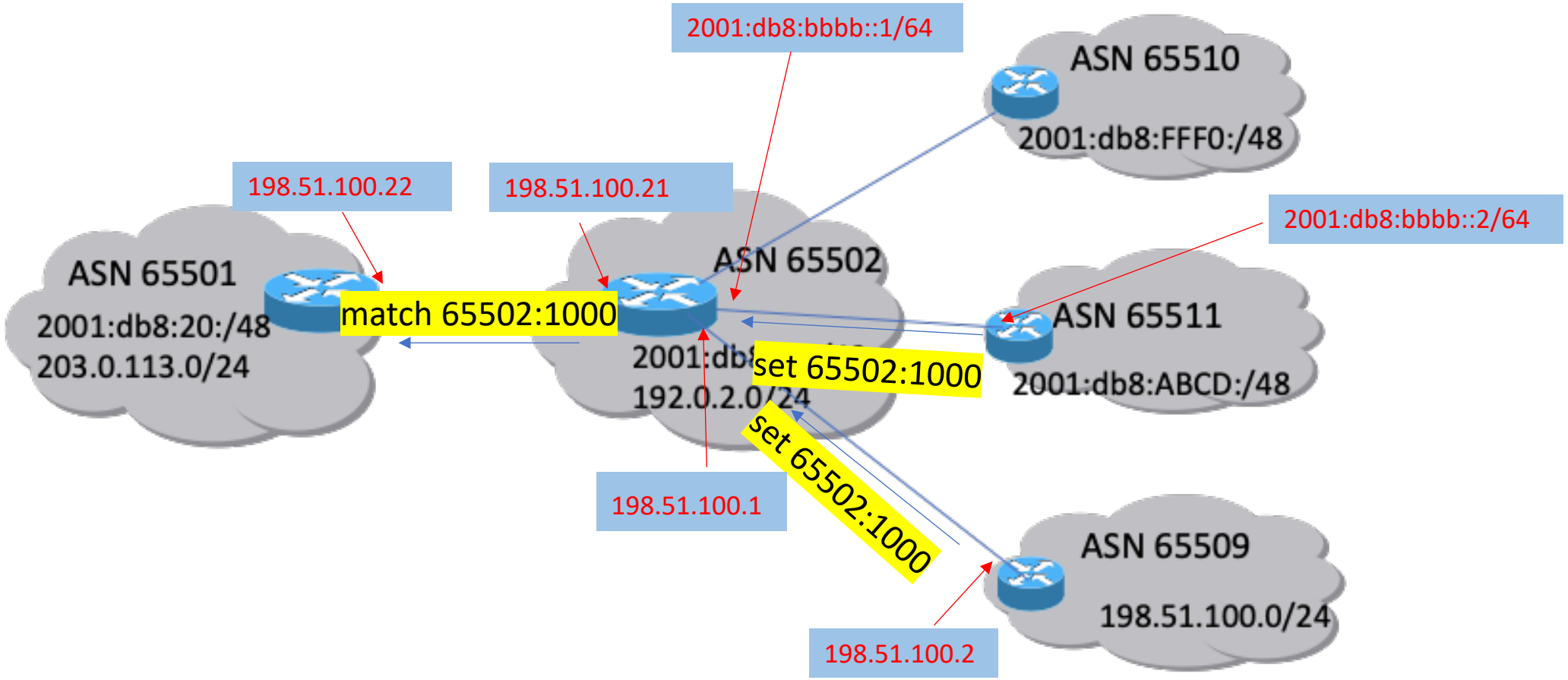


- El AS65502 puede definir una comunidad para clientes a los que da tránsito, por ejemplo:

  65502:1000

- El AS65502 aplicará esa comunidad a las rutas que **RECIBE** del AS65509 y del AS65511 (estos AS comparten la característica de ser los sistemas autónomos a los que se le dará tránsito).
- En el enlace AS65501 sólo permitirá publicar las rutas que tienen la comunidad 65502:1000 ya seteada

Ejemplo de tránsito con comunidades



Ejemplo de configuración:

```
router bgp 65502
 ...
 neighbor 198.51.100.22 remote-as 65501
 neighbor 198.51.100.2 remote-as 65509
 neighbor 2001:db8:bbbb::2 remote-as 65511
 …
 neighbor 198.51.100.2 route-map transito in
 neighbor 2001:db8:bbbb::2 route-map transito in
 neighbor 198.51.100.22 route-map Anuncio-a-65501 out

route-map transito permit 10
   set community 65502:1000
route-map Anuncio-a-65501 permit 10
  match community 1
..
ip community-list 1 permit 65502:1000
```

¿Preguntas hasta acá?

RPKI en la práctica

¿Cómo definir los ROA?

- Quienes tienen recursos IPv4, IPv6, ASN:
  - Pueden hacerlo desde el sistema de administración de recursos de LACNIC (MiLACNIC)
  - Se necesita para eso los datos de usuario y contraseña de administración de recursos
- Quienes no tienen recursos propios, dependerán del ISP
- Puede haber organizaciones con recursos IP pero no ASN
  - Deben crear los ROA permitiendo a cada ASN (upstream) anunciar los prefijos
  - La creación la realiza quien posee los recursos (diferente modelo que en el IRR en el que lo hace el que posee el ASN)

¿Qué tener en cuenta?

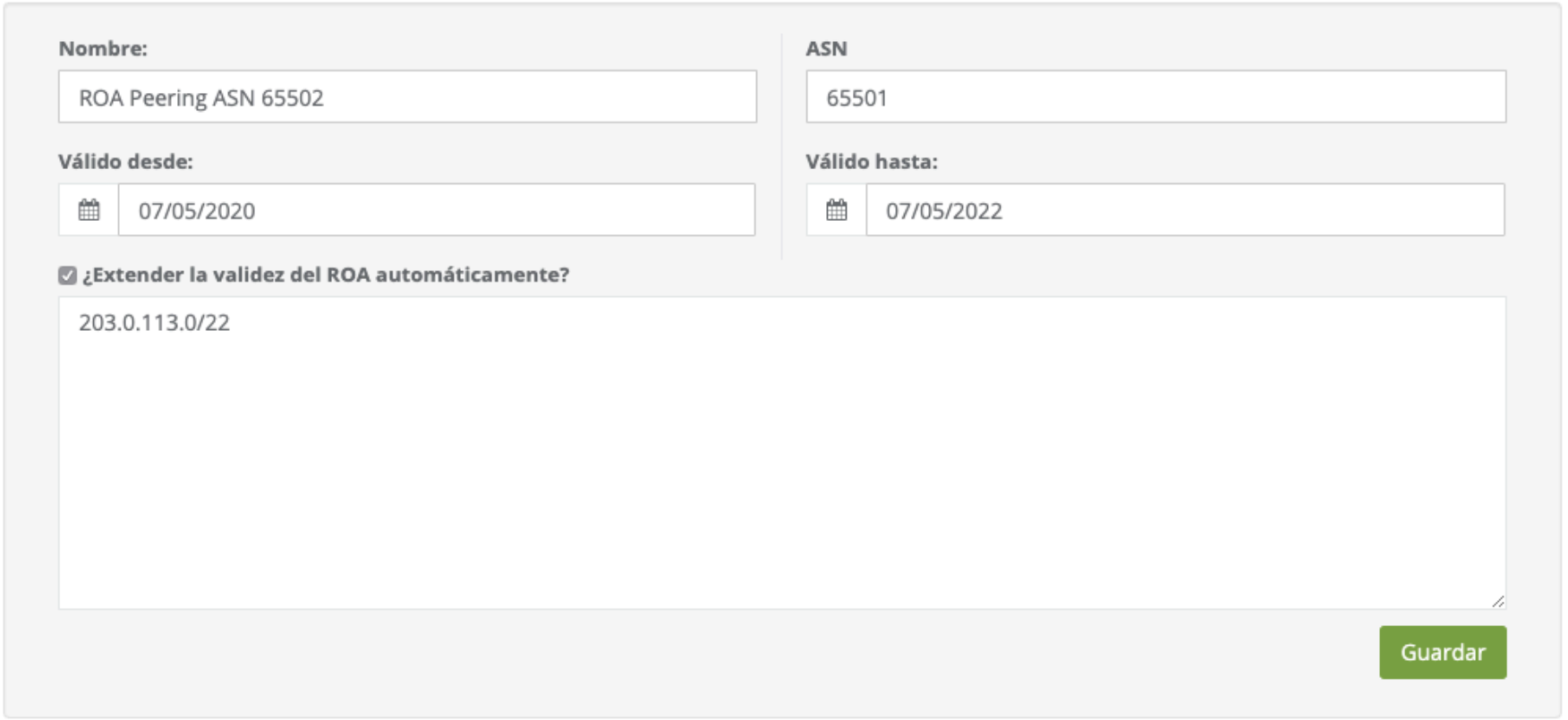
- Verificar cómo estamos realizando los anuncios
- Ejemplo: red 203.0.112.0/22
  - La estamos publicando sumarizada?
  - La estamos publicando desagregada?
    - En bloques de qué tamaño? /23? /24?
  - Con qué sistema autónomo se originan las publicaciones?
  - Siempre es el mismos ASN?
  - Los distintos bloques se anuncian siempre con un mismo ASN?
- Importante: los ROA que creamos deben respetar esta política
- De lo contrario, estaremos invalidando nuestras publicaciones

Ejemplo de peering

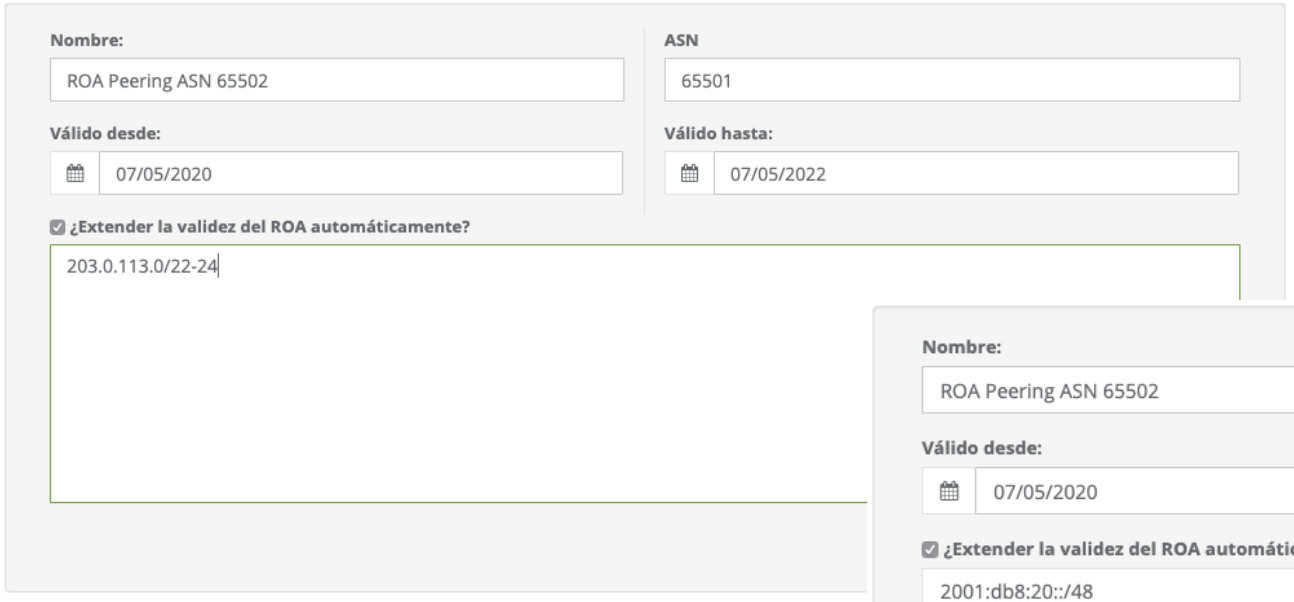
ROAs que se necesita crear

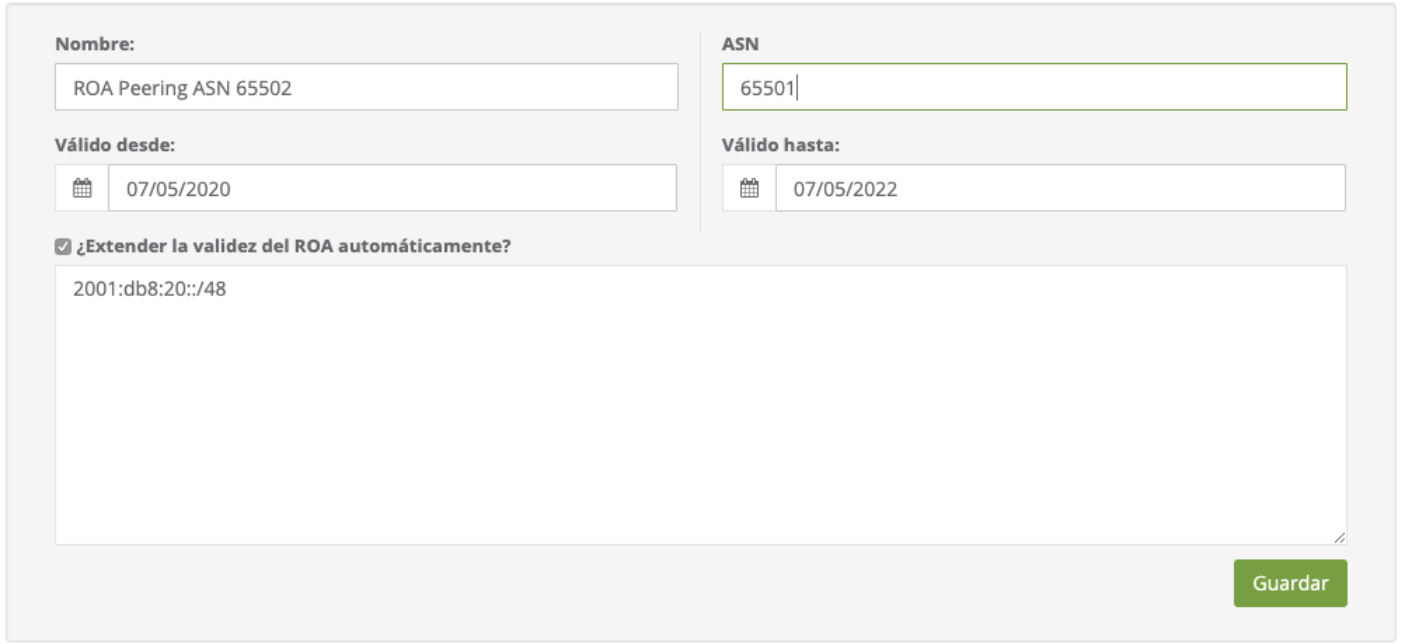
Ejemplo Peering

ASN 65501
203.0.113.0/22
203.0.113.0/24
2001:db8:20::/48



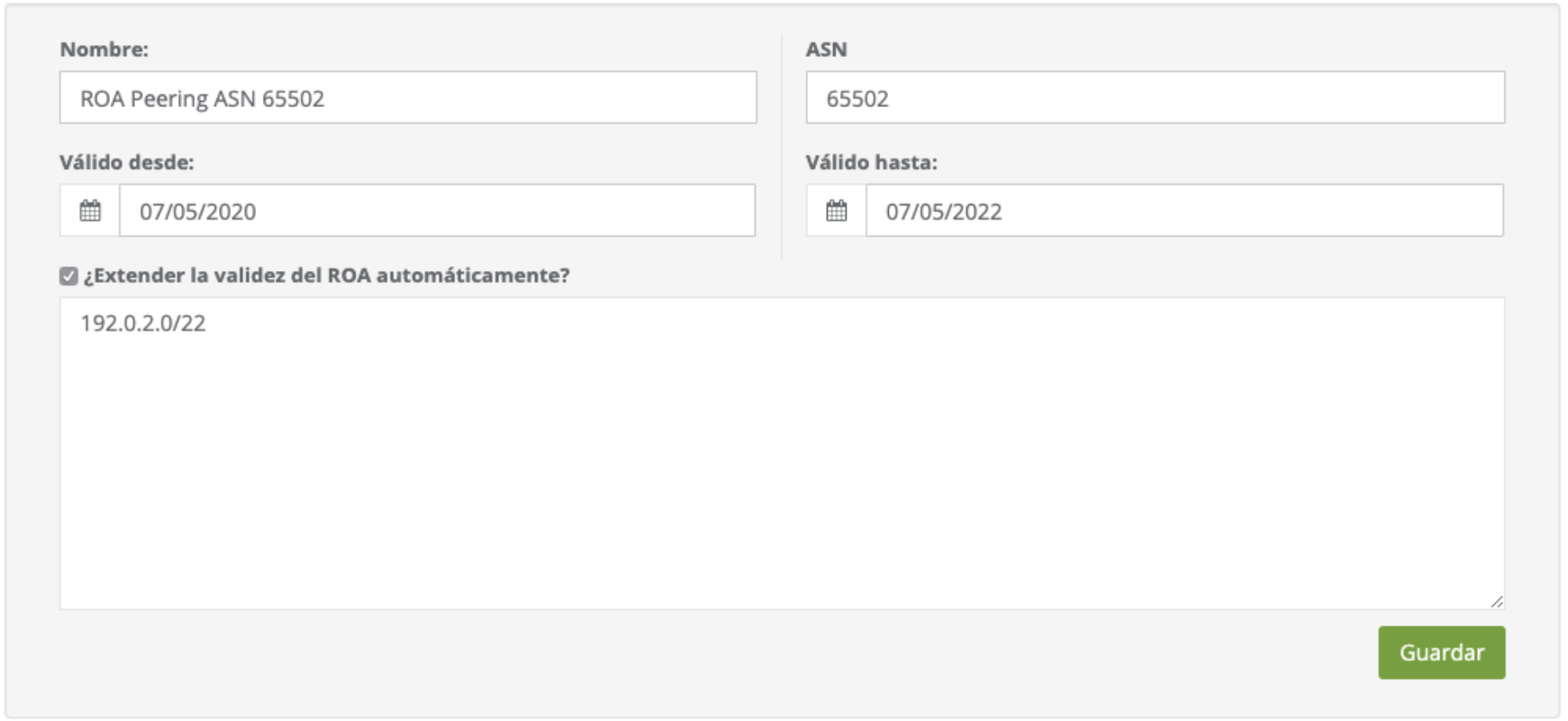
ROAs que se necesita crear



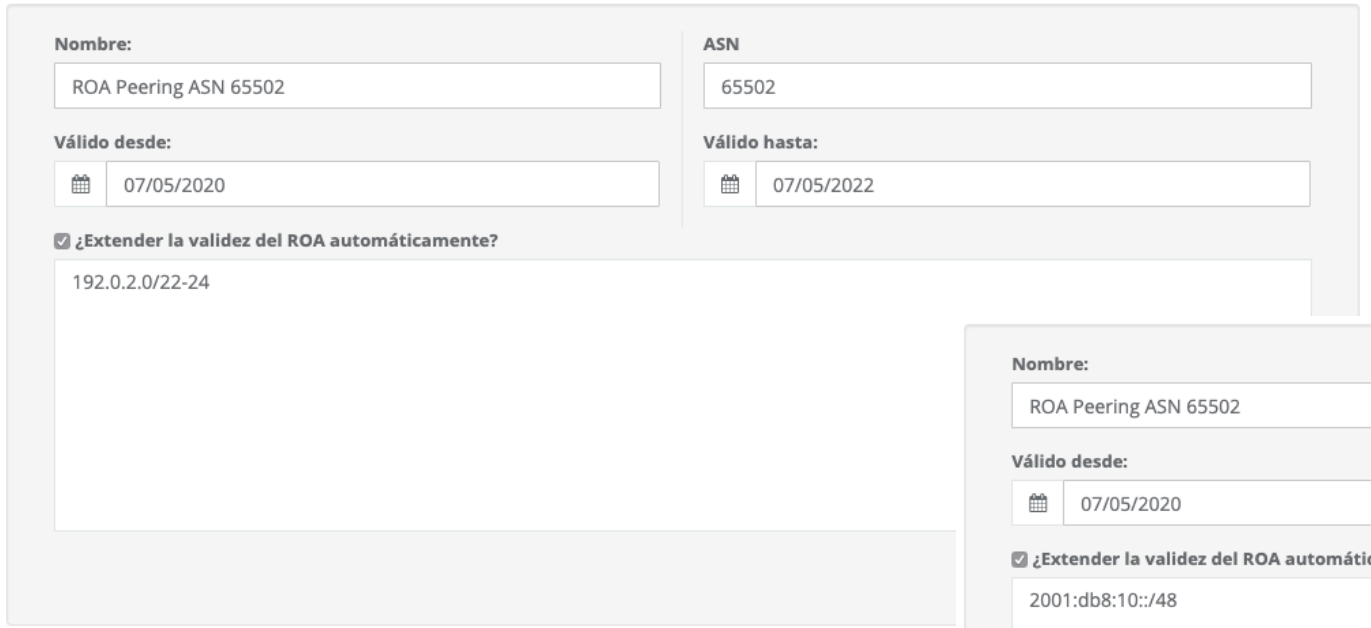


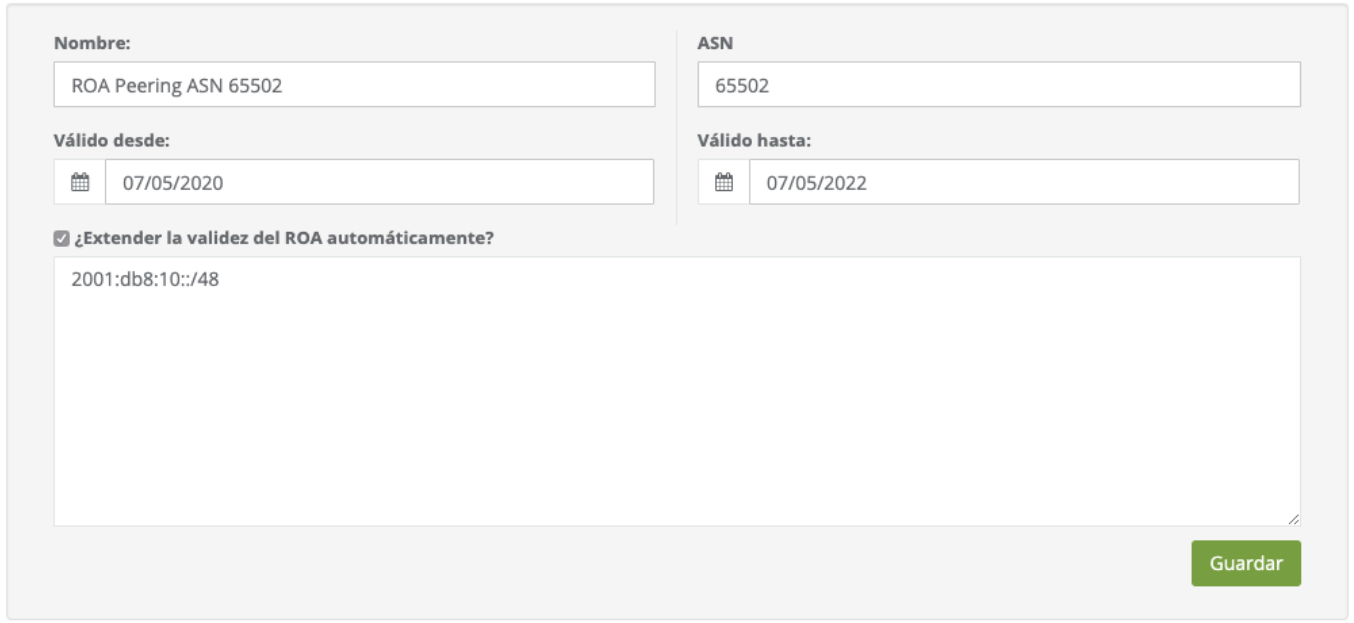
ROAs que se necesita crear

ASN 65502
192.0.2.0/22
192.0.2.0/24
2001:db8:10::/48

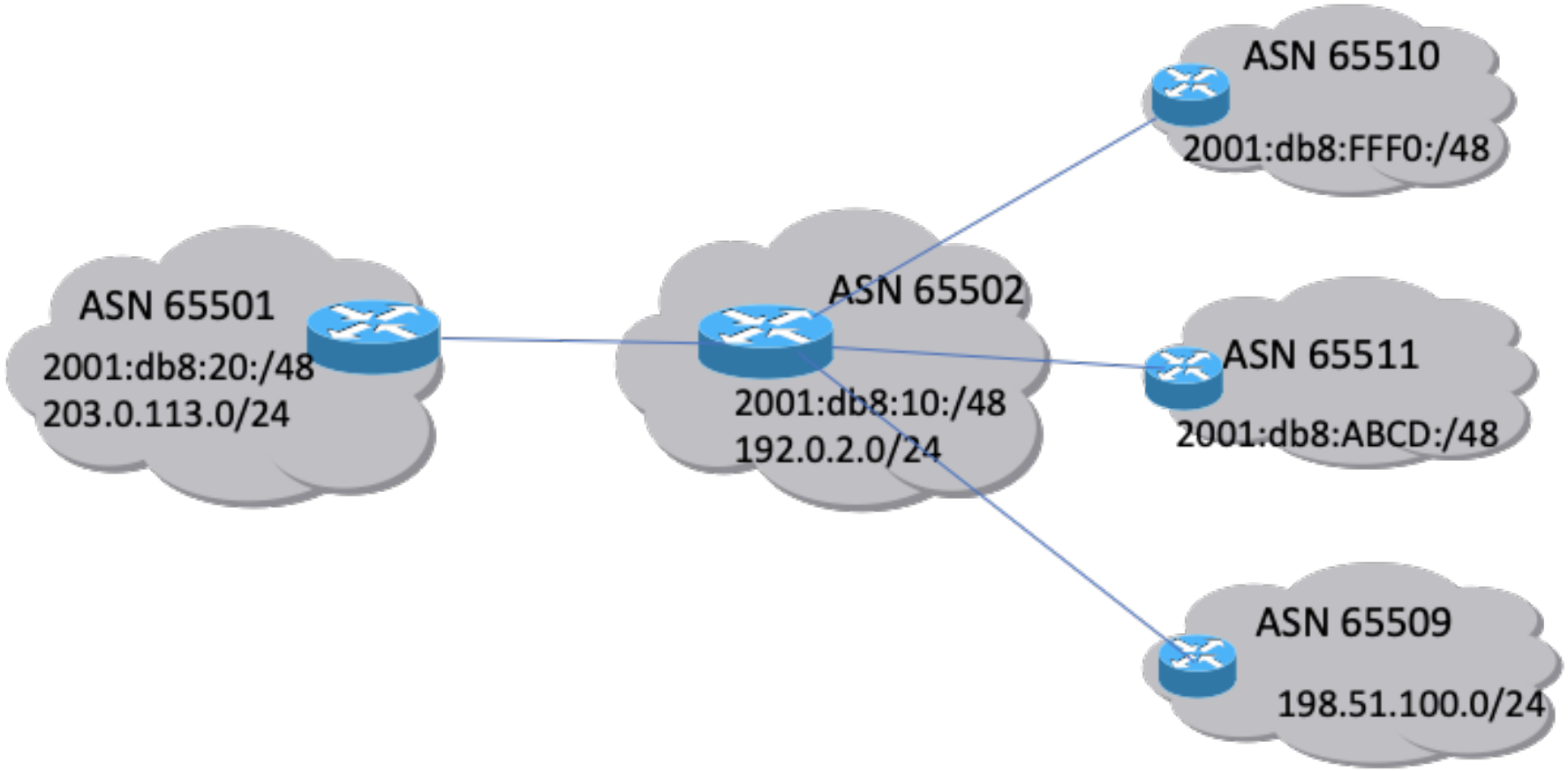


ROAs que se necesita crear





Ejemplo de tránsito



ROAs que se necesita crear

ASN 65501
203.0.113.0/22
203.0.113.0/24
2001:db8:20::/48

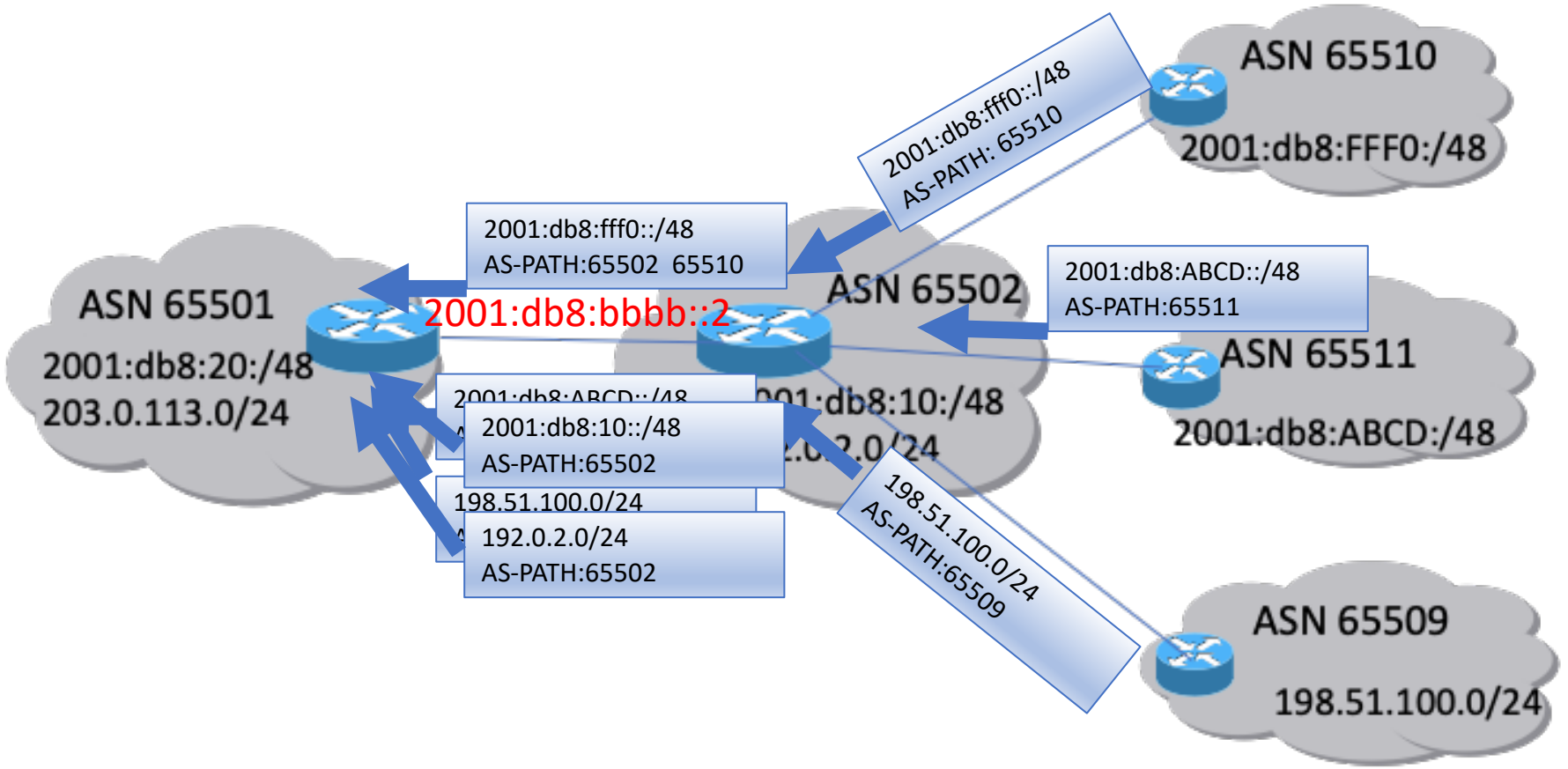
ASN 65502
192.0.2.0/22
192.0.2.0/24
2001:db8:10::/48

ASN 65509
198.51.100.0/24

ASN 65510
2001:db8:FFF0::/48

ASN 65511
2001:db8:ABCD::/48

Qué recibe el ASN 65501?



Qué recibe el ASN 65501?

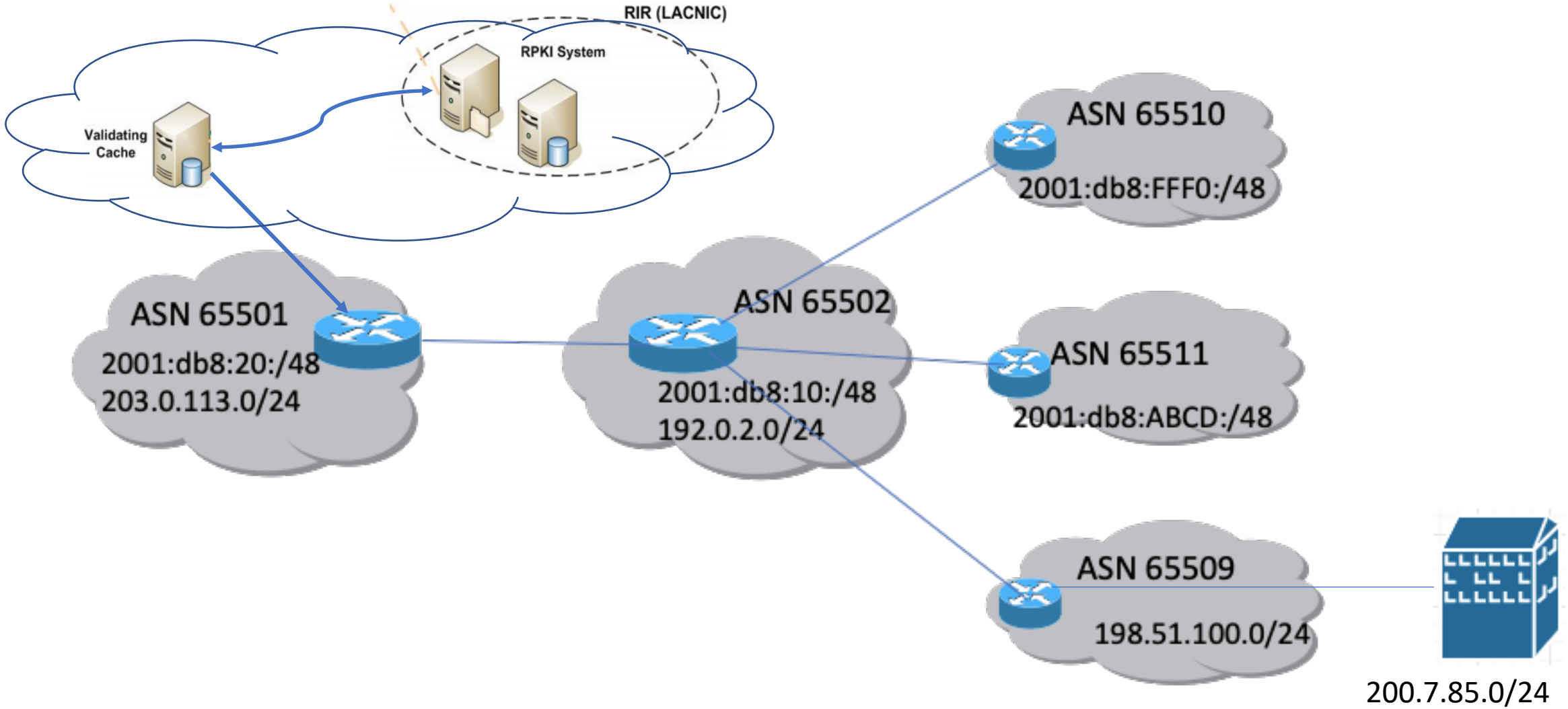
Tabla BGP Simplificada

Network	Next Hop	Estado de validez	PATH
2001:db8:10::/48	2001:db8:bbbb::2	?	65502
192.0.2.0/24	2001:db8:bbbb::2	?	65502
198.51.100.0/24	2001:db8:bbbb::2	?	65502 65509
2001:db8:ABCD::/48	2001:db8:bbbb::2	?	65502 65511
2001:db8:fff0::/48	2001:db8:bbbb::2	?	65502 65510

Elegimos el AS PATH más corto

- Si hay redes contenidas en otras los paquetes se envían a la ruta más específica

Esquema de validación ASN 65501

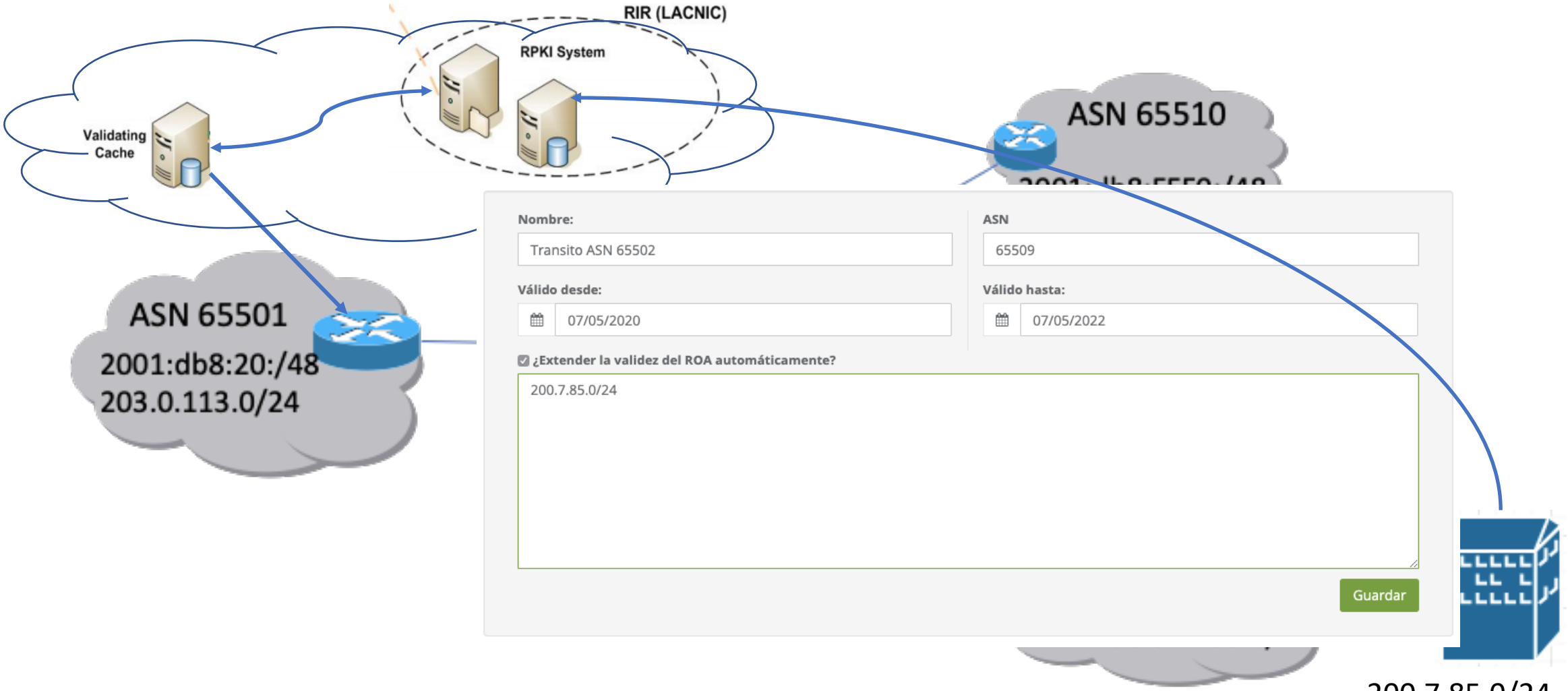


Qué recibe el ASN 65501?

Tabla BGP Simplificada

Network	Next Hop	Estado de validez	PATH
2001:db8:10::/48	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502
192.0.2.0/24	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502
198.51.100.0/24	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502 65509
2001:db8:ABCD::/48	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502 65511
2001:db8:fff0::/48	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502 65510
200.7.85.0/24	2001:db8:bbbb::2	NO ENCONTRADA	65502 65509

Esquema de validación ASN 65501



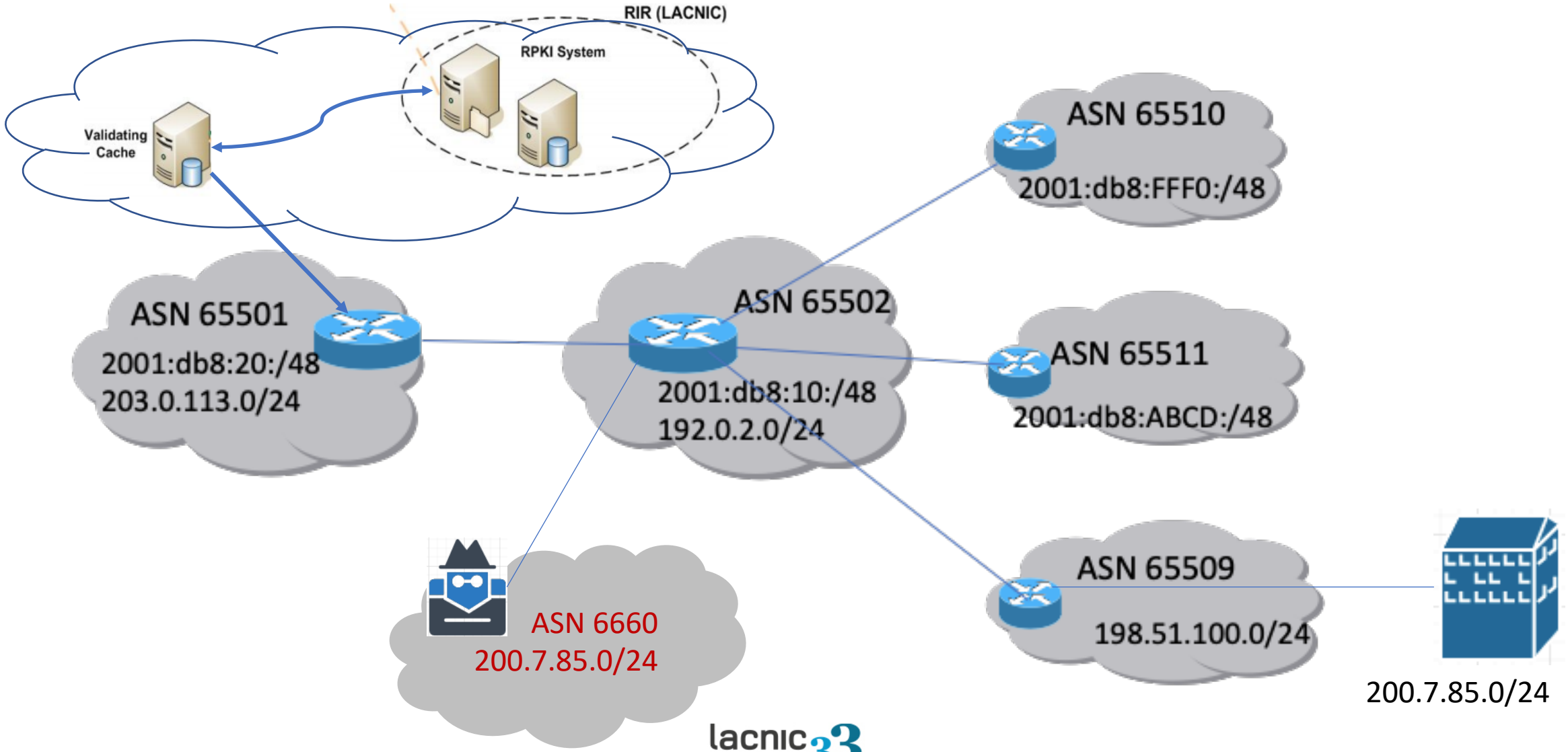
Qué recibe el ASN 65501?

RPKI – Cache Validador		
Prefijo	MAX	ASN
2001:db8:10::/48	48	65502
192.0.2.0/24	22	65502
198.51.100.0/24	24	65509
2001:db8:ABCD::/48	48	65511
2001:db8:fff0::/48	48	65510
200.7.85.0/24	24	65509

Tabla BGP Simplificada

Network	Next Hop	Estado de validez	PATH
2001:db8:10::/48	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502
192.0.2.0/24	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502
198.51.100.0/24	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502 65509
2001:db8:ABCD::/48	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502 65511
2001:db8:fff0::/48	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502 65510
200.7.85.0/24	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502 65509

Esquema de validación ASN 65501



Qué recibe el ASN 65501?

RPKI – Cache Validador		
Prefijo	MAX	ASN
2001:db8:10::/48	48	65502
192.0.2.0/24	22	65502
198.51.100.0/24	24	65509
2001:db8:ABCD::/48	48	65511
2001:db8:fff0::/48	48	65510
200.7.85.0/24	24	65509
200.7.85.0/24	24	6660

Tabla BGP Simplificada

Network	Next Hop	Estado de validez	PATH
2001:db8:10::/48	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502
192.0.2.0/24	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502
198.51.100.0/24	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502 65509
2001:db8:ABCD::/48	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502 65511
2001:db8:fff0::/48	2001:db8:bbbb::2	VALIDA	65502 65510
200.7.85.0/24	2001:db8:bbbb::2	INVALIDA	6660

Herramientas útiles

- Mi LACNIC: https://milacnic.lacnic.net

- ROA Wizard: https://tools.labs.lacnic.net/roa-wizard/
- ROA Announcement: https://tools.labs.lacnic.net/announcement/
- RIPE RIS: https://www.ripe.net/analyse/internet-measurements/routing-information-service-ris
- BGP HE.NET https://bgp.he.net

- Documentación RPKI: https://rpki.readthedocs.io/en/latest/

Validador FORT

El validador FORT es un validador RPKI de código abierto

- Es parte del Proyecto FORT, iniciativa conjunta entre **LACNIC** y **NIC.MX**

Objetivos:

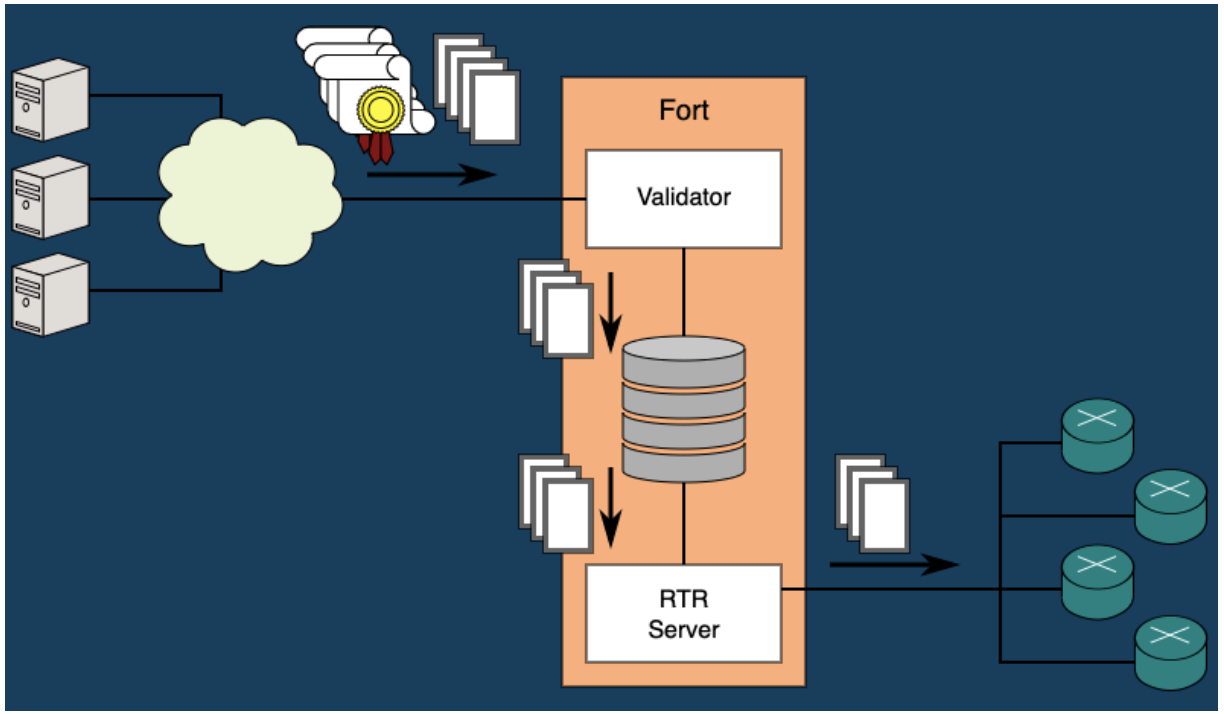
- Contribuir al despliegue de RPKI para aumentar la seguridad y la resiliencia de los sistemas de enrutamiento.
- Desarrollar una herramienta de monitoreo para estudiar incidentes de enrutamiento en la región y exponer secuestros intencionales.

Documentación

- Documentación general: https://nicmx.github.io/FORT-validator/
- Descargar el validador: https://github.com/NICMx/FORT-validator/releases

Validador FORT

Permite a los operadores de red validar la información de enrutamiento BGP contra el repositorio RPKI para usarla en su configuración y resolución de rutas.



¿Preguntas hasta acá?

IRR de LACNIC

Algunas decisiones de diseño

- La mayoría de la información requerida ya existe en alguna base de datos de LACNIC
  - WHOIS, RPKI
- Reutiliza la información ya disponible:
  - route(6) generados a partir de RPKI
  - autnum y maintainers del whois
- No se hará una implementación completa de RPSL:
  - Los operadores utilizan solo una pequeña parte de las facilidades
  - Lo principal que estaría faltando en RPKI es el objeto AS-SET
  - AS-SET debe puede ser definido por el usuario

ROAs vs route(6)

- Un ROA es semánticamente equivalente a un route(6) object:
  - **Asocia un prefijo a un ASN de origen**
  - Con esta información es posible hacer chequeo de un anuncio BGP
- Los ROAs están firmados criptográficamente, los objetos en un IRR no
- Los ROAs no pueden ser alterados por un tercero
  - El repositorio es seguro
- RPKI sólo implementa un subconjunto de lo que un IRR puede definir

Cómo usar la información

Ejemplo de peering

Utilizar la información del IRR

- Obtenemos todos los prefijos IPv6 del ASN 65502:

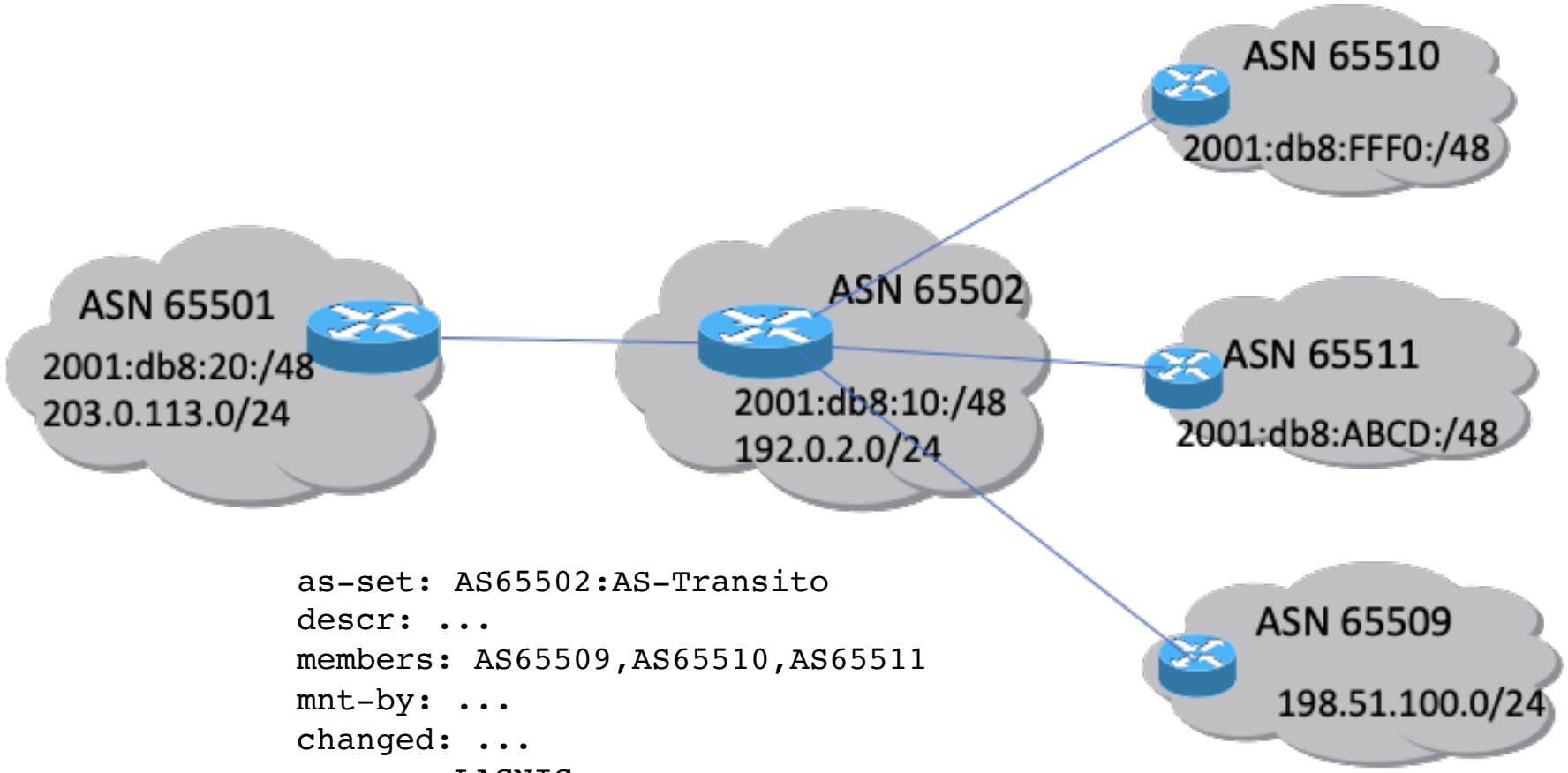
```
$ whois -h irr.lacnic.net '!6AS65502'
A…
2001:db8:10::/48
C
```

- Obtenemos todos los prefijos IPv4 del ASN 65502:

```
$ whois -h irr.lacnic.net '!gAS65502'
A…
192.0.2.0/24
C
```

- Más info en: https://irrd4.readthedocs.io/en/master/users/queries.html

Ejemplo de tránsito




```
as-set: AS65502:AS-Transito
descr: ...
members: AS65509,AS65510,AS65511
mnt-by: ...
changed: ...
source: LACNIC
```

Utilizando bgpq3/bgpq4

- En este caso, usamos el as-set:
- Prefijos IPv4

```
$ bgpq4 -h irr.lacnic.net -l clientes-as65502 AS65502:AS-Transito
no ip prefix-list clientes-as65502
ip prefix-list clientes-as65502 permit 198.51.100.0/24
```

- Prefijos IPv6

```
$ bgpq4 -h irr.lacnic.net -6 -l clientes-as65502 AS65502:AS-Transito
no ipv6 prefix-list clientes-as65502
ipv6 prefix-list clientes-as65502 permit 2001:db8:FFF0:/48
ipv6 prefix-list clientes-as65502 permit 2001:db8:ABCD:/48
```

- Ver más información sobre bgpq4 en https://github.com/bgp/bgpq4

¿Preguntas hasta acá?

Referencias

- Cursos de Campus de LACNIC: https://campus.lacnic.net (BGP y RPKI)
- Tutorial de BGP y RPKI de LACNIC32: https://www.lacnic.net/3900/52/evento/tutoriales
- Webinar: Seguridad en el ruteo de América Latina y el Caribe (Augusto Mathurín) https://www.lacnic.net/4413/1/lacnic/
- Webinar: Implementacion de servicio UpDown de LACNIC y KRILL (Carlos Ortiz) https://www.lacnic.net/4350/1/lacnic

- Documentación RPKI: https://rpki.readthedocs.io/en/latest/
- Proyecto FORT: www.fortproject.net
- IRR de LACNIC: https://labs.lacnic.net/Uso-de-IRR-LACNIC/
- Documentación Mi LACNIC:
  - General: https://lacnic.zendesk.com/hc/es/categories/360002625214-Internet-Routing-Registry
  - RPKI: https://lacnic.zendesk.com/hc/es/sections/206490008-RPKI
  - IRR: https://lacnic.zendesk.com/hc/es/categories/203940327-Soporte-Mi-LACNIC

Preguntas?

Muchas gracias…

lacnic 33
online meeting