



UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA
Administración General

Software-Defined Networking

Introducción a SDN y NFV

CUDI
Otoño **2015**
PUEBLA, Pue.
22 y 23 de octubre

Jaime Olmos de la Cruz
Teobaldo Leal Arriaga

Resumen

- Objetivos del curso
 - Comprender la historia e importancia de los términos asociados con SDN.
 - Identificar varias controladoras SDN y sus objetivos de despliegue.
 - Articular los componentes y las vías de comunicación de la topología.
 - Aprender las especificaciones básicas, funciones y mensajes de OpenFlow.
 - Familiarizarse con la interfaz norte de un controlador SDN.
 - Examinar las metodologías básicas de solución de problemas (troubleshooting).
 - Obtener información sobre cómo la UDG está implementando OpenFlow en la red universitaria.
- Meta
 - A la finalización de esta clase el alumno tendrá un conocimiento práctico de OpenFlow y su puesta en práctica.

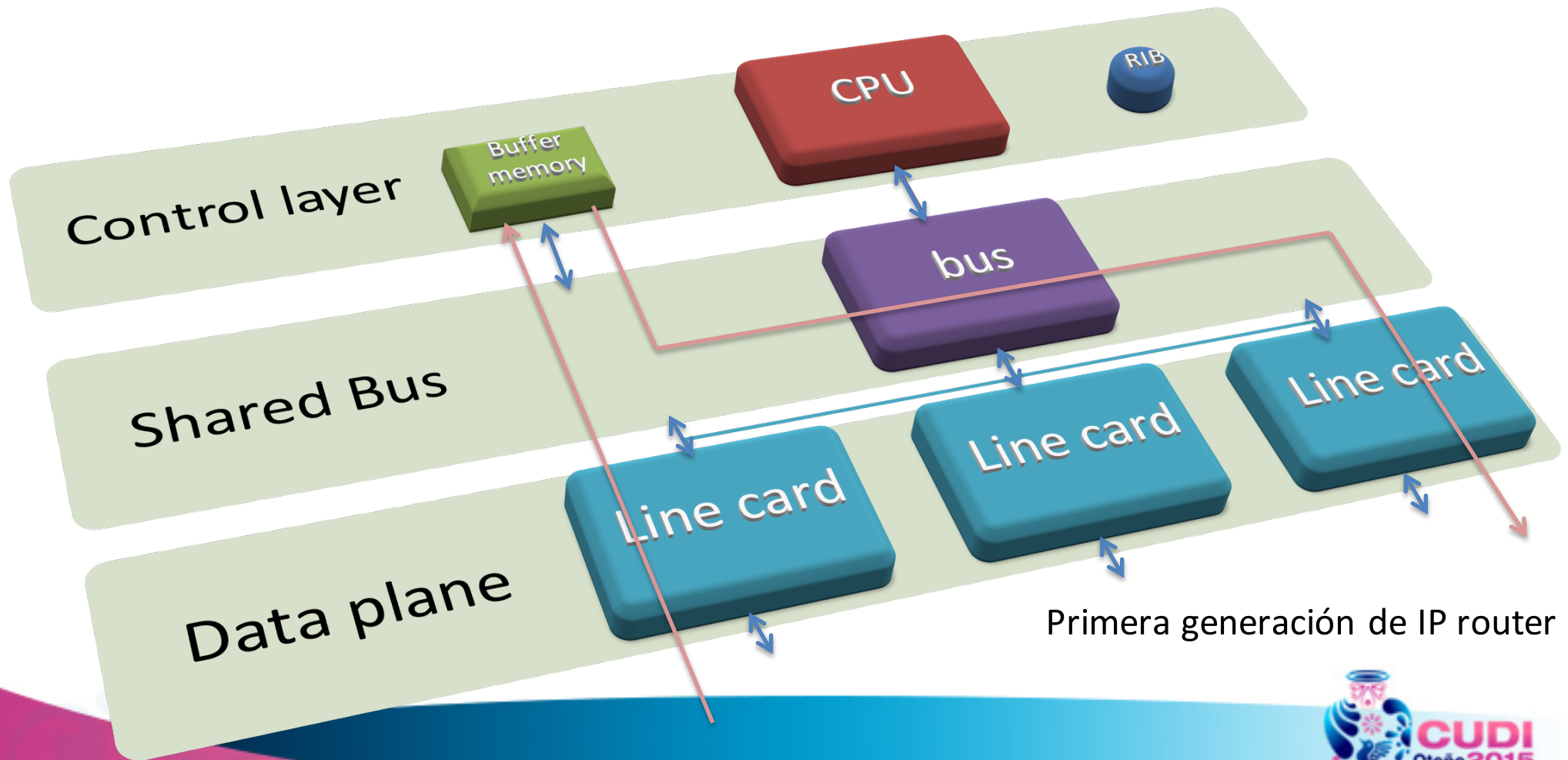


Evolución e Historia de SDN / OpenFlow



Evolución de los IP Router

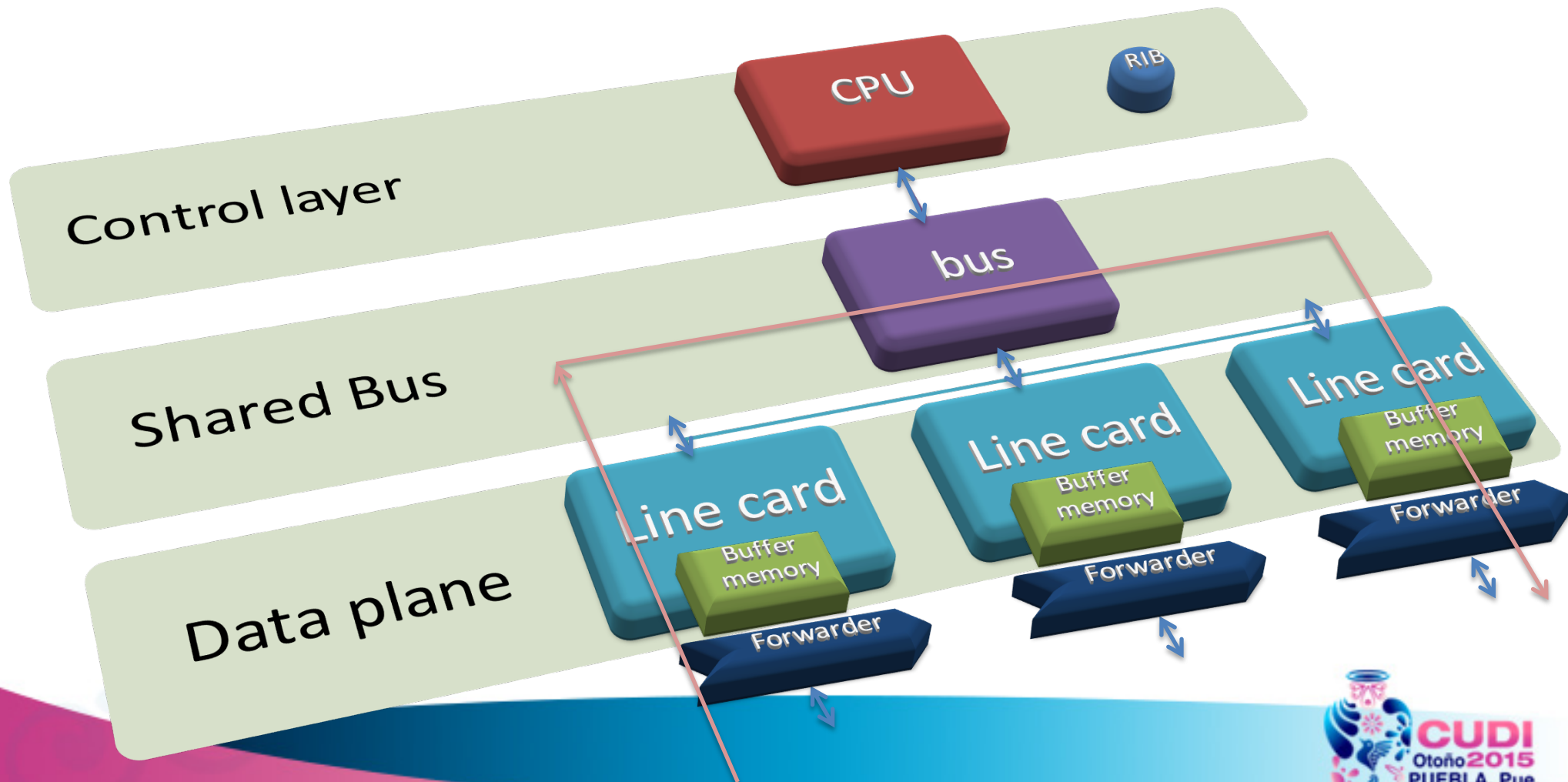
En el comienzo



Primera generación de IP router

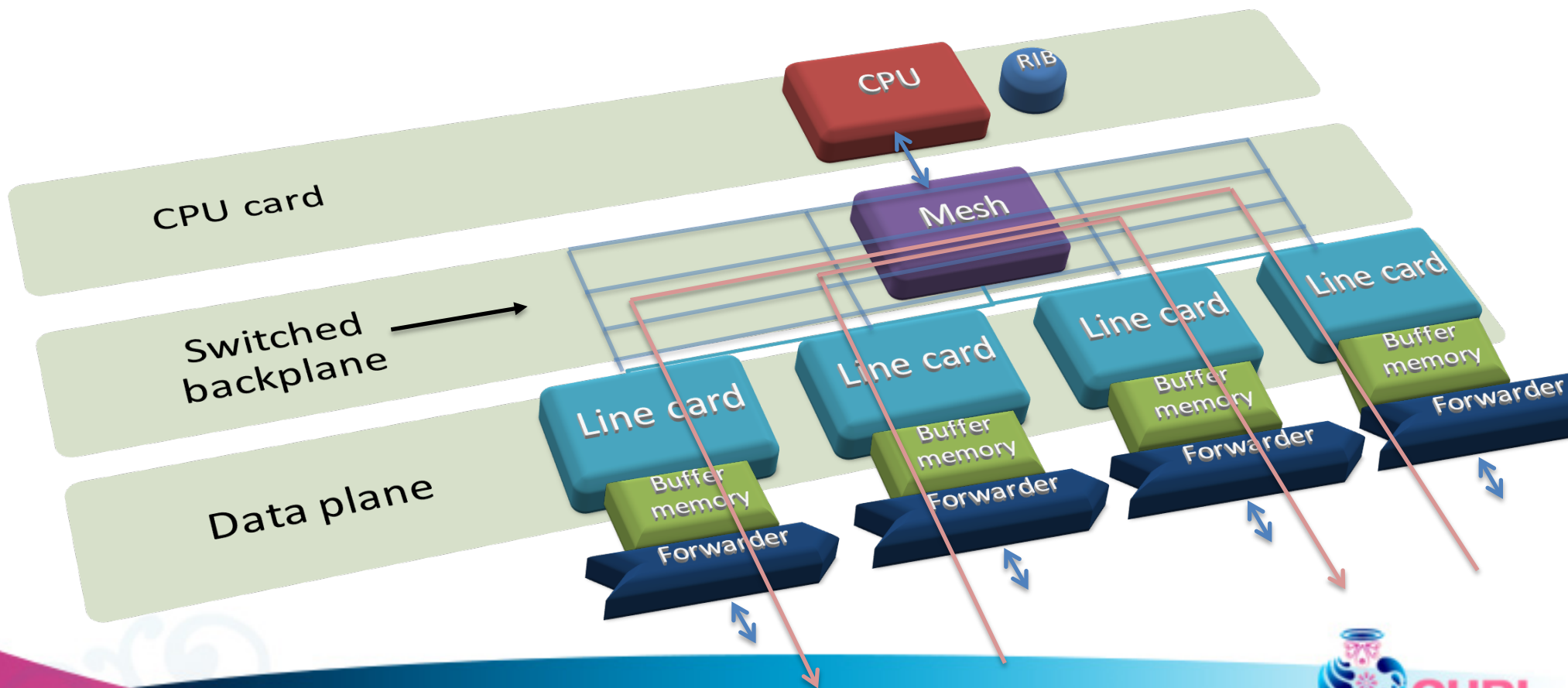
Evolución de los IP Router

Segunda generación de IP router



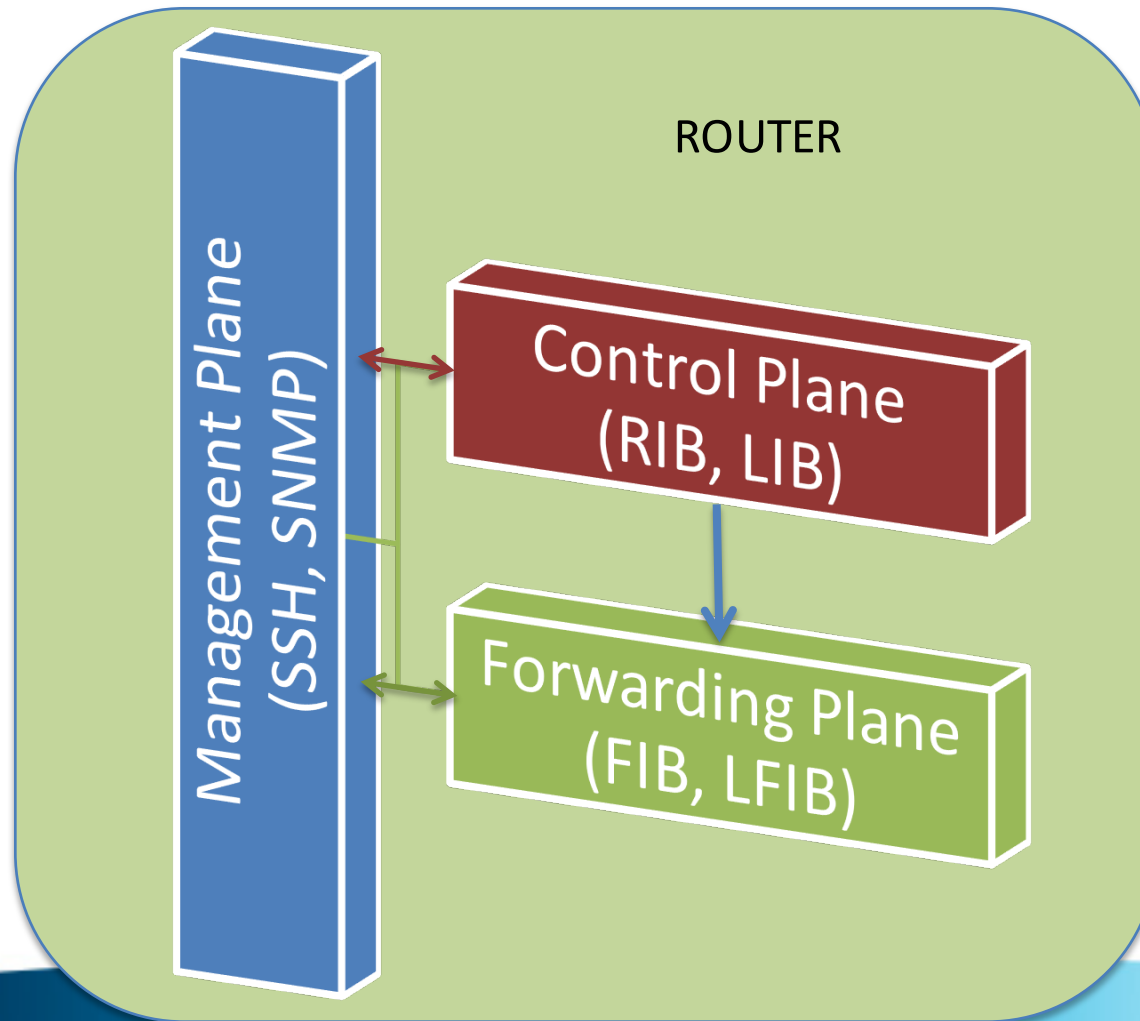
Evolución de los IP Router

Tercera generación de IP router



Evolución de los IP Routers

Separación de planos

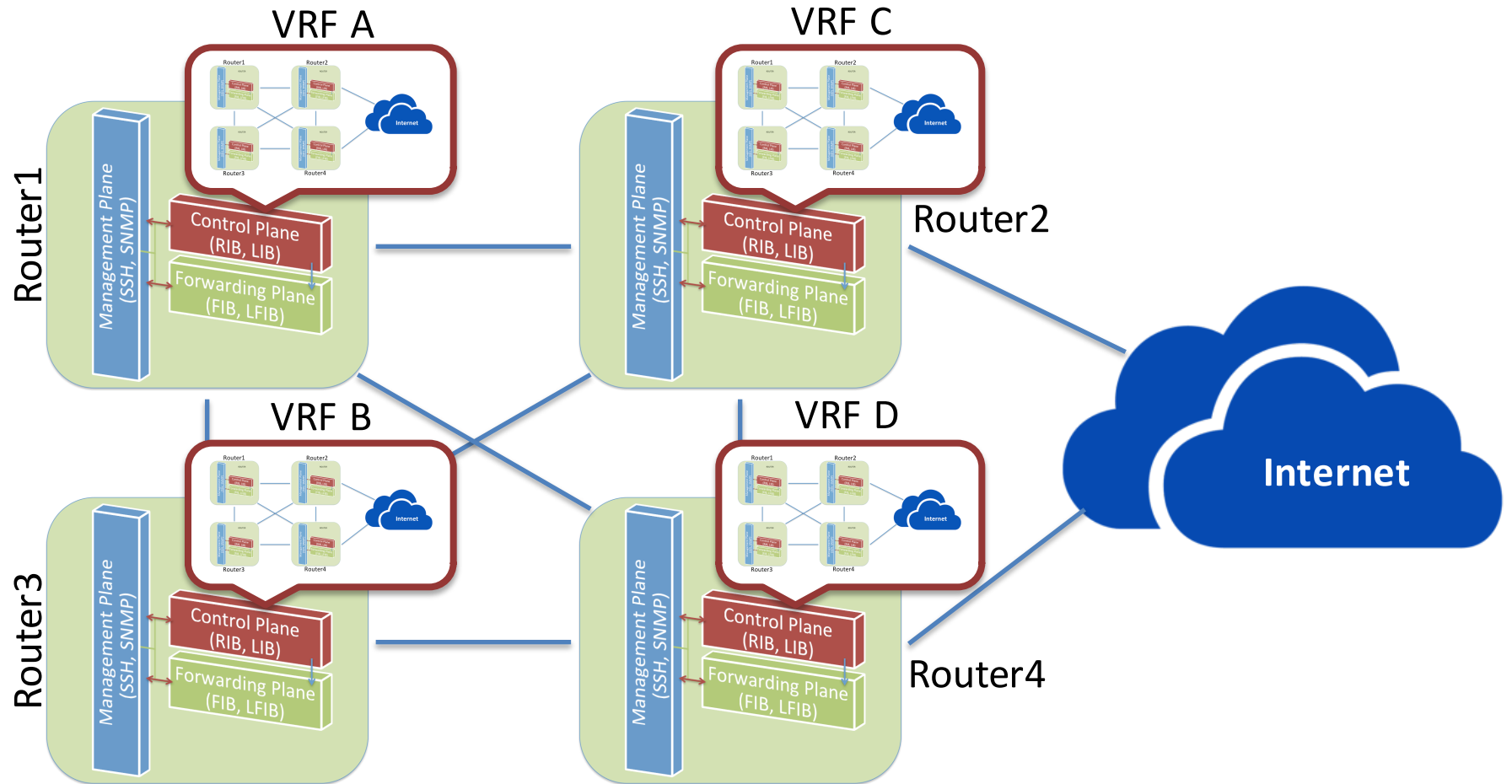


Planos en los Routers

- Los routers tienen tres planos bien identificados:
 - Forwarding
 - Control
 - Management
- El desarrollo arquitectónico había tenido lugar casi exclusivamente para el plano de *datos* o *forwarding*.
- El plano de *control* se había mantenido prácticamente igual.



Ejemplo de Backbone IP/MPLS



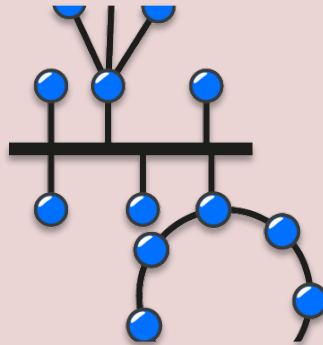
Leyes

Ley de Moore \approx expresa que aproximadamente cada dos años se duplica el procesamiento.

Ley de Nielsen \approx expresa que aproximadamente cada año se duplica el consumo de ancho de banda.

Ley de Teenager \approx expresa que la aplicación que estaba usando la semana pasada es tan aburrida, que necesito un nuevo teléfono inteligente cada mes.

Desafío de las redes tradicionales



Configuración manual de la red.

A falta de procesos automatizado, implica más recursos para el control y mantenimiento.

El proceso de creación o modificación de la topologías de red puede demorar horas o días.

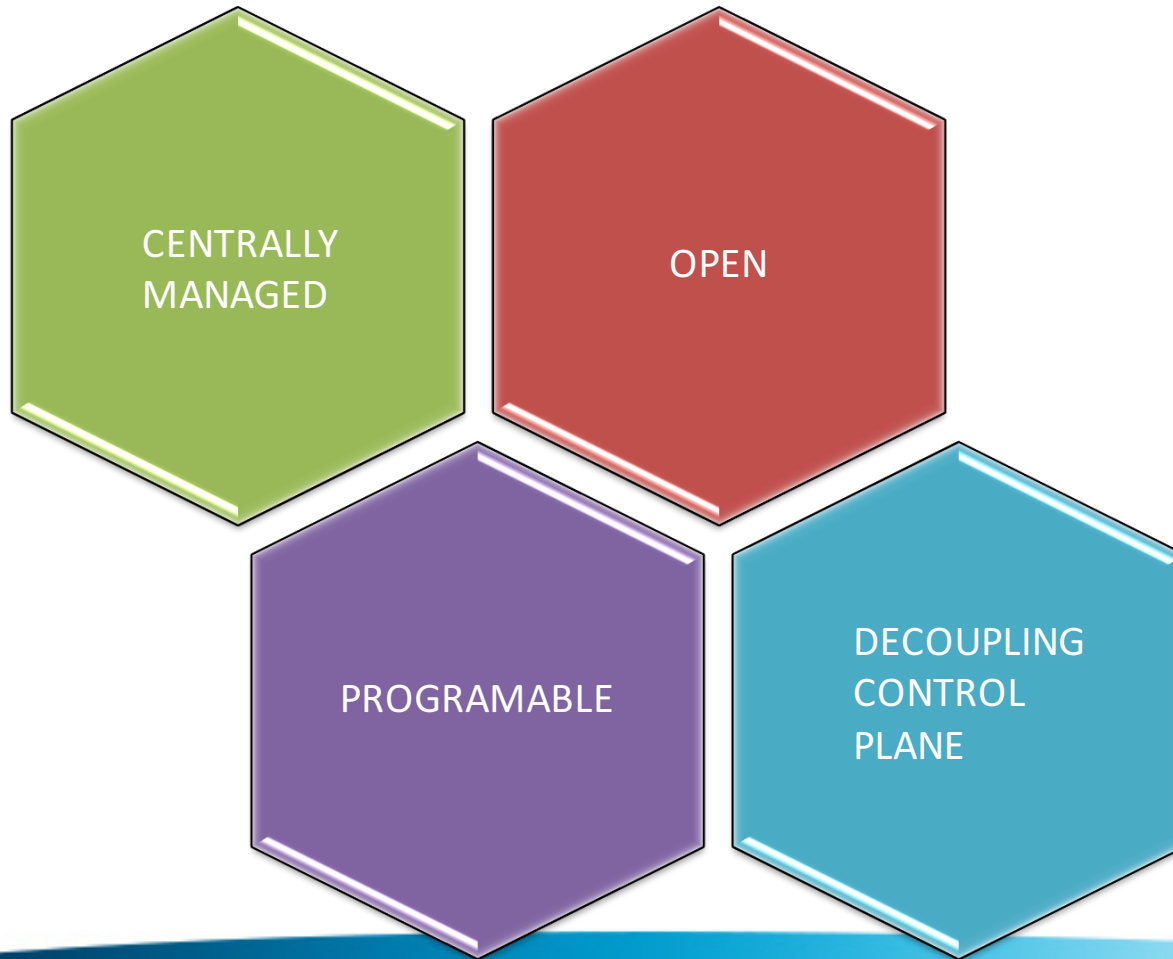
Las habilidades necesarias para realizar todos estos procesos son complejas, y difieren de la solución de un fabricante a otro.

Costosa adquisición de infraestructura de seguridad para control abusos de la red y negaciones de servicio.

Nuevos requisitos de la red

- Eficiencia
 - Simplificar la red y las operaciones.
- Velocidad
 - Implementación rápida de nuevos servicios.
- Innovación
 - Poner en práctica nuevos modelos de negocio.

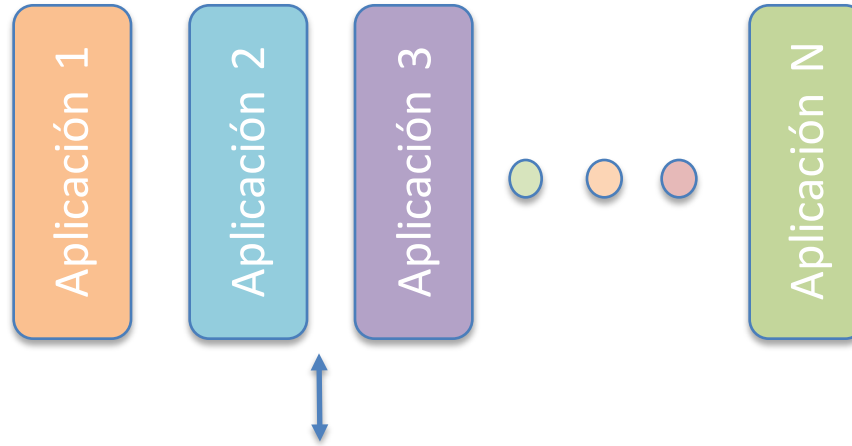
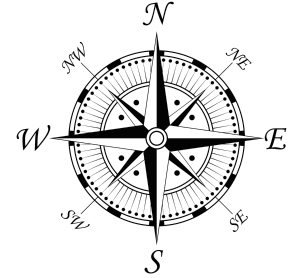
Big Picture



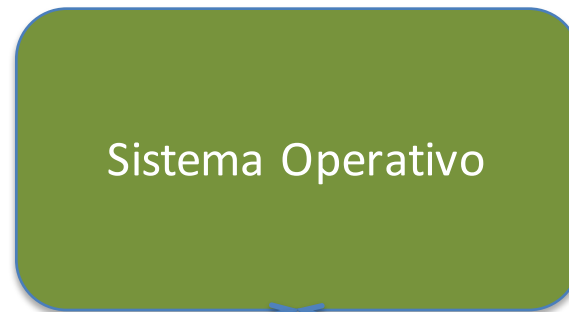
Arquitectura

Modelo de
Sistema
Operativo

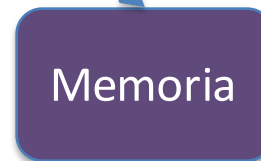
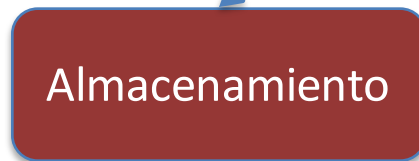




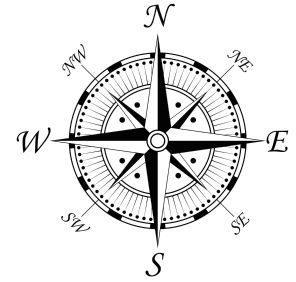
Modelo de Sistema Operativo



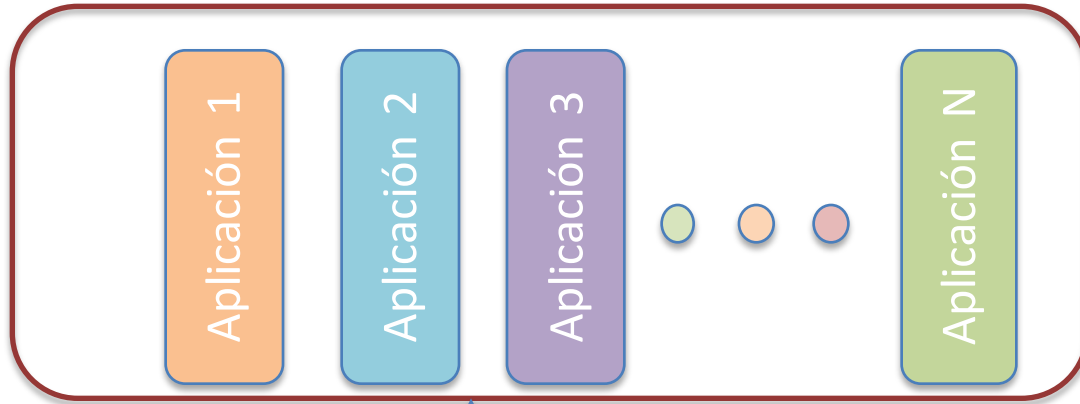
↔ Servicios básicos



Directamente programable



Plano de Aplicación



de Red

Configurado mediante interfaces de programación

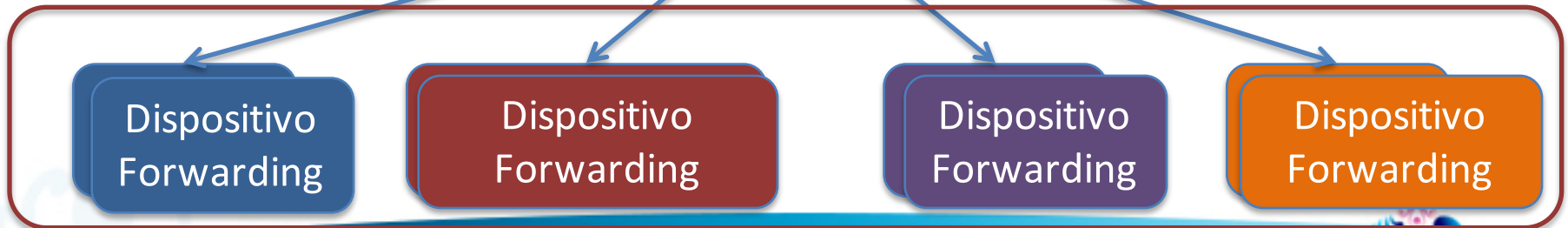
Modelo de
Plano de Control
SDN



Gestión Centralizada

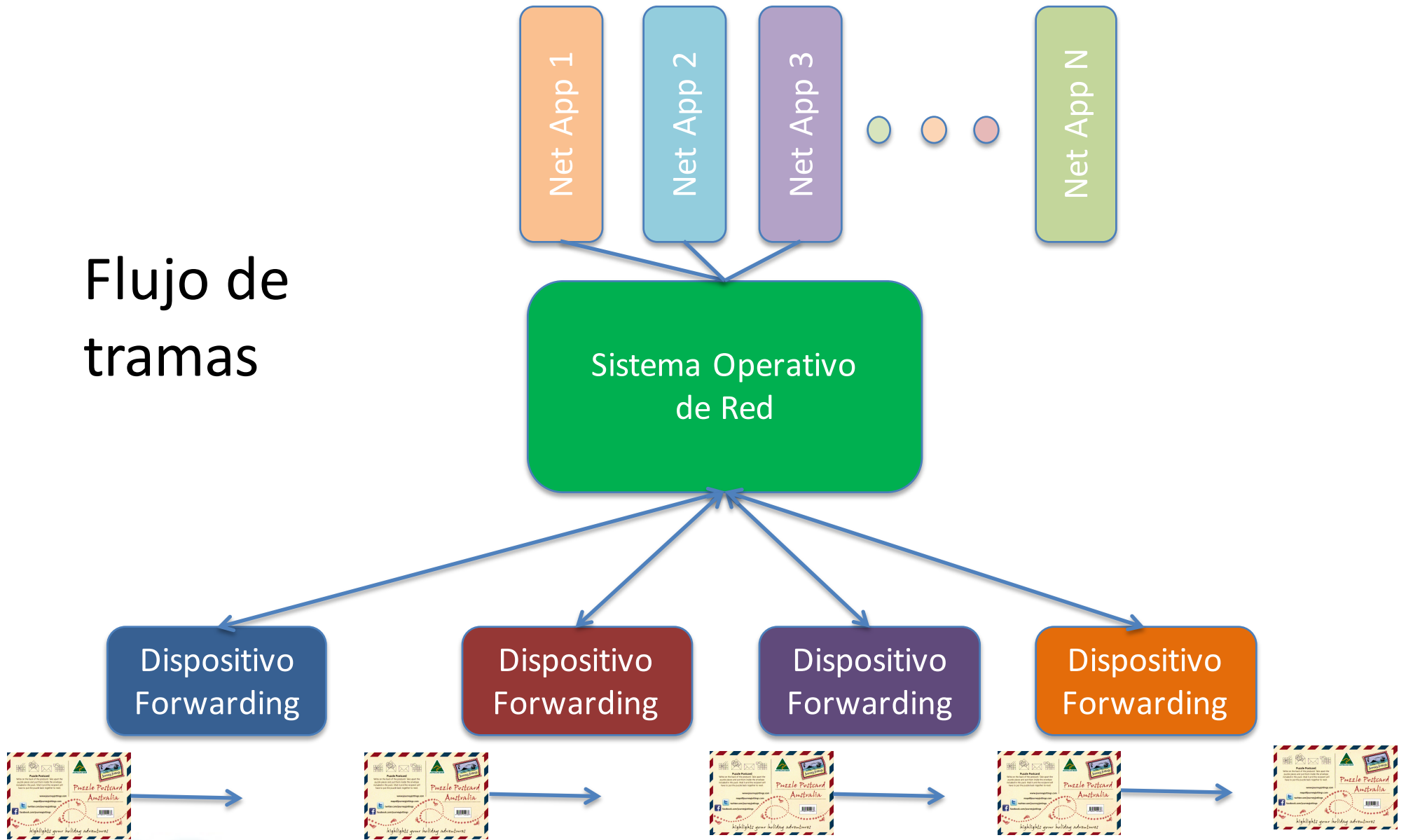
Servicios básicos

White Boxes



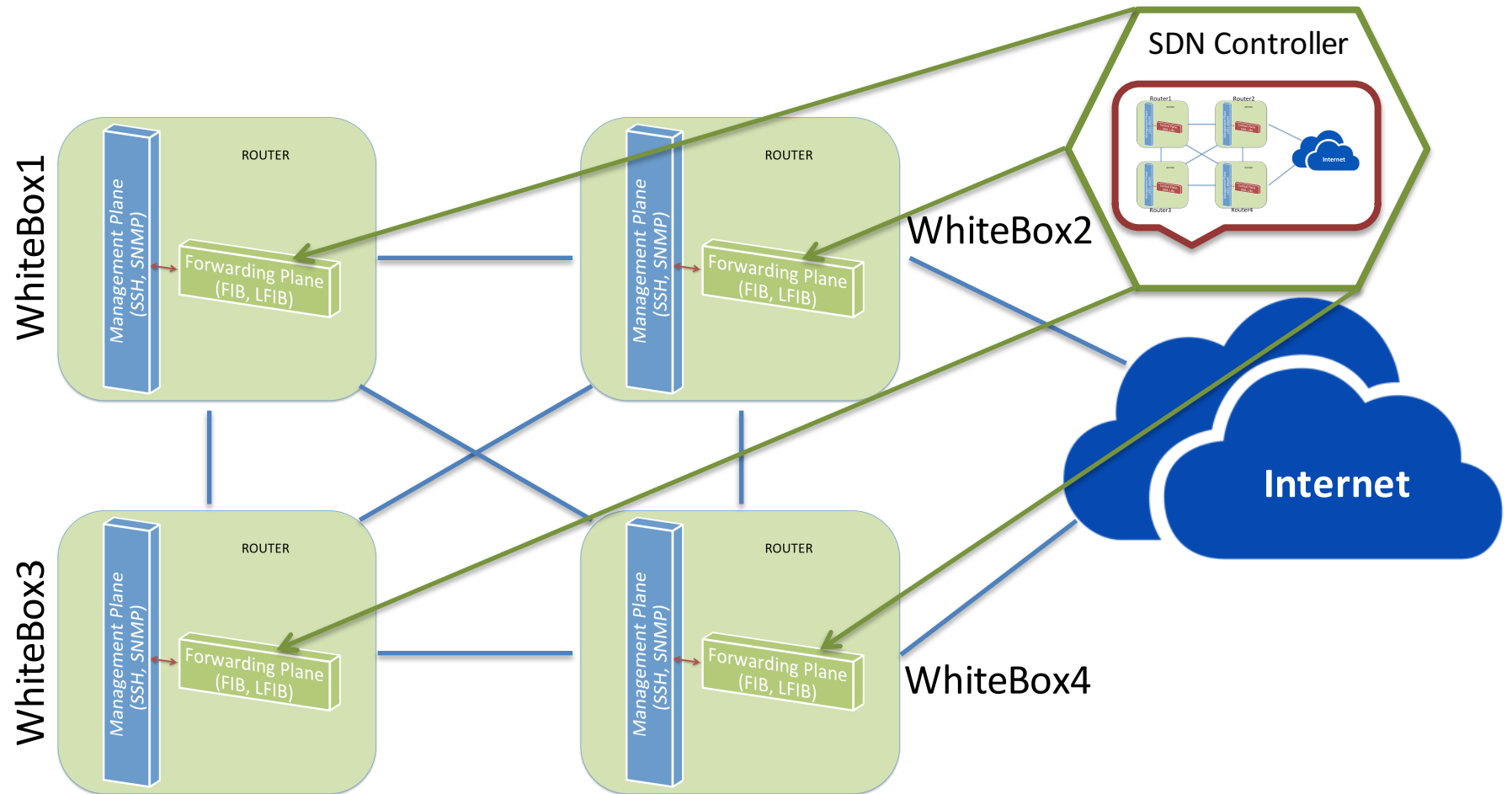
Plano de datos (forwarding)

Flujo de tramas



Eficiencia

Desacoplar físicamente el plano de control



VTN: Redes virtuales

Capas de Red

Voz/Video

ISP1

Red Arrendatario C

Red Arrendatario B

WiFi

Red Arrendatario A

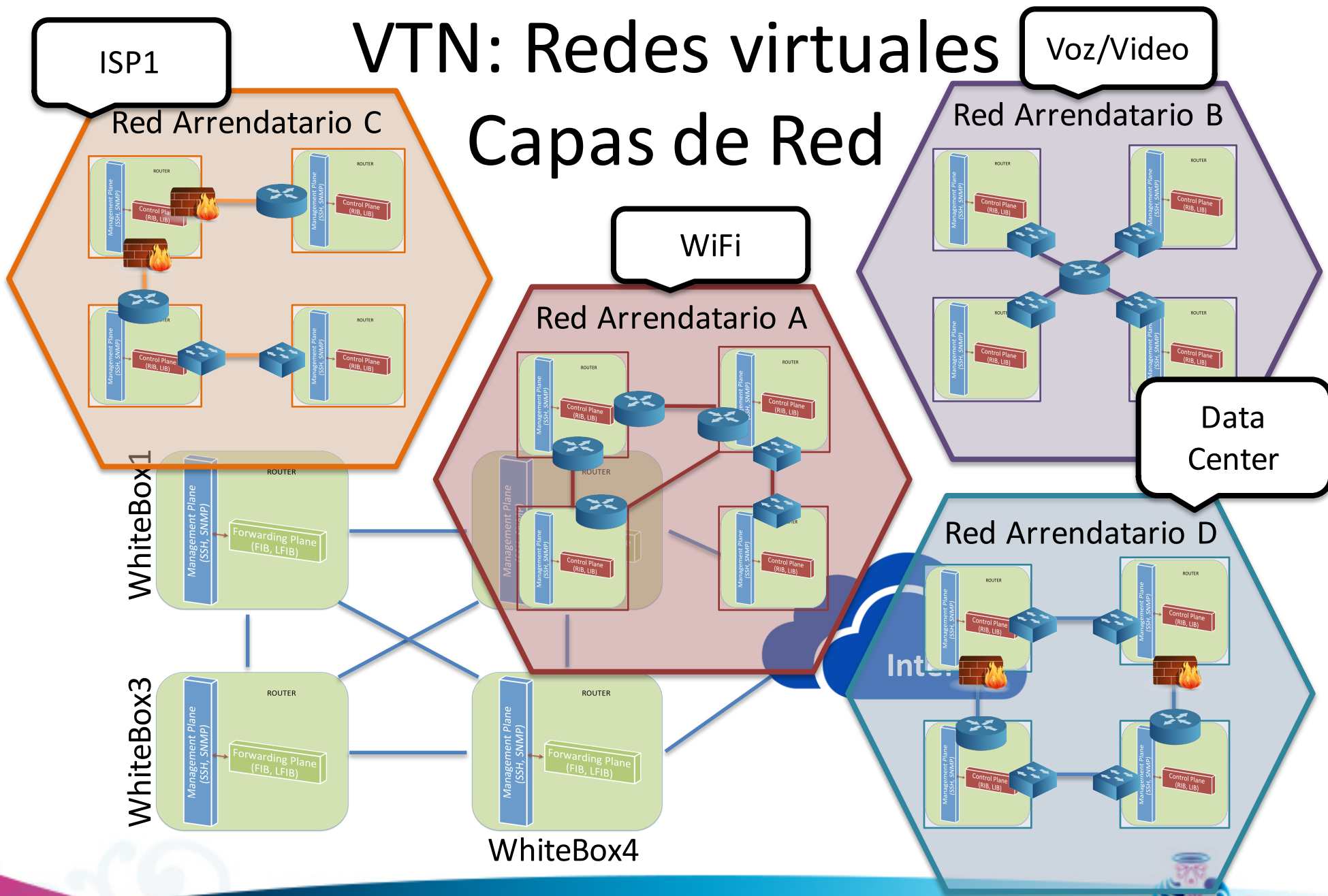
Data Center

Red Arrendatario D

WhiteBox1

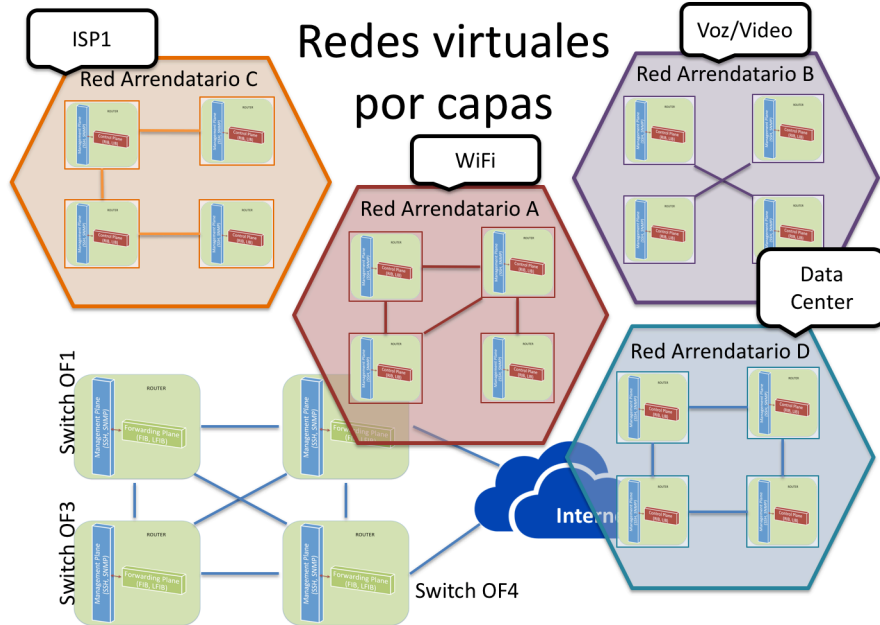
WhiteBox3

WhiteBox4



VTN: Red de Arrendamiento Virtual

- Un minuto ¡Esto es MPLS!

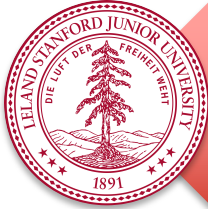


NO,

- es una administración centralizada
- es más ágil
- es configurado mediante programación

Esto es
Software-
Defined
Networking

Visión histórica de SDN



Los despliegues de SDN/OpenFlow fueron inicialmente de investigación en las redes de las universidades (Stanford).



Antes de la creación de la ONF en 2011, la especificación OpenFlow fue gestionada por un grupo de individuos reunidos físicamente en la Universidad de Stanford.



OpenFlow es sólo una instancia de los principios SDN.



SDN es una herramienta para permitir un mayor grado de control sobre los dispositivos de red.

¿Qué es OpenFlow?

- Es un estándar administrado por la Open Networking Foundation (ONF).
- Se originó en la Universidad de Stanford entre 2005-2012



Dr. Martín Casado

OpenFlow Switch Specification

Version 1.3.0 (Wire Protocol 0x04)

June 25, 2012

ONF TS-006



¿Qué es OpenFlow?

- OpenFlow es simplemente un protocolo de gestión de tabla de forwarding.
- Un Switch OpenFlow consiste de:
 - Una tabla de flujos,
 - que realiza las operaciones de búsqueda y expedición de tramas, y
 - un canal seguro a un controlador externo.

Tabla de flujos

- Entradas de flujo (valores de cabecera que coincidan contra las tramas).
- Contadores de actividad.
- Un conjunto de acciones que se aplican a las tramas que concuerden.
- Si no hay acciones que estén presentes, la trama es descartada.

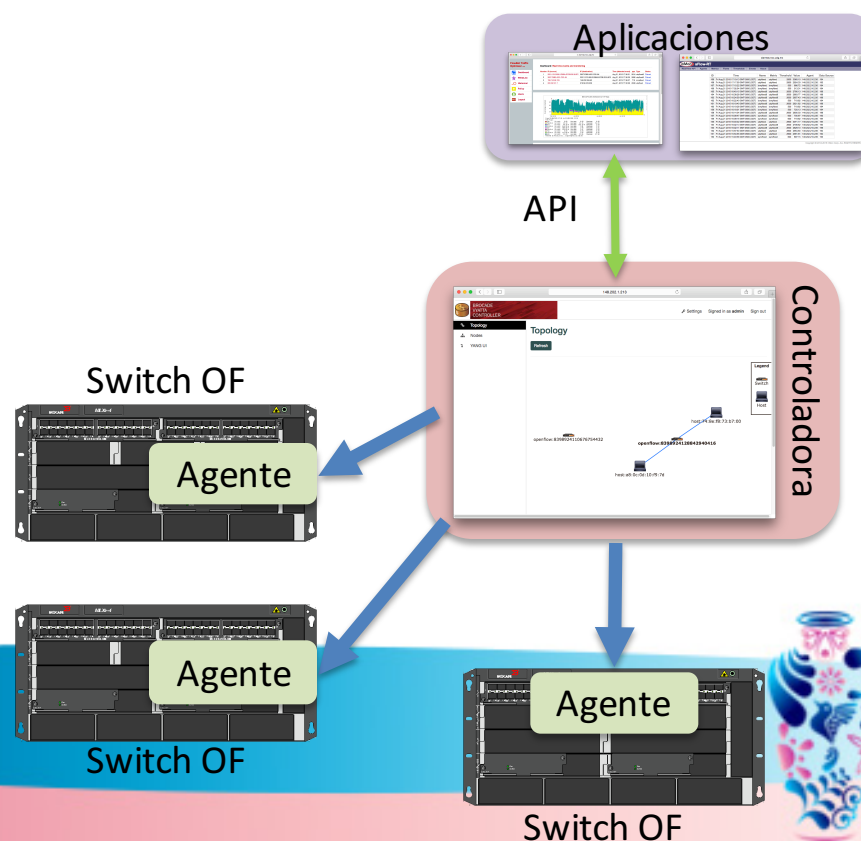
Elementos básicos: Controladora y agentes

- Algunas funcionalidades están mejor implementadas desde la coordinación centralizada de todos los dispositivos en un dominio de red.

Controladora - proceso en un servidor que interactúa con los dispositivos de red utilizando APIs / protocolos.

API - permiten que las aplicaciones externas hablen con la controladora para consultar y cambiar la configuración de la red.

Agente - proceso en dispositivos de red que implementan una función específica.



OpenFlow tiene 2 componentes

OpenFlow Controller

- Controla uno o más switches.
- Formula flujos.
- Programa switches.
- Las aplicaciones pueden ejecutarse en la mismo espacio de direcciones como la controladora.
- Las directivas pueden provenir de aplicaciones externas a través de REST API.

OpenFlow Switch

- El agente OpenFlow se ejecuta en el switch para comunicarse con la controladora.
- Las instrucciones provienen de la controladora para poblar la tabla de flujo del switch.

Controladoras SDN



Controladoras SDN – OpenFlow

Iniciativas Open y comunidades que lo impulsan:	Iniciativas específicas de fabricantes:	Consideraciones:
<ul style="list-style-type: none">• OpenDayLight• ONOS• NOX/POX• Project FloodLight• OpenContrail• Ryu• RouteFlow• Beacon• Etcétera.	<ul style="list-style-type: none">• Brocade Vyatta Controller• Cisco Open SDN Controller• Juniper Contrail• Alcatel-Lucent Nuage• Etcétera.	<ul style="list-style-type: none">• Lenguaje de programación• Rendimiento• Curva de aprendizaje• Base de usuarios y soporte• Enfoque: producción, educación e investigación.



- NOX
 - Fue la primera controladora OpenFlow.
 - Ha sido la base de muchos y diversos proyectos de investigación, a comienzos de la exploración de las redes definidas por software.
- POX
 - Es una versión de NOX en Python que proporciona funcionalidad dentro de un ambiente de prototipo rápido.



- Proyecto Open Source
 - Miembros Platinum como: Brocade, Cisco, Citrix, Dell, Ericsson, HP, Intel, Red Hat, entre otros
 - Incluye soporte de multiples protocolos (southbound)
 - OpenFlow, OVSDDB, NetConf, BGP-LS, PCE, etcétera.
 - Northbound API: RestConf con YANG
 - Servicio central es un YANG.





- El proyecto ONOS esta asociado con el Linux Foundation.
 - Tiene como misión construir la mejor comunidad de código abierto para acelerar la adopción de SDN+NFV.
 - Incluye conectores (plug-in) hacia diversos dispositivos, como:
 - OpenFlow, NetConf, Southbound Interfaces.
 - En la parte norte cuenta con módulos de control, administración y configuración de aplicaciones.
 - A través de una interfaz de programación, intuitiva, flexible.



Resumen las controladoras

	NOX	POX	ODL	Floodlight	Ryu
Lenguaje	C++	Python	JAVA	JAVA	Python
Rendimiento	Rápida	Lenta	Rápida	Rápida	Lenta
Versión de OpenFlow	1.0 / 1.3	1.0	1.0 / 1.3	1.0	1.0 a 1.4
Distribuida	no	no	sí	sí	sí
Curva de Aprendizaje	moderada	fácil	compleja	compleja	moderada
Nota		Investigación, experimentación y demostración	Soporte de aplicaciones de fabricantes		Controladora Python Open source

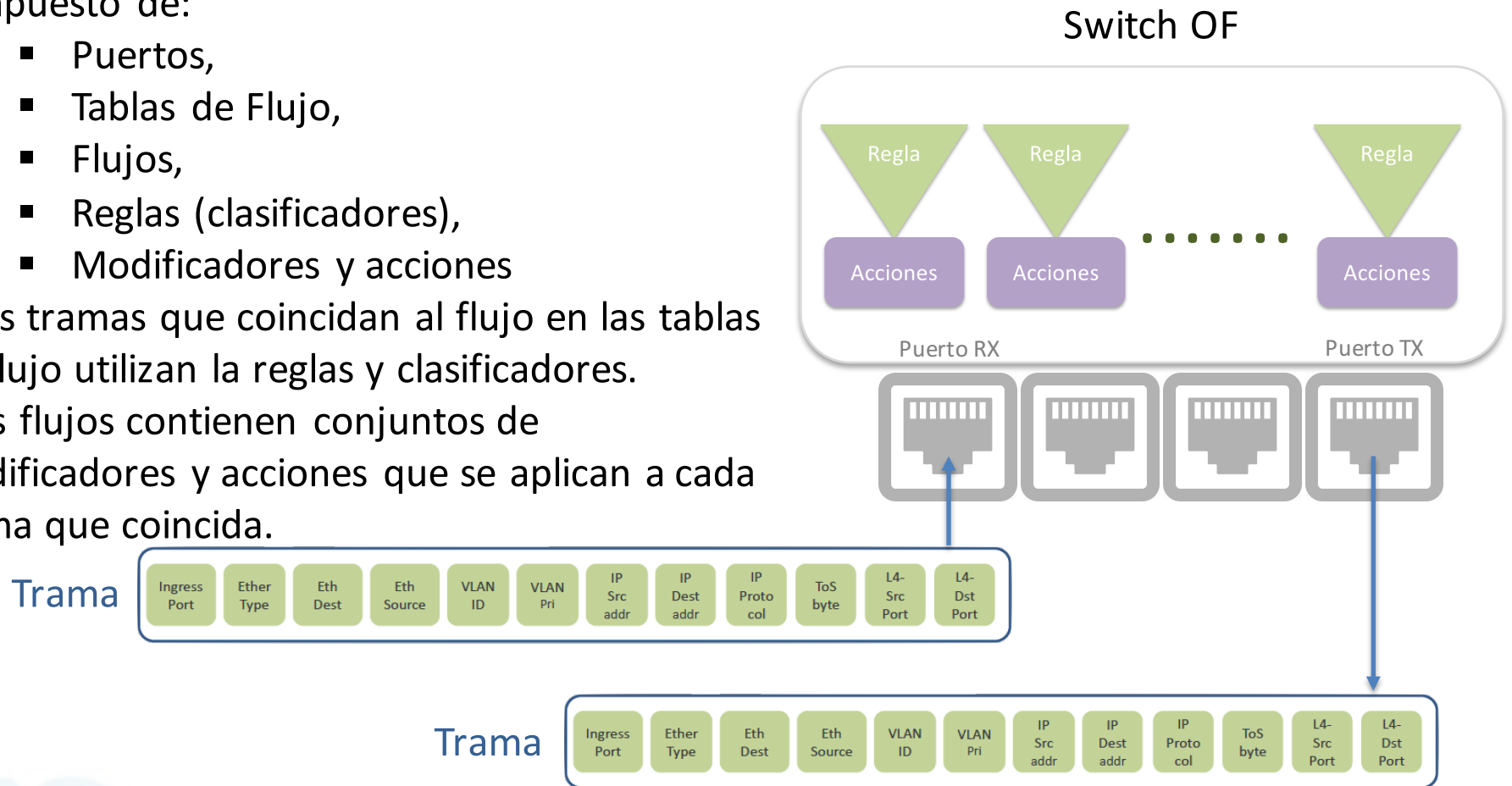
Switches OpenFlow



Plano de datos de un Switch OF

El plano de datos de un switch OpenFlow esta compuesto de:

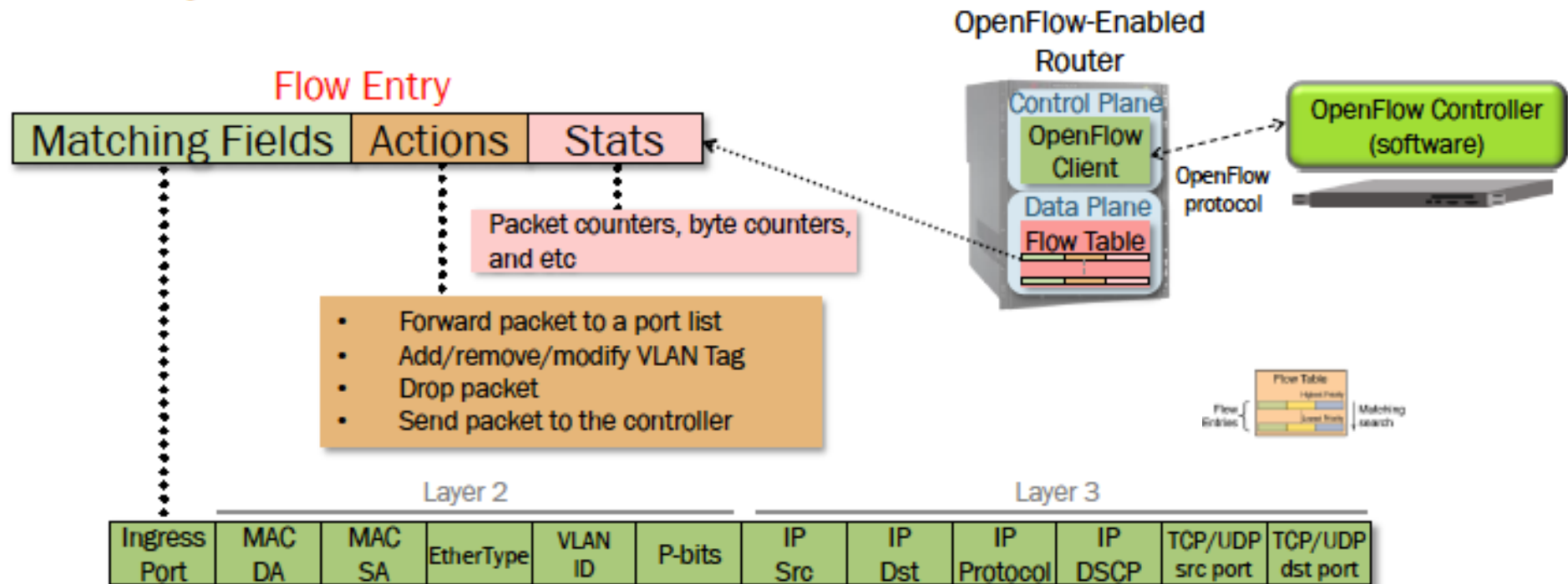
- Puertos,
 - Tablas de Flujo,
 - Flujos,
 - Reglas (clasificadores),
 - Modificadores y acciones
- Las tramas que coincidan al flujo en las tablas de flujo utilizan la reglas y clasificadores.
 - Los flujos contienen conjuntos de modificadores y acciones que se aplican a cada trama que coincide.



Componentes de la tabla de flujos

OpenFlow 1.0

Flow Entry



- Each flow table entry contains a set of rules to match (e.g., IP src) and an action list to be executed in case of a match (e.g., forward to port list)

Componentes de la tabla de flujos

olmos — ssh noc

```
show openflow flow
```

Flow ID: 1681 Priority: 500 Status: Active

Rule:

- In Port: e1/3/2
- Ether type: 0x86dd
- Source IPv6: 2001:1210:50c:98a:6c91:e692:6b2:d5d3 Prefix Length: 128
- Destination IPv6: 2607:f8b0:4000:13::8 Prefix Length: 128

Instructions: Apply-Actions

- Action: FORWARD
- Out Port: e1/3/1
- Meter id: 1000

Statistics:

- Total Pkts: 0
- Total Bytes: 0

Flow ID: 1683 Priority: 500 Status: Active

Rule:

- In Port: e1/3/1
- Ether type: 0x86dd
- Source IPv6: 2607:f8b0:4000:13::8 Prefix Length: 128
- Destination IPv6: 2001:1210:50c:98a:6c91:e692:6b2:d5d3 Prefix Length: 128

Instructions: Apply-Actions

- Action: FORWARD
- Out Port: e1/3/2
- Meter id: 1000

Statistics:

- Total Pkts: 0
- Total Bytes: 0

SSH@SDN3#

OpenFlow 1.3

Cada entrada de la tabla de flujos contiene: Reglas, acciones y contadores.

1. Encapsular y enviar a controladora
2. Encapsular y enviar a controladora
3. Descartar trama
4. Procesamiento normal de enrutamiento y envío
5. Aplicar calidad de servicio
6. Modificar campos de la trama

Acciones

Reglas

Contadores

IPv4 / IPv6

Ingress Port	Ether Type	Dest	Eth Source	VLAN ID	VLAN Pri	IP Src addr	IP Dest addr	IP Proto	ToS byte	L4- Src Port	L4- Dest Port
--------------	------------	------	------------	---------	----------	-------------	--------------	----------	----------	--------------	---------------

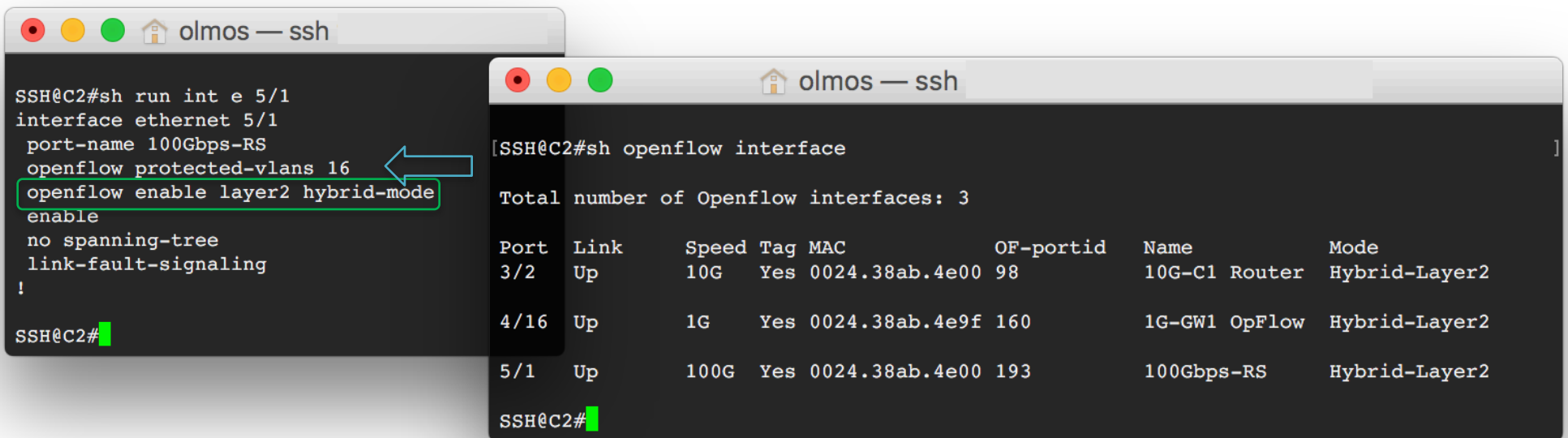
Prioridades en los Flujos

- Las tramas se comparan con las entradas de flujo basado en prioridades.
- La primer entrada con una coincidencia exacta aplicará y no continuará avanzando.
- Los números más altos tienen mayor prioridad.

```
SSH@SDN3#  
Action: FORWARD  
Out Port: e1/3/1  
Out Port: send to controller  
Statistics:  
Total Pkts: 0  
Total Bytes: 0  
Flow ID: 695 Priority: 500 Status: Active  
Rule:  
In Port: e1/3/2  
Ether type: 0x86dd  
Source IPv6: 2001:1210:906:2:d9ba:e0db:2918:8f2  
Destination IPv6: 2607:f8b0:4001:c02::84 Prefix Length: 128  
Instructions: Apply-Actions  
Action: FORWARD  
Out Port: e1/3/1  
Meter id: 1000  
Statistics:  
Total Pkts: 0  
Total Bytes: 0  
Flow ID: 696 Priority: 500 Status: Active  
Rule:  
In Port: e1/3/1  
Ether type: 0x86dd  
Source IPv6: 2607:f8b0:4001:c02::84 Prefix Length: 128  
Destination IPv6: 2001:1210:906:2:d9ba:e0db:2918:8f2 Prefix Length: 128  
Instructions: Apply-Actions  
Action: FORWARD  
Out Port: e1/3/2  
Meter id: 1000  
Statistics:  
Total Pkts: 0  
Total Bytes: 0  
SSH@SDN3#  
SSH@SDN3#  
Flow ID: 1 Priority: 2 Status: Active  
Rule:  
In Port: e1/3/1  
Instructions: Apply-Actions  
Action: FORWARD  
Out Port: e1/3/2  
Out Port: send to controller  
Statistics:  
Total Pkts: 0  
Total Bytes: 0  
Flow ID: 2 Priority: 2 Status: Active  
Rule:  
In Port: e1/3/2  
Instructions: Apply-Actions  
Action: FORWARD  
Out Port: e1/3/1  
Out Port: send to controller  
Statistics:  
Total Pkts: 0  
Total Bytes: 0  
SSH@SDN3#
```

Red híbrida (Switch)

- Una red híbrida tiene ambas modalidades de **switch tradicional** y **SDN switch** operando en la misma topología.
- Los puertos pueden ser designados como puertos sólo OpenFlow, el resto de los puertos de operar bajo el control del sistema operativo del switch o de **modo híbrido**.
 - Protegiendo una o varias VLAN



```
SSH@C2#sh run int e 5/1
interface ethernet 5/1
port-name 100Gbps-RS
openflow protected-vlans 16
openflow enable layer2 hybrid-mode
enable
no spanning-tree
link-fault-signaling
!
```

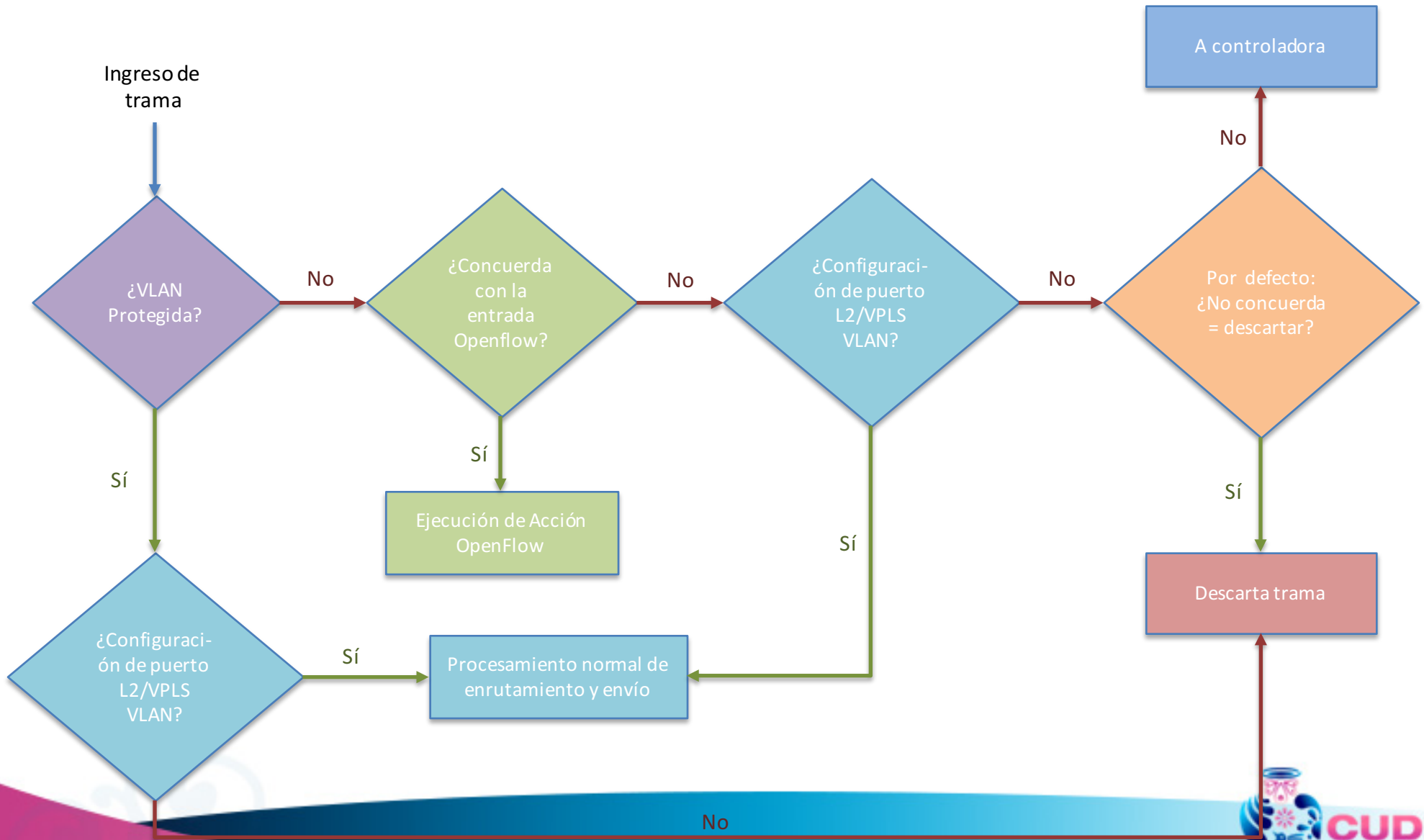
```
[SSH@C2#sh openflow interface

Total number of Openflow interfaces: 3
```

Port	Link	Speed	Tag	MAC	OF-portid	Name	Router	Mode
3/2	Up	10G	Yes	0024.38ab.4e00	98	10G-C1	Router	Hybrid-Layer2
4/16	Up	1G	Yes	0024.38ab.4e9f	160	1G-GW1	OpFlow	Hybrid-Layer2
5/1	Up	100G	Yes	0024.38ab.4e00	193	100Gbps-RS		Hybrid-Layer2

```
SSH@C2#
```

Puertos híbridos OpenFlow



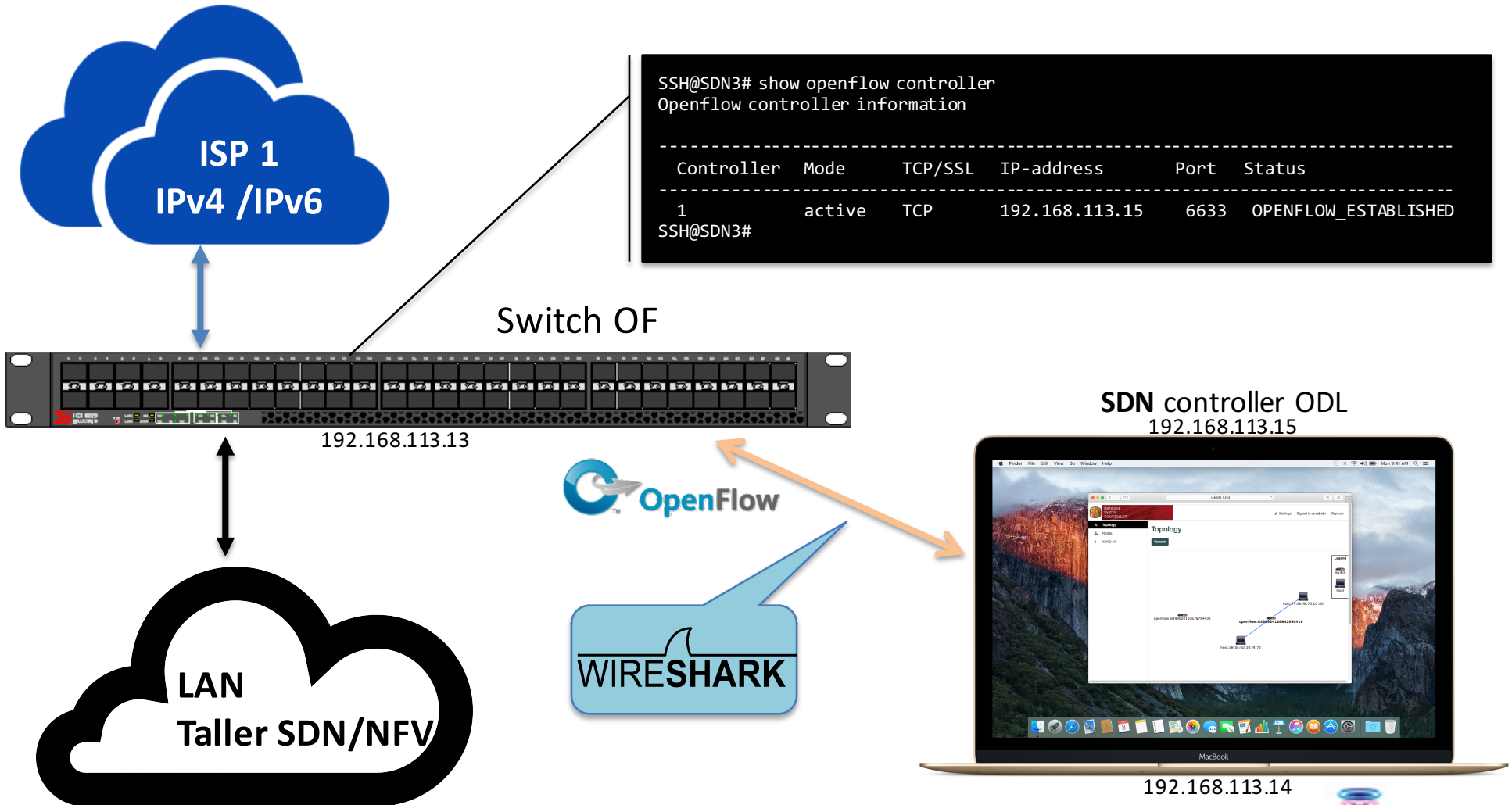
Operaciones básicas y mensajes



Ambiente del laboratorio

- Los siguientes ejemplos de protocolo OpenFlow se ilustran con:
 - Una controladora SDN OpenDayLight (versión: Hydrogen, Helium o Lithium) ejecuta en una máquina virtual
 - Oracle VM VirtualBox: producto de virtualización
 - ICX6610-48: OpenFlow switch híbrido capa 2-3
 - Wireshark: analizador tráfico de protocolos para Unix y Windows.

Topología de laboratorio



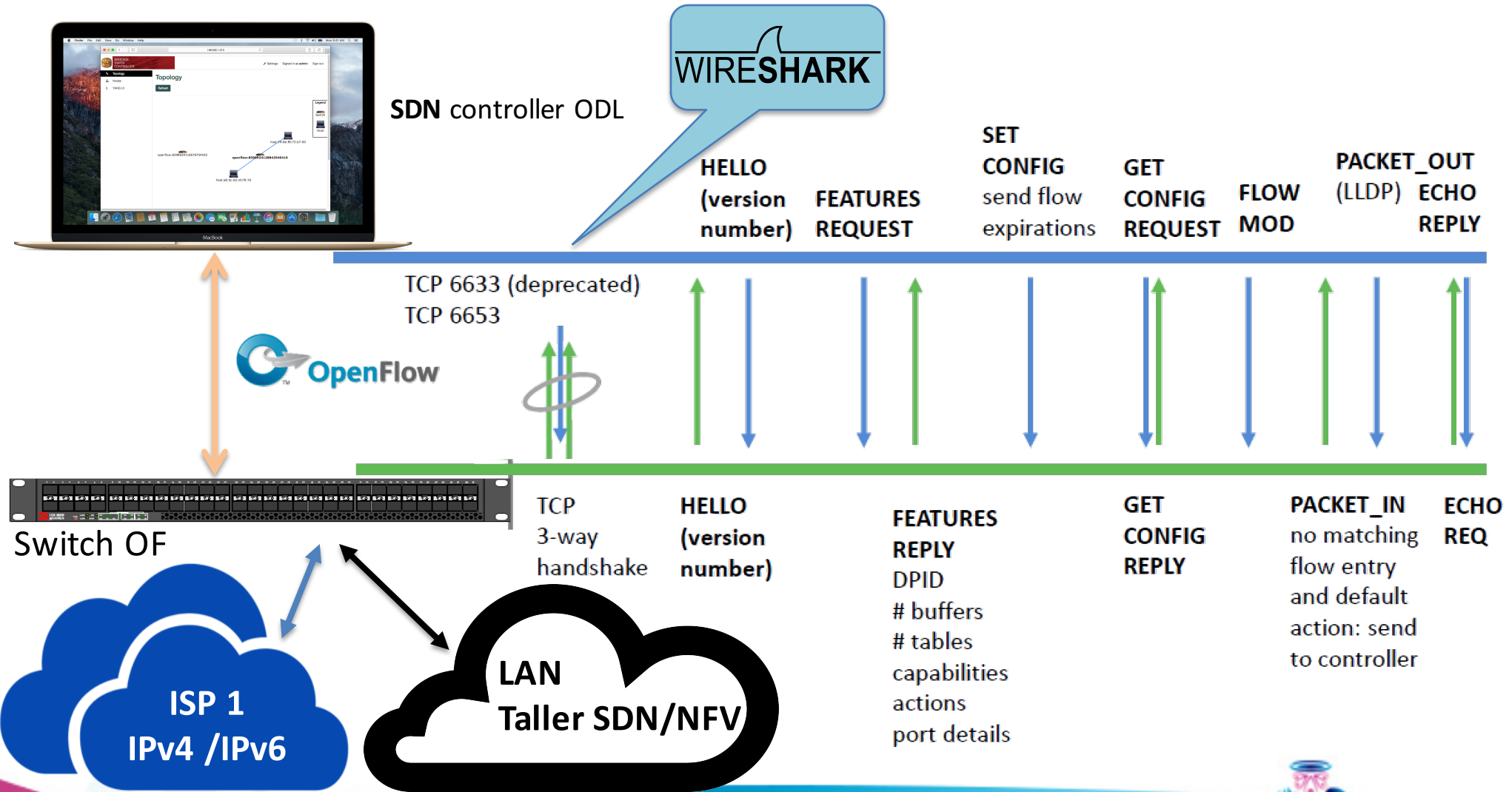
Data Center



Protocolo OpenFlow

- El protocolo OpenFlow soporta tres tipos de mensajes:
 - Controladora-a-Switch - iniciado por la controladora y puede no requerir una respuesta.
 - Asíncrono – el switch pueden enviar a la controladora sin que la controladora lo haya solicitando.
 - Simétrico - enviado por cualquiera, las controladoras o el switch sin ser solicitada.
- **Controlador-a-Switch**
 - Solicitud de característica
 - Configuración
 - Modificar el estado – utilizado para agregar / eliminar / modificar los flujos en el switch
- **Asíncrono**
 - Trama-entrada
 - Retira flujo
- **Simétrico**
 - Hello
 - Echo

Conexión Switch OF



NFV Network Function Virtualization



¿Qué es NFV?



World Class Standards

Tiene como objetivos transformar la manera en como los operadores ven la arquitectura de las redes.

La definición de NFV se origina en el ámbito de los proveedores de servicio, actualmente formalizado bajo el amparo del Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) desde noviembre de 2012.

Aborda la dependencia del hardware

- Consolidación de muchos tipos de equipos de red en servidores.
- Implementación de funciones de red en el software.

Beneficios de las NFV

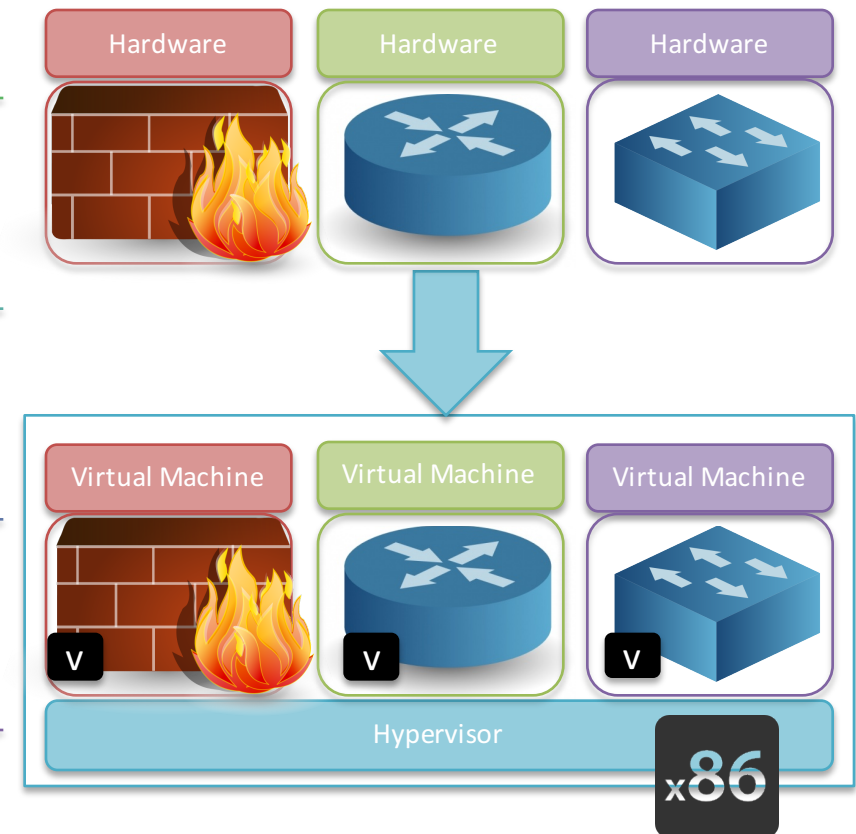
La adopción de servidores convencionales (x86) para la consolidación y la simplificación de la infraestructura.

Reduce los costos de equipos y menor consumo de energía.

El aumento de la velocidad en el aprovisionamiento, la creación de plantillas e inclusive la migración dinámica (en caliente) de máquinas virtuales para lograr alta disponibilidad y balanceo de cargas.

El aumento de velocidad del tiempo de salida a mercado (TTM).

Optimiza la configuración de la red y/o topología en tiempo casi real.



NFV Network Function Virtualization



Iniciativas NFV



OPNFV (OpenPlatform NFV – Linux Foundation)
<https://www.opnfv.org>

OpenNFV (HP) <http://www8.hp.com/us/en/cloud/nfv-architecture.html>



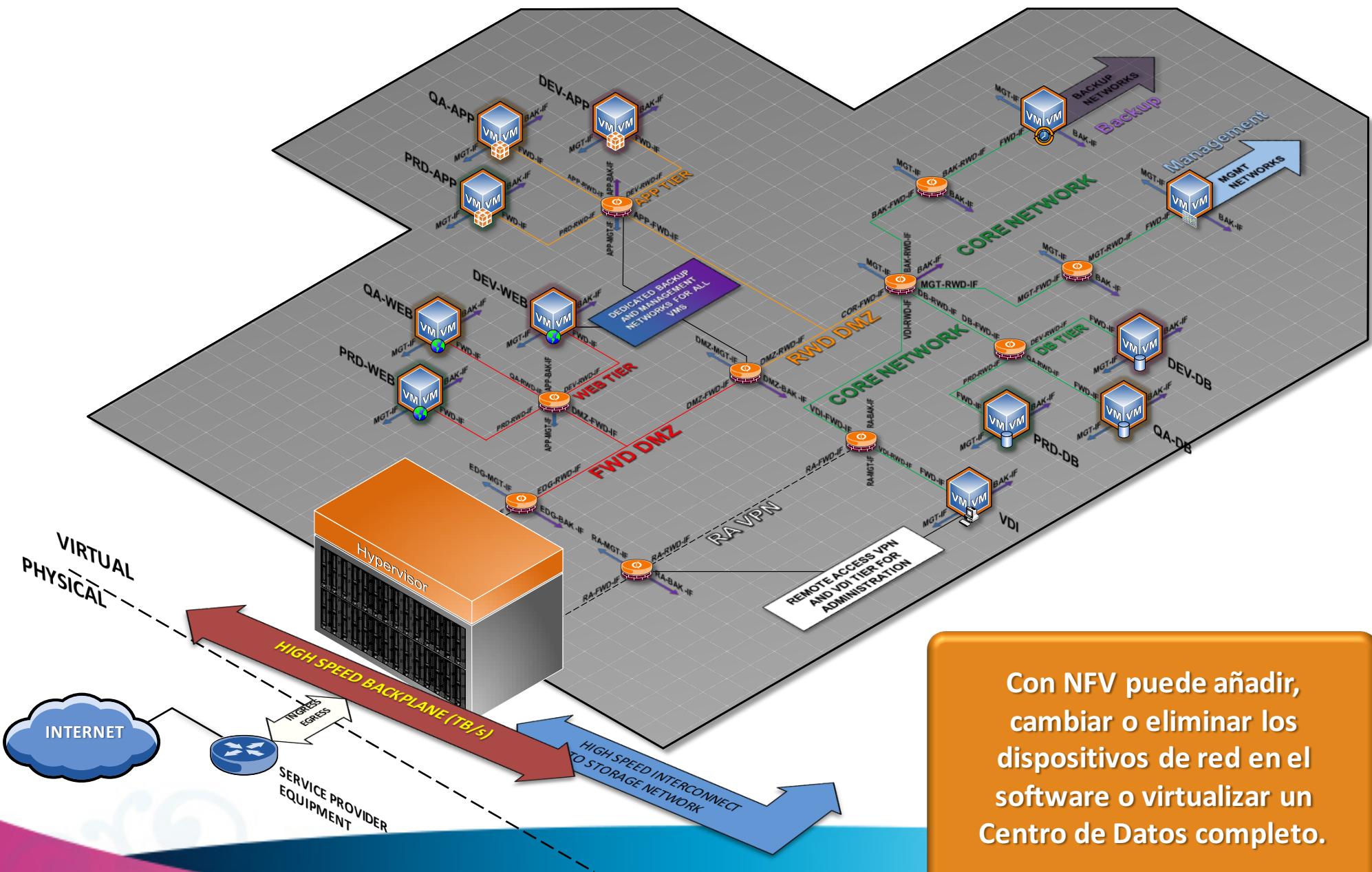
NFV on OpenStack (Mirantis)



VyOS Linux-based network operating system that provides software-based network routing, firewall, and VPN functionality <http://vyos.net>



Vyatta (vRouter) <http://www.vyatta.com>

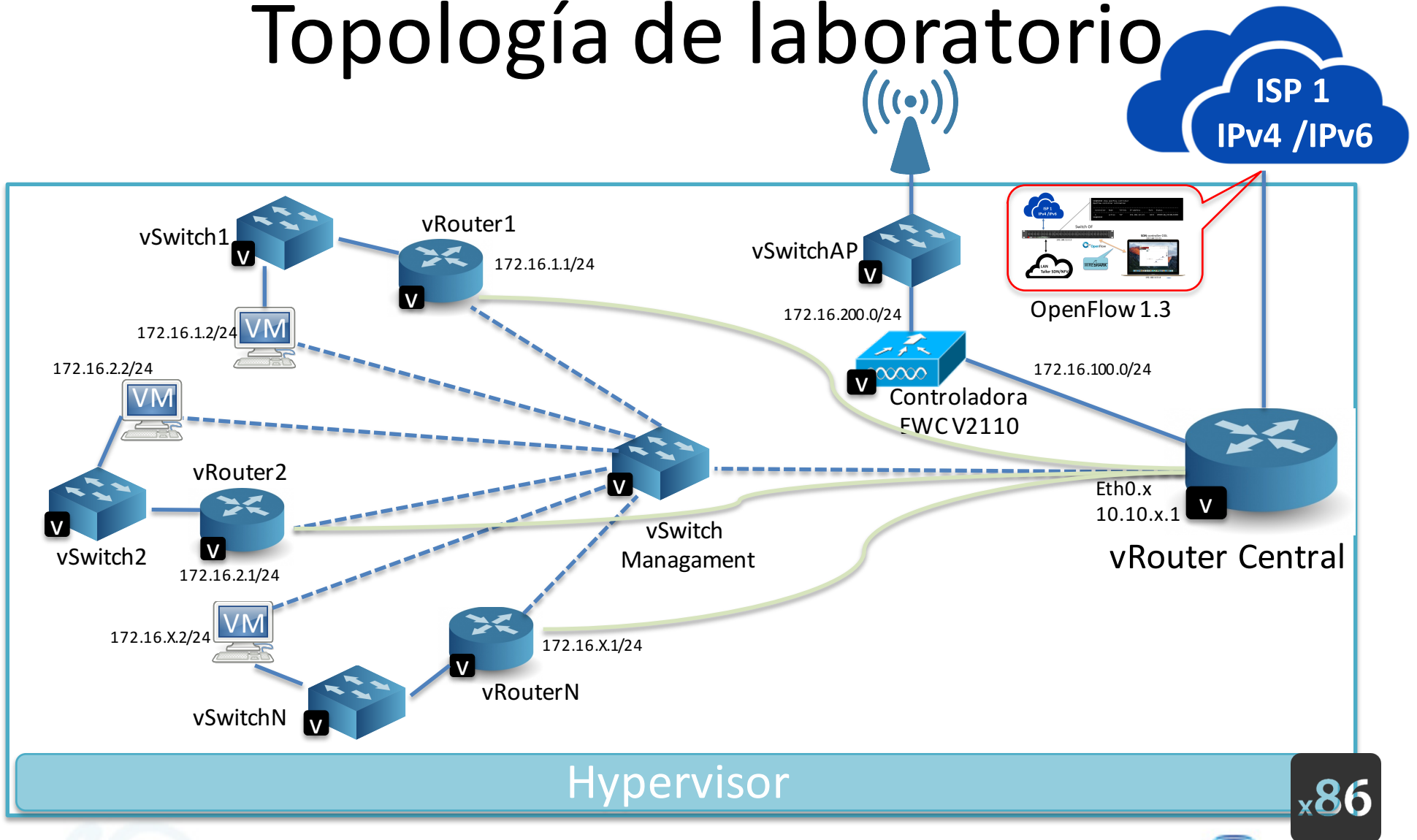


Con NFV puede añadir, cambiar o eliminar los dispositivos de red en el software o virtualizar un Centro de Datos completo.

Ambiente del laboratorio

- Los siguientes ejemplos de NFV se ilustran con:
 - Servidor en rack RH1288 V2
 - ESXi 5.5 Hypervisor : producto de virtualización.
 - Vyatta 5600 vRouter.
 - Máquinas virtuales Ubuntu 14 desktop.

Topología de laboratorio




Data Center



Aplicación SDN - Optimización de Tráfico



Aplicación SDN - Optimización de Tráfico

 Aplicación abierta que optimiza del tráfico de red a través del monitoreo proactivo y el establecimiento de políticas de flujo para mejorar la utilización de recursos, mitigar ataques de red y reducir la congestión de la red de forma automatizada.

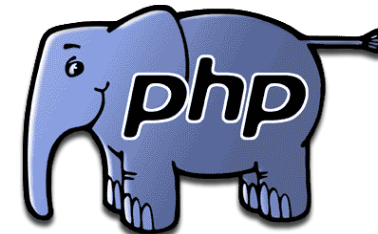
 Escrita en **Python**.

 Componentes de sistema:

- Colector  
- Base de datos 
- Controladora 
- Protocolo 



Interfaz Web:



Aplicaciones de red



Desarrollada por el **NOC-UDG** con el apoyo de la iniciativa privada, INITEL-RESILIO.



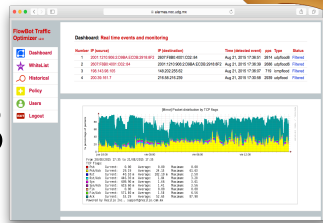
En el pasado el **NOC-UDG** desarrolló diversas aplicaciones para monitoreo y optimización de tráfico de red.

- MRTG, Perl, RRDTool, remote shell (SSH, Telnet)





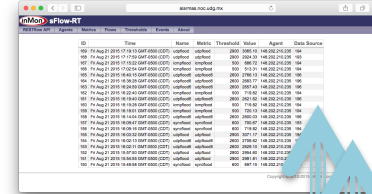
Net Apps



FlowBot Traffic Controller



sFlow-RT sFlow collector

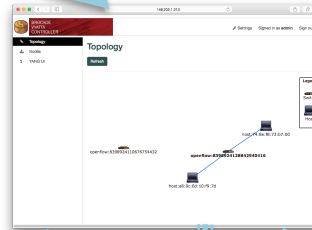


(Northbound)

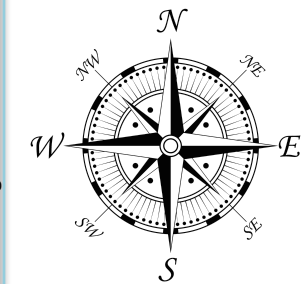
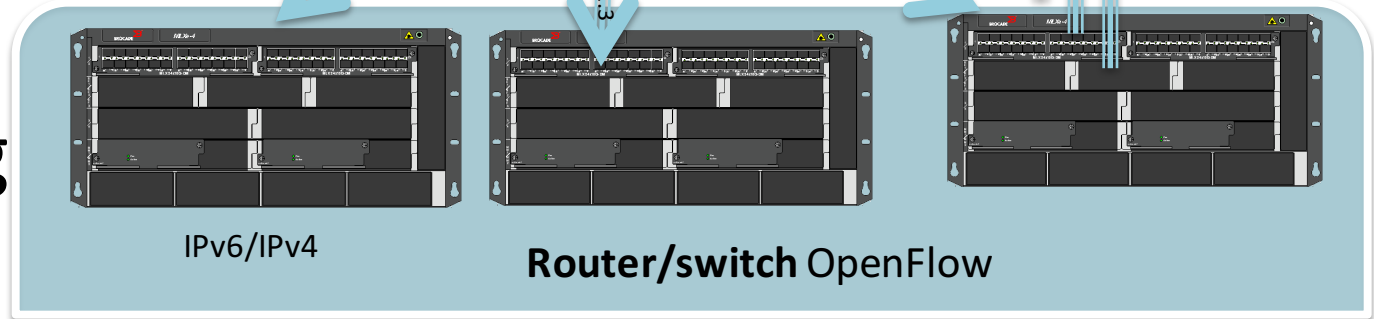


Net Operating System

OpenDayLight Lithium based
OpenFlow controller






Forwarding Device



(Southbound)



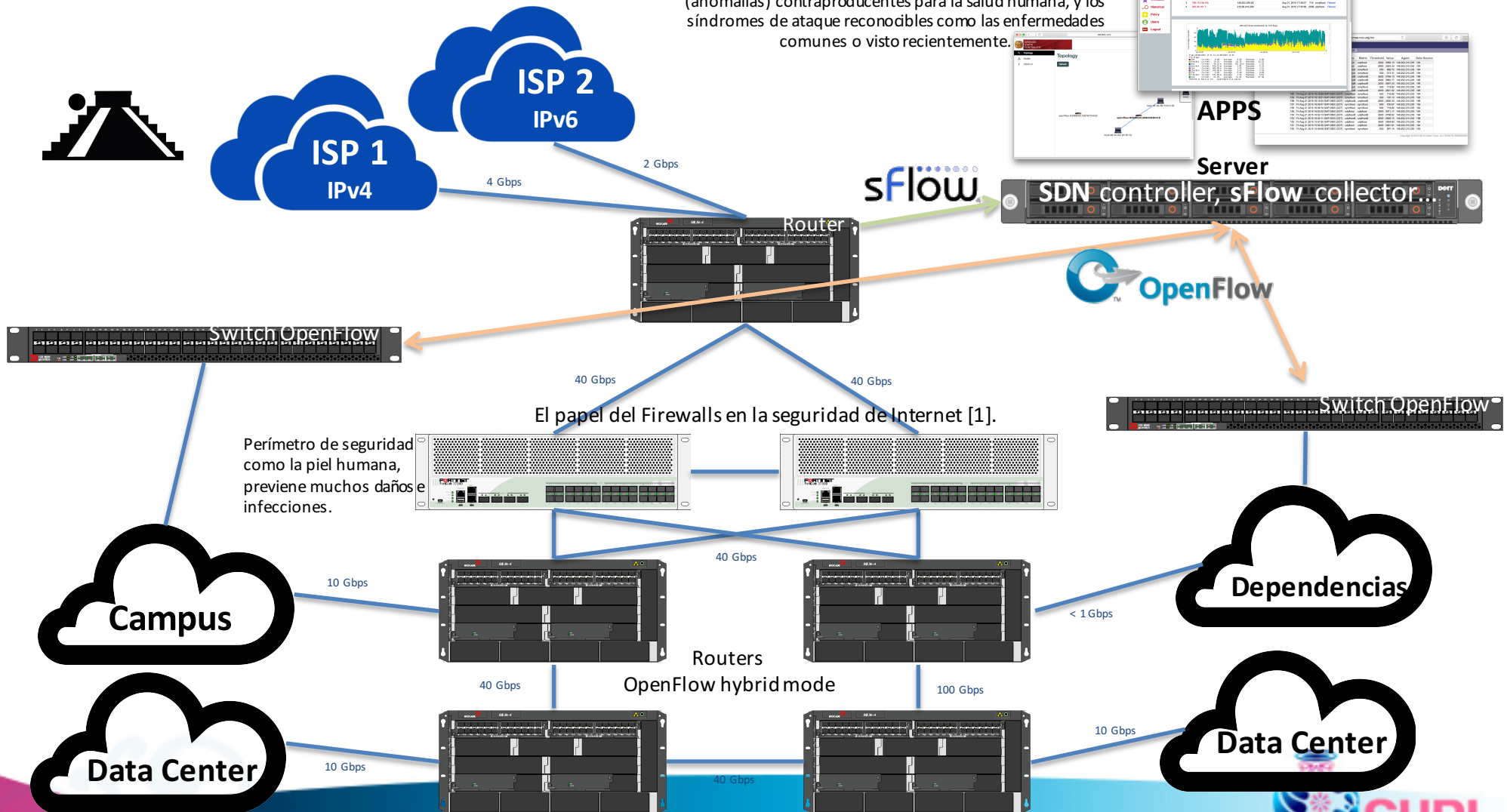
Características de la Aplicación SDN

-  Monitoreo y detección de patrones de comportamiento en la red (congestión, abusos, DoS, etc.).
 - A través de ports mirror, sflow, syslog, etc.
-  Soporte de los protocolos IPv6 e IPv4.
 - Registro de lista de blanca de direcciones IP (VIP).
-  Acciones:
 - Redireccionamiento de tráfico.
 - Bloqueo de tráfico.
 - Calidad de servicio (administración de ancho de banda).
 - Balanceo de cargas de tráfico.
- Tiempos de aplicación de acciones.



Topología de la UDG

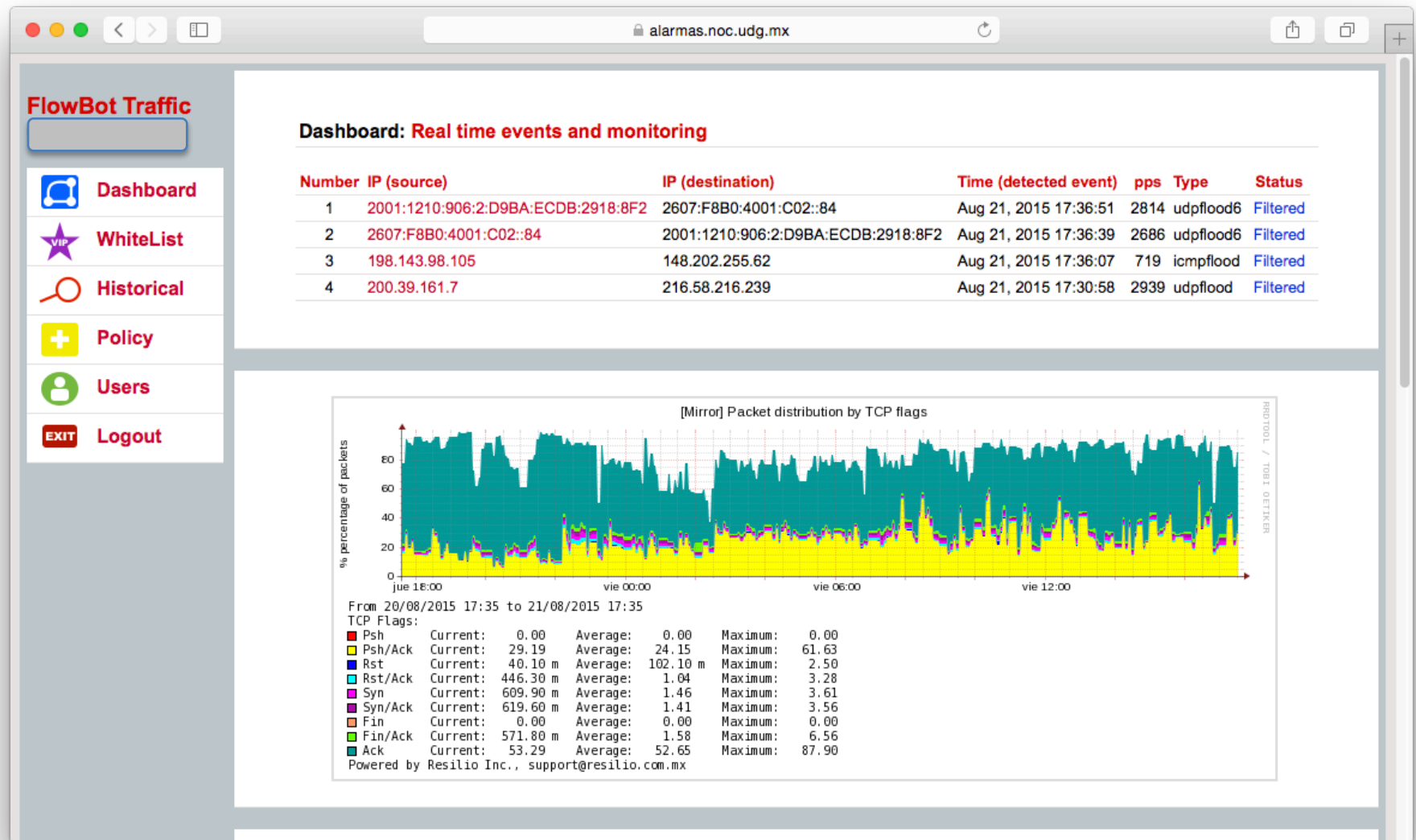
En el cuerpo, luego que se presume que el perímetro de seguridad ha sido violado; defensas reales contra los ataques en el cuerpo incluyen potentes sistemas que detectan cambios (anomalías) contraproducentes para la salud humana, y los síndromes de ataque reconocibles como las enfermedades comunes o visto recientemente.



[1] On Firewalls in Internet Security <http://www.ietf.org/id/draft-gont-opsawg-firewalls-analysis-00.txt>



Dashboard de la Aplicación SDN



Mascota oficial: León Negro



Tabla de flujos IPv4 – Switch OF

```
olmos — ssh — 118x36
Destination IP: 200.39.161.7 Subnet IP: 255.255.255.255
Instructions: Apply-Actions
  Action: FORWARD
    Out Port: e1/3/2
    Meter id: 1000
Statistics:
  Total Pkts: 30764
  Total Bytes: 2608873

Flow ID: 1212 Priority: 500 Status: Active
Rule:
  In Port: e1/3/2
  Ether type: 0x800
  Source IP: 200.39.161.7 Subnet IP: 255.255.255.255
  Destination IP: 216.58.216.239 Subnet IP: 255.255.255.255
Instructions: Apply-Actions
  Action: FORWARD
    Out Port: e1/3/1
    Meter id: 1000
Statistics:
  Total Pkts: 57152
  Total Bytes: 65261600

Flow ID: 1214 Priority: 500 Status: Active
Rule:
  In Port: e1/3/1
  Ether type: 0x800
  Source IP: 198.143.98.105 Subnet IP: 255.255.255.255
  Destination IP: 148.202.255.62 Subnet IP: 255.255.255.255
Instructions: Apply-Actions
  Action: DROP
Statistics:
  Total Pkts: 0
  Total Bytes: 0

SSH@SDN1#
```



Tabla de flujos IPv6 – Switch OF



```
olmos — ssh — 117x36

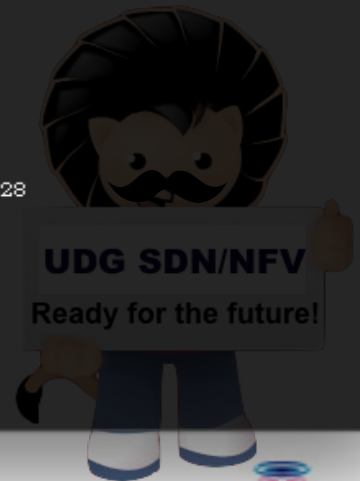
Action: FORWARD
Out Port: e1/3/1
Out Port: send to controller

Statistics:
Total Pkts: 0
Total Bytes: 0

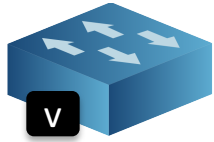
Flow ID: 695 Priority: 500 Status: Active
Rule:
In Port: e1/3/2
Ether type: 0x86dd
Source IPv6: 2001:1210:906:2:d9ba:ecdb:2918:8f2 Prefix Length: 128
Destination IPv6: 2607:f8b0:4001:c02::84 Prefix Length: 128
Instructions: Apply-Actions
Action: FORWARD
Out Port: e1/3/1
Meter id: 1000
Statistics:
Total Pkts: 0
Total Bytes: 0

Flow ID: 696 Priority: 500 Status: Active
Rule:
In Port: e1/3/1
Ether type: 0x86dd
Source IPv6: 2607:f8b0:4001:c02::84 Prefix Length: 128
Destination IPv6: 2001:1210:906:2:d9ba:ecdb:2918:8f2 Prefix Length: 128
Instructions: Apply-Actions
Action: FORWARD
Out Port: e1/3/2
Meter id: 1000
Statistics:
Total Pkts: 0
Total Bytes: 0

SSH@SDN3#
```



SDN/NFV - IPv6



Representaciones lógicas de:

Funciones de capa 2: **vBridge**

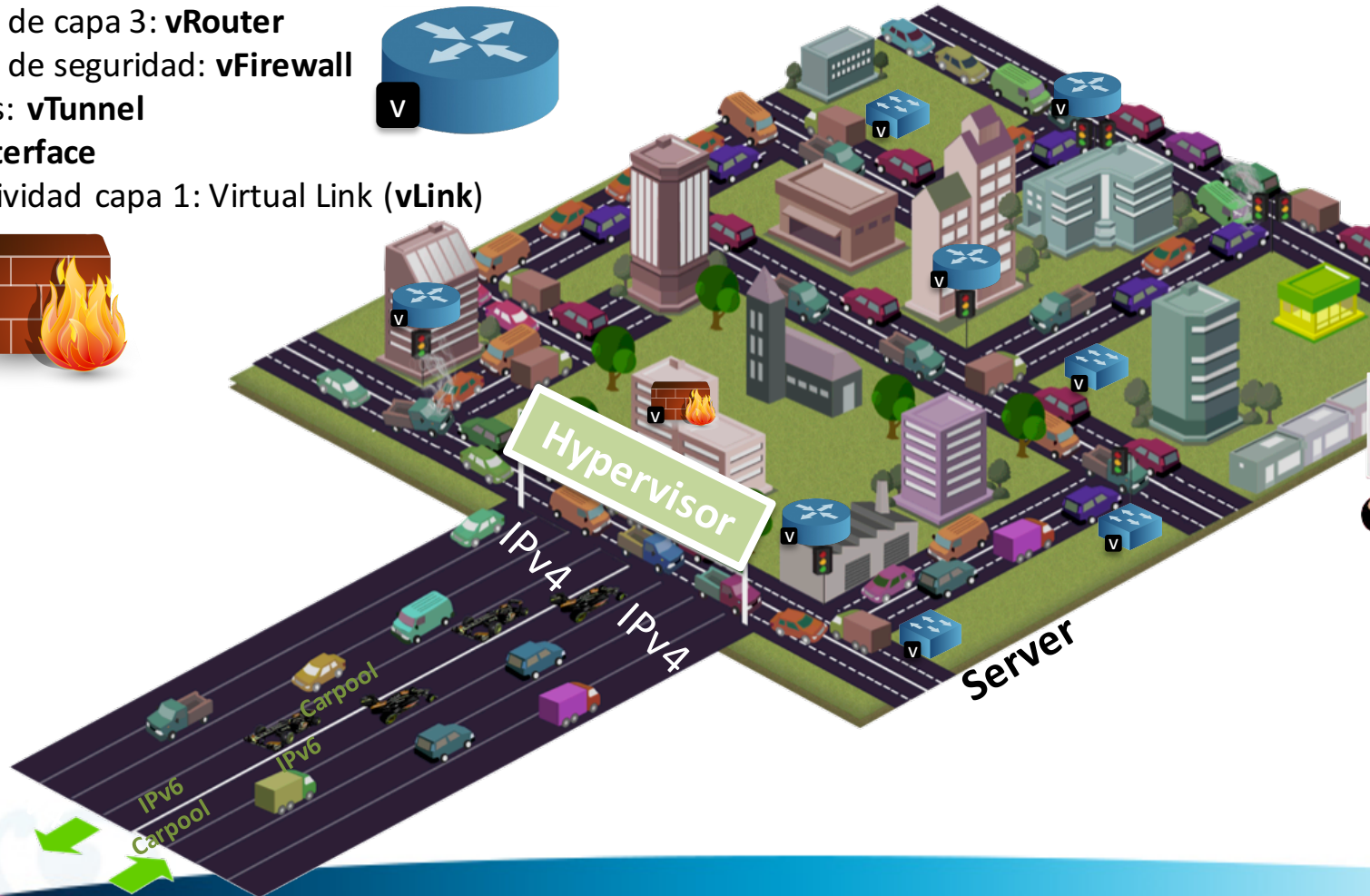
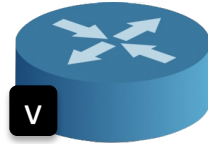
Funciones de capa 3: **vRouter**

Funciones de seguridad: **vFirewall**

De túneles: **vTunnel**

Virtual interface

De conectividad capa 1: Virtual Link (**vLink**)





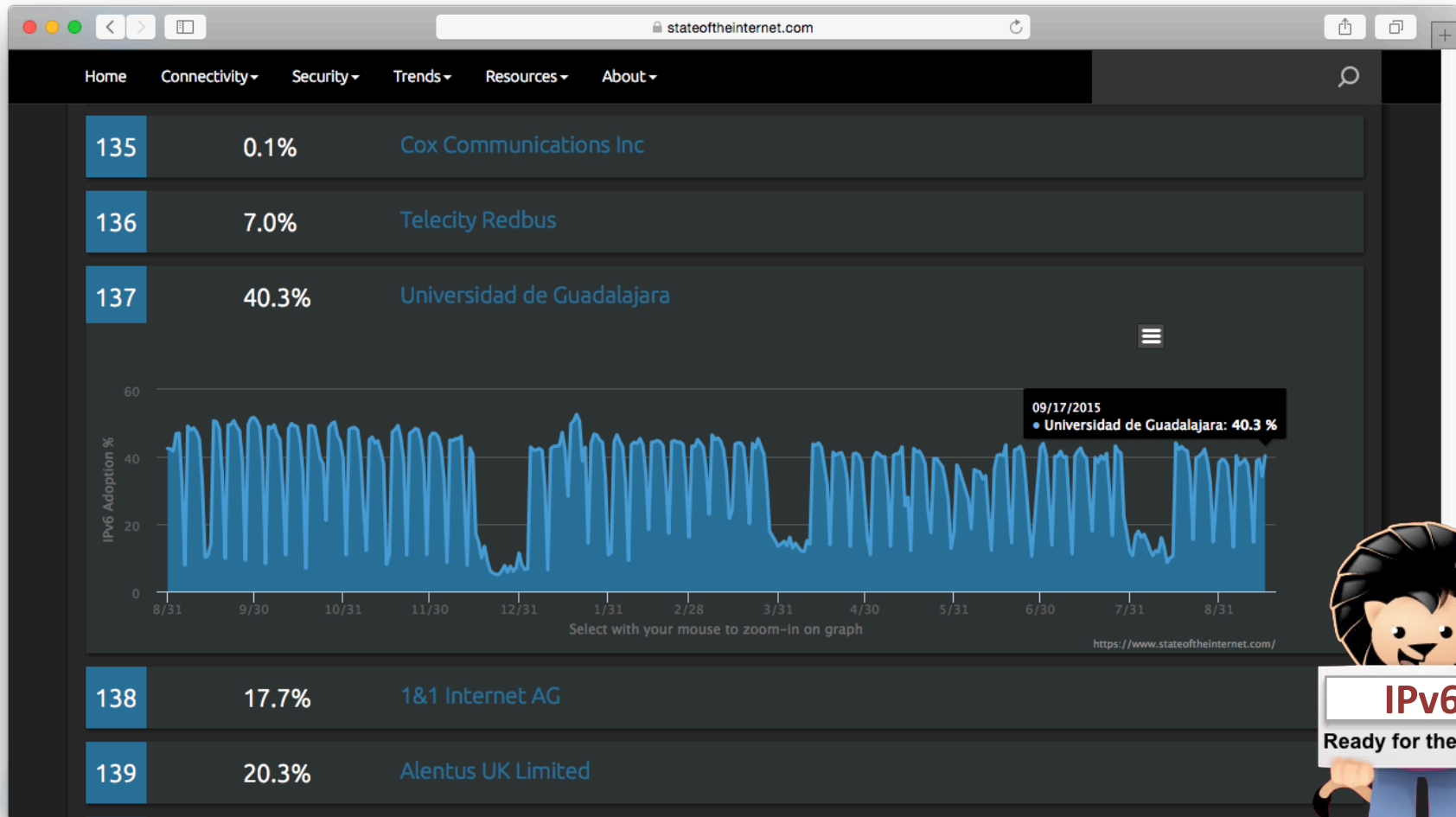
Remember When You Used
to Get Excited about Networking?

It's that time again



Dual-stack network UDG

Trends visualizations IPv6 adoption:
<https://www.stateoftheinternet.com/>





Dual-stack network UDG

World IPv6 Launch:

<http://www.worldipv6launch.org/>

many visitors to a specific website are using IPv6, how many networks have significant IPv6 deployment, and how much traffic at an Internet exchange is using IPv6?

Network operator measurements, 10th September 2015

To understand our IPv6 Deployment metric, please [read the notes below](#). Results are ranked by overall traffic volume. Hover over Participating Network name to see deployment trends for the Top 10.

Show 10 entries Search:

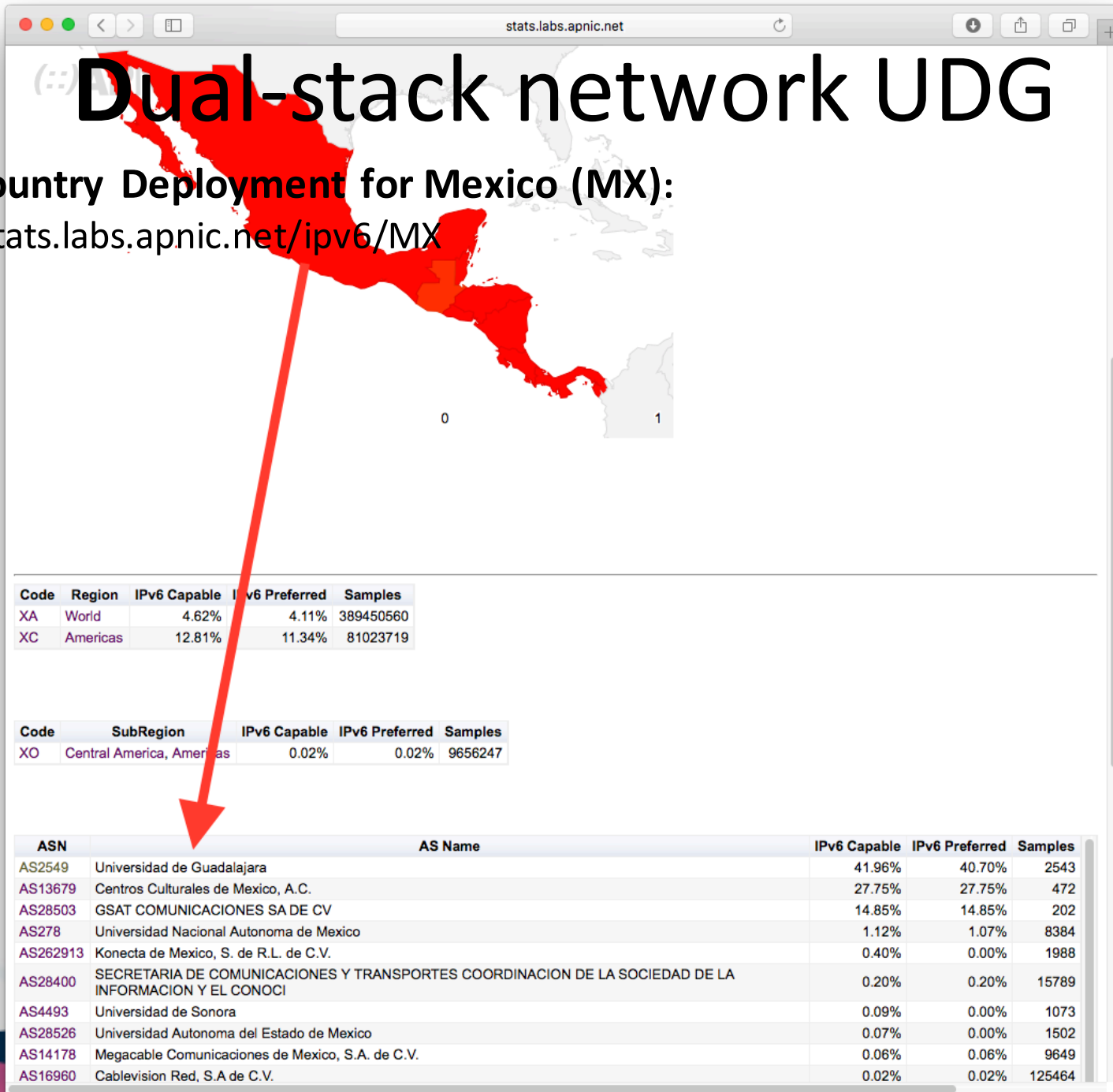
Rank	Participating Network	ASN(s)	IPv6 deployment
71	University of Iowa	3676	52.65%
72	Monash University	56132	31.73%
73	Fastweb Spa	12874	0.32%
74	Deutsche Glasfaser	60294	41.02%
75	University of Buffalo	3685	53.57%
76	SWITCH	559	9.22%
77	FCCN	1930	16.20%
78	University of South Florida	5661	40.03%
79	Greek Student Network	197121	12.43%
80	Universidad de Guadalajara	2549	32.40%

Showing 71 to 80 of 281 entries

First Previous 6 7 8 9 10 Next Last

Percentage of Alexa Top 1000 websites currently reachable over IPv6







- Jaime Olmos de la Cruz
@olmosv6
jaime@noc.udg.mx
<http://www.ipv6.udg.mx>

- Teobaldo Leal Arriaga
tleal@initel.com.mx
<http://www.initel.com.mx>