

Aplicando SDN y NFV a Industria 4.0

El caso del CFAA (Centro de Fabricación Avanzada Aeronáutica)

Eduardo Jacob, Jasone Astorga, Juanjo Unzilla, David García, Josu Aramberri, Norberto López de la Lacalle

Eduardo.Jacob@ehu.eus

Industria 4.0 frente a Industria Conectada 4.0

- El concepto
 - En otros países
 - Industrie 4.0 (en alemán) aparece en 2011 en la Feria de Hanover de Alemania
 - En 2013 en la misma feria: informe de este concepto y su futura implantación
 - Septiembre de 2015 el Parlamento Europeo adopta como suyo el concepto de la Industria 4.0
 - En España
 - 2014 el Gobierno de España lanza la iniciativa Industria Conectada 4.0 (IC4.0)
 - Añade al concepto “Industria” la capacidad de la “Conectividad”, elemento clave en la transformación digital de la industria y de los servicios afines.
 - Esta iniciativa está alineada y es complementaria a dos iniciativas nacionales: la Agenda Digital y la Agenda para el Fortalecimiento del Sector Industrial en España, aprobada por el Consejo de Ministros el 11 de julio de 2014.

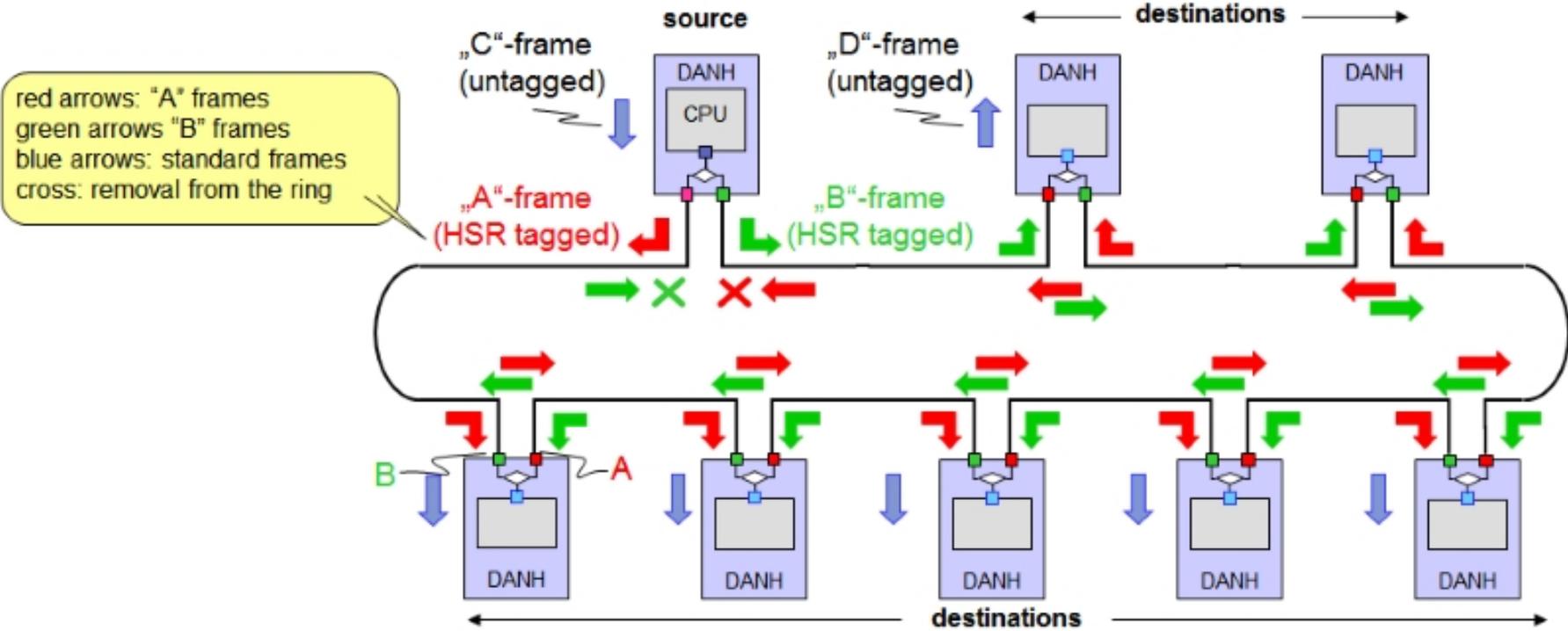
¿Digitalizar o Conectar?

- ¿Es lo mismo digitalizar que conectar?
 - Digitalización:
 - Trasplantar tecnologías de la información a la industria.
 - Aplicaciones sobre equipos ya conectados.
 - **El potencial de innovación está limitado.**
 - Conectar:
 - Habla de trasplantar tecnologías de la comunicación a la industria.
 - Se posibilita interconectar mundos hasta ahora desconectados.
 - **Nuevas oportunidades para innovar.**
- Conectar es la especialidad de la Ingeniería de Telecomunicación
 - En particular, la **Ingeniería Telemática** (la ingeniería de Internet)

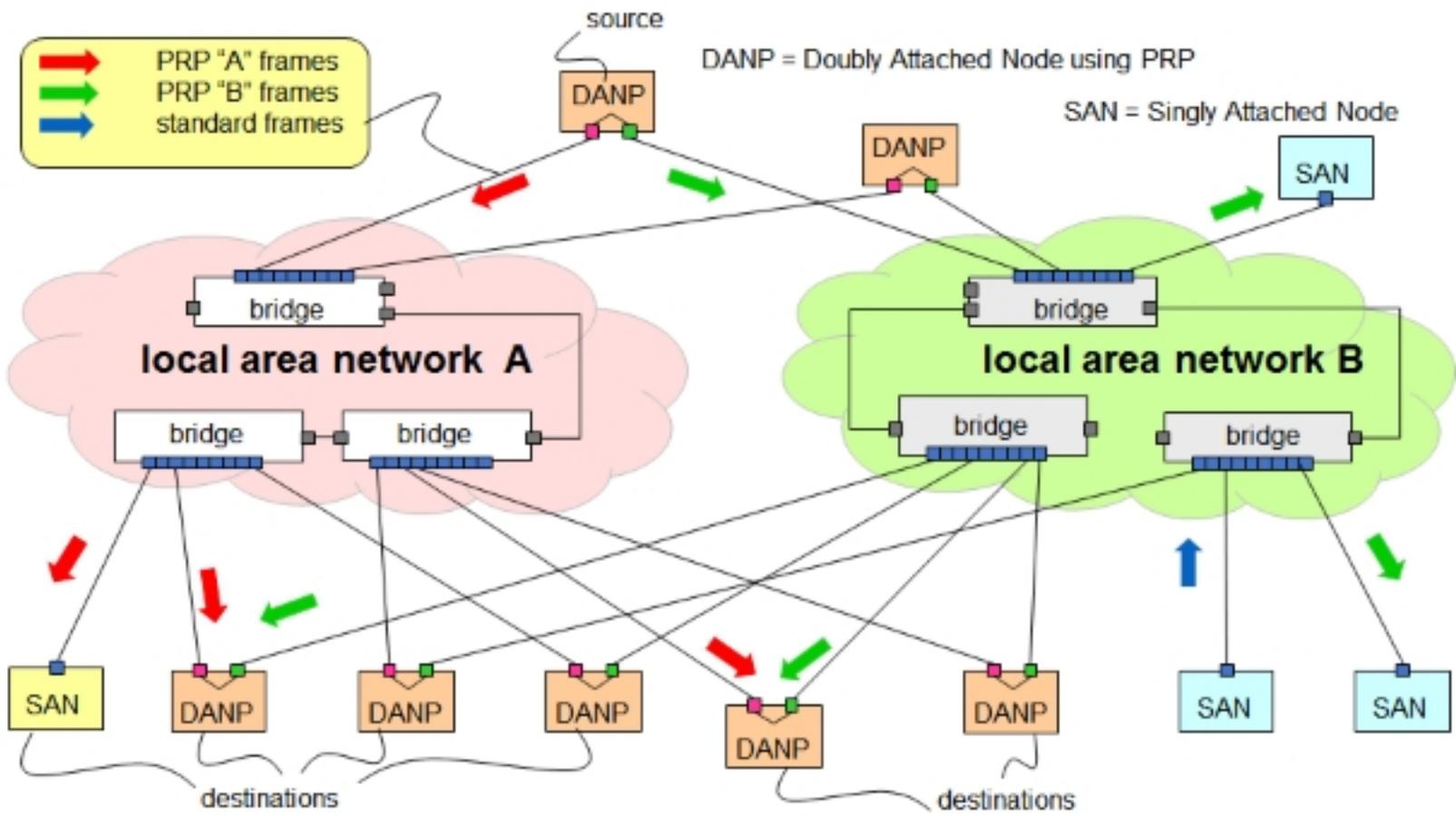
Las redes en la Industria

- No son redes tradicionales
 - Con autómatas programables (PLC) y sus protocolos.
 - Modbus, Profibus
 - Con protocolos estandarizados propios que responden a necesidades específicas:
 - Ethernet Industrial: (IEC 62439-3:2016)
 - HSR (High-availability Seamless Redundancy)
 - PRP (Parallel Redundancy Protocol)
 - SmartGrids (IEC-61850)
 - GOOSE (Generic Object- Oriented Substation Events)
 - SV (Sampled Values)
 - MMS (Manufacturing. Message Specification)
 - ...
 - Con proveedores específicos del sector:
 - Siemens, Bosch,

HSR (High-availability Seamless Redundancy)



PRP (Parallel Redundancy Protocol)



IEC 61850

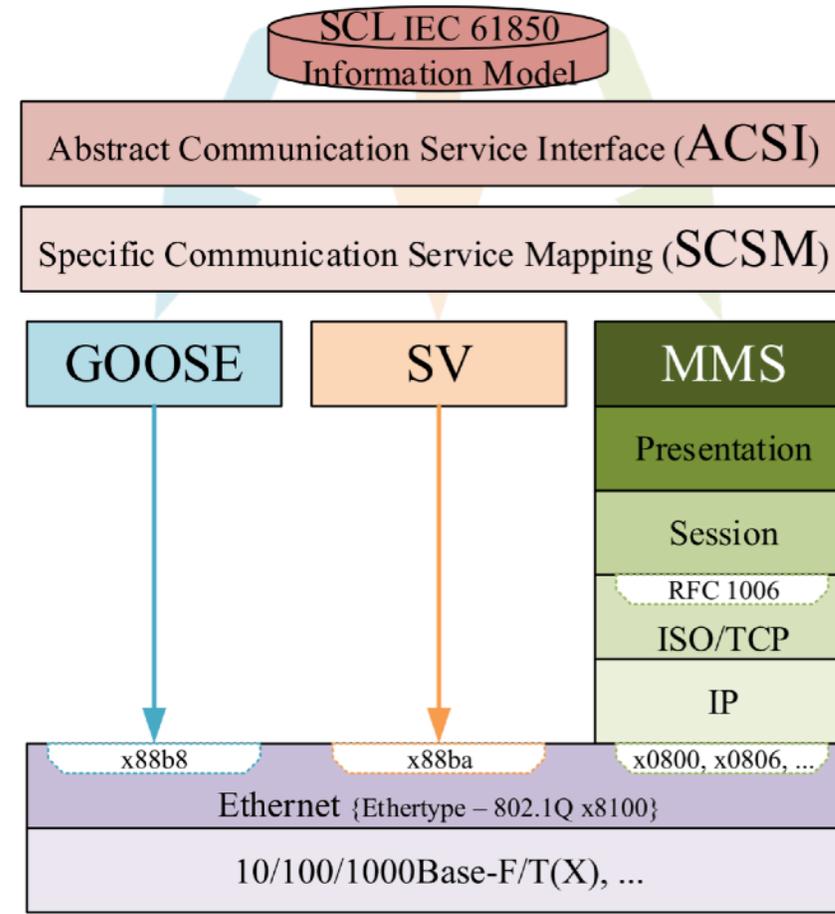
Smart Grids

- Convergencia y estandarización

IEC 61850

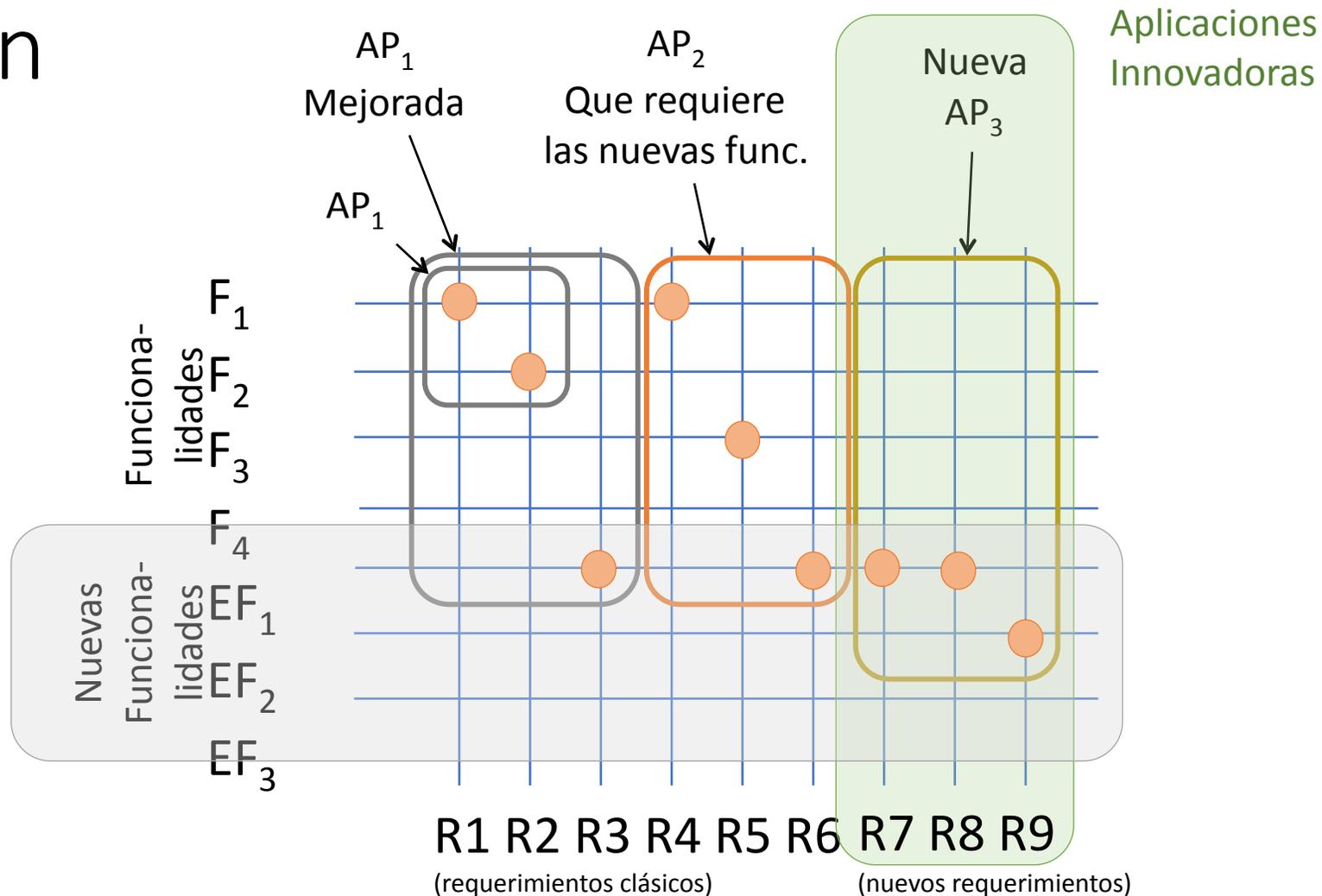
- Automatización de subestaciones eléctricas
- Lenguaje común de configuración
- Servicios de comunicación
 - Esquema cliente/servidor
 - Esquema publicador/suscriptor ⇨ Alta prioridad

Aplicación	Mensaje	Retraso	Ancho de banda	Máx. tiempo recuperación
Bus de proceso	SV	< 4 ms	Alto	0 s
Protección	GOOSE	< 3 ms	Bajo	0 s



La innovación

- Con las nuevas funcionalidades
 - Se pueden mejorar aplicaciones existentes.
 - Se pueden crear nuevas aplicaciones para requerimientos conocidos.
 - Se puede desarrollar aplicaciones para nuevos requerimientos



No se trata de hacer lo de siempre de otra manera...

¡¡¡Es hacer cosas nuevas!!!

Eduardo Jacob - JT RedIRIS 2018 – 8-10 de Mayo de 2018 -
Salamanca

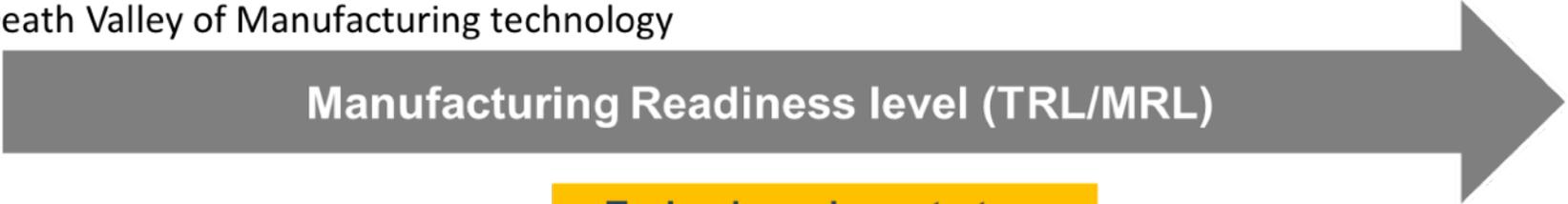
The CFAA, a new collaborative space

CFAA
Fabrikazio Aeronautiko Aurreratuko Zentroa
Centro de Fabricación Avanzada Aeronáutica



The CFAA : working of MRL 5-6

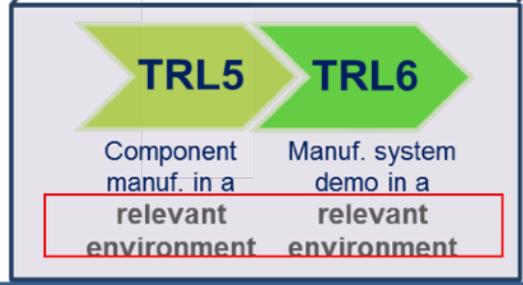
Aimed at the Death Valley of Manufacturing technology



Universities, Technological centres, R&D units

**Technology demonstrators
TRL4 a TRL7**

Industrial innovation units and organisations



RELEVANT ENVIROMENT : MACHINES WITH SAME SIZE AND FUNCTIONS !!!



Success ratio: 1 out of 400 ideas

The CFAA : members

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

CFAA = win^{win} The CFAA equation

Fabricación Avanzada Aeronáutica
Centro de Fabricación Avanzada Aeronáutica



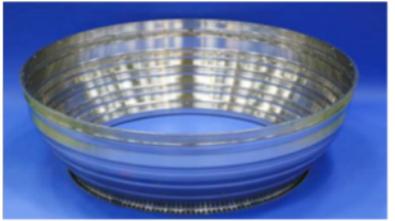
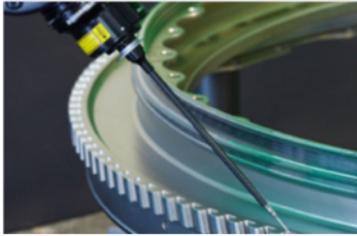
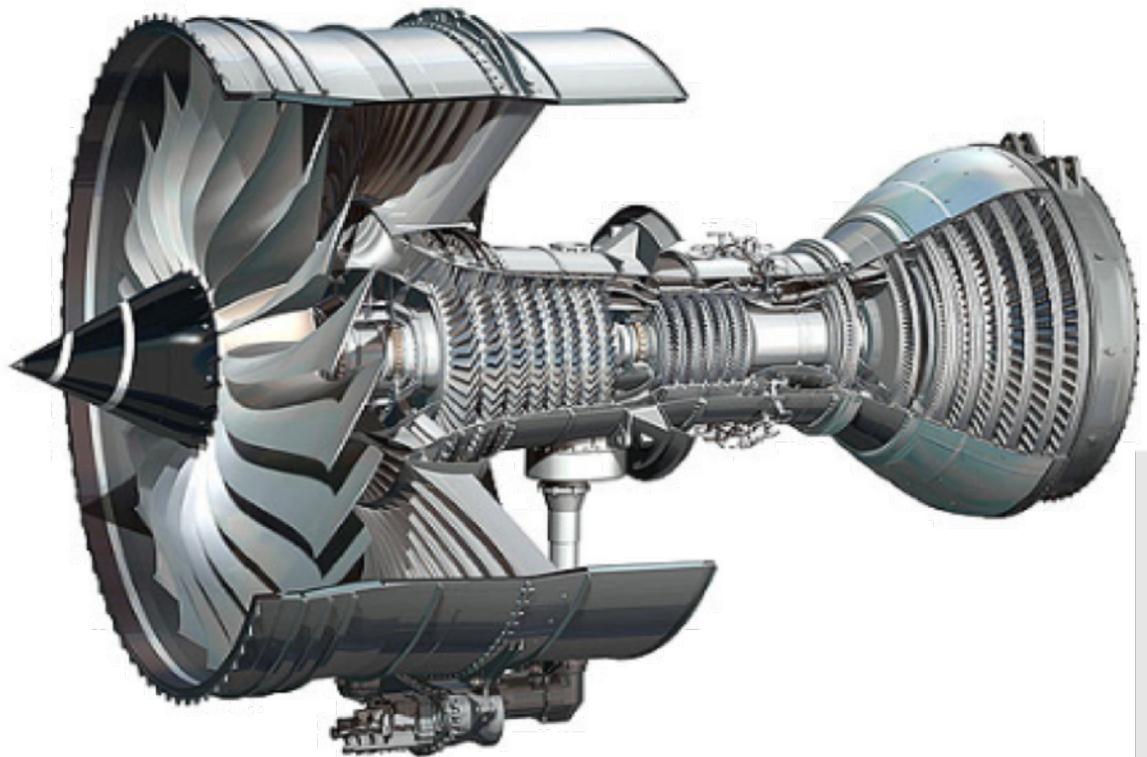
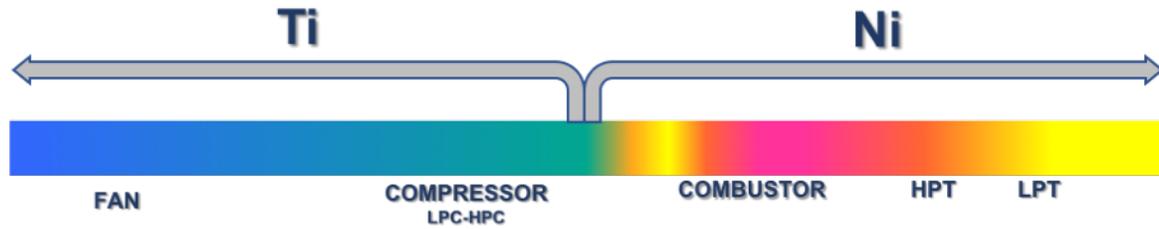
EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO



Bizkaia
foru aldundia diputación foral



Aeroengines: how are they? What do we need!



disks

blisks

cases

vanes

LPT and power turbines

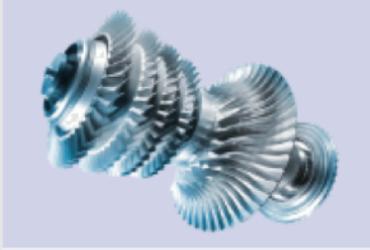
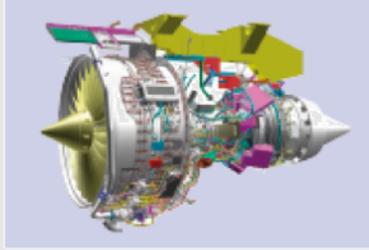
Hot radial structures



Exhaust systems

Externals

Compressors



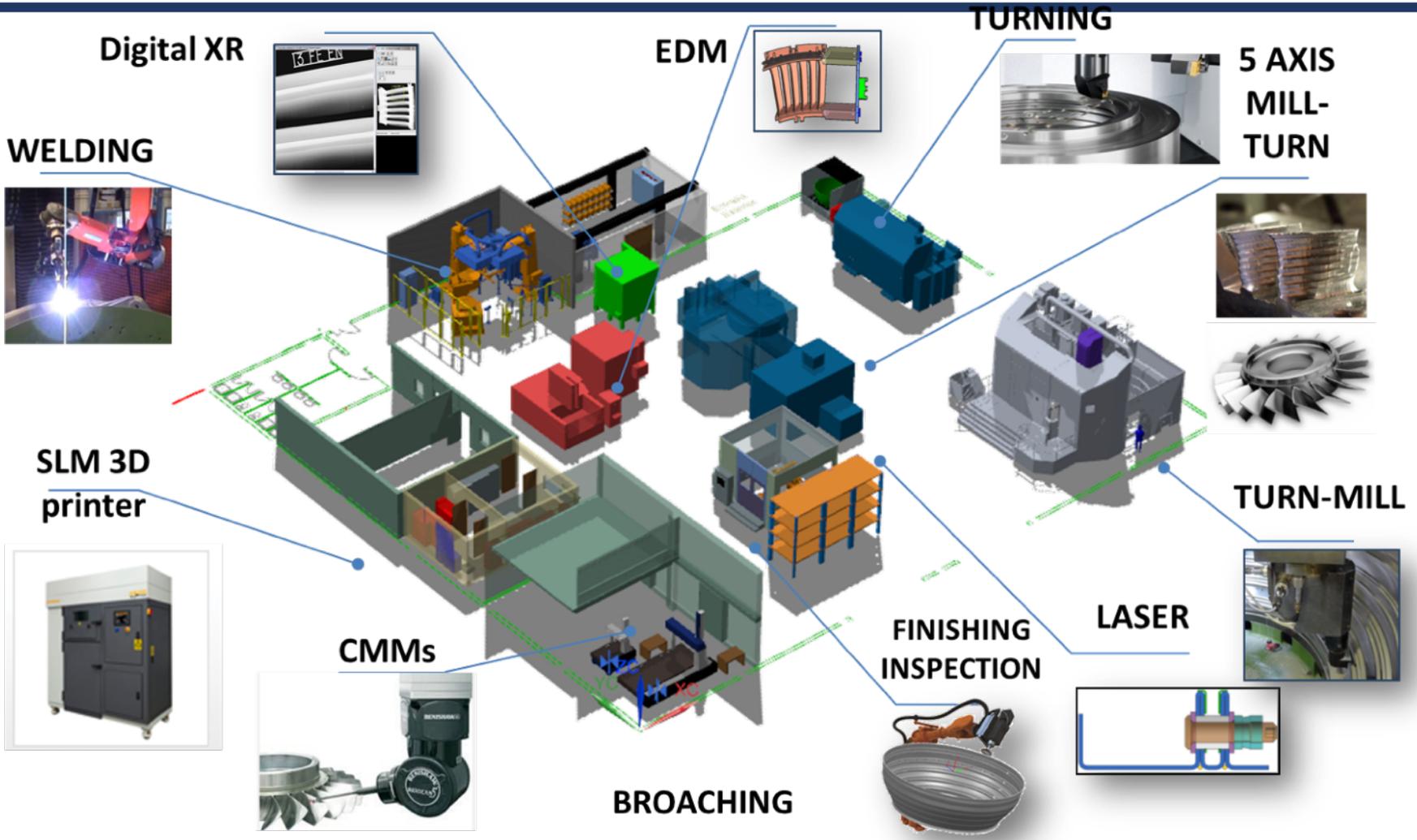
The CFAA : working of MRL 5-6

Two "souls" in CFAA:

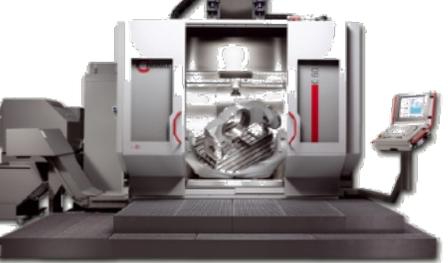
Aeroengines



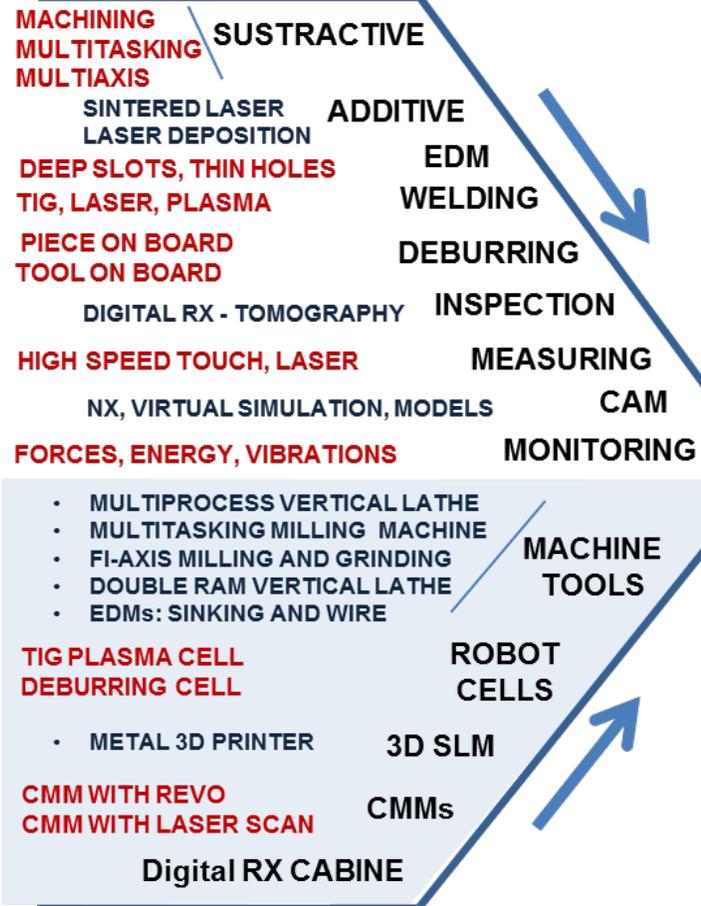
Machine tools and technology providers



The CFAA : working of MRL 5-6



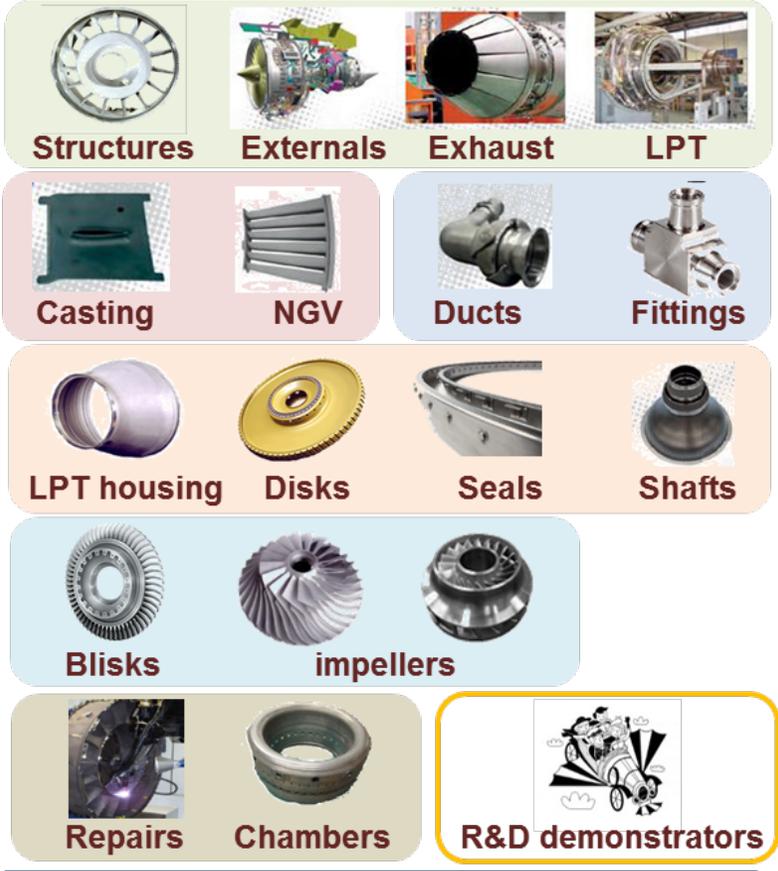
TECHNOLOGY



MACHINES- FACILITIES



RESULTS – Tech. and economic



- Machine Tools:**
- Tech Improvements
 - Trusted partner
 - “Name” in the market
 - Showcase effect

Una infraestructura...

- Para acompañar la innovación en los aspectos relacionados con redes

- Brings telco proven technologies to Industry 4.0

- Software Defined Networking (SDN)
- Network Function Virtualization (NFV)
- High bandwidth (>10Gbs)
- Low delay and jitter
- Cloud based.
- 5G

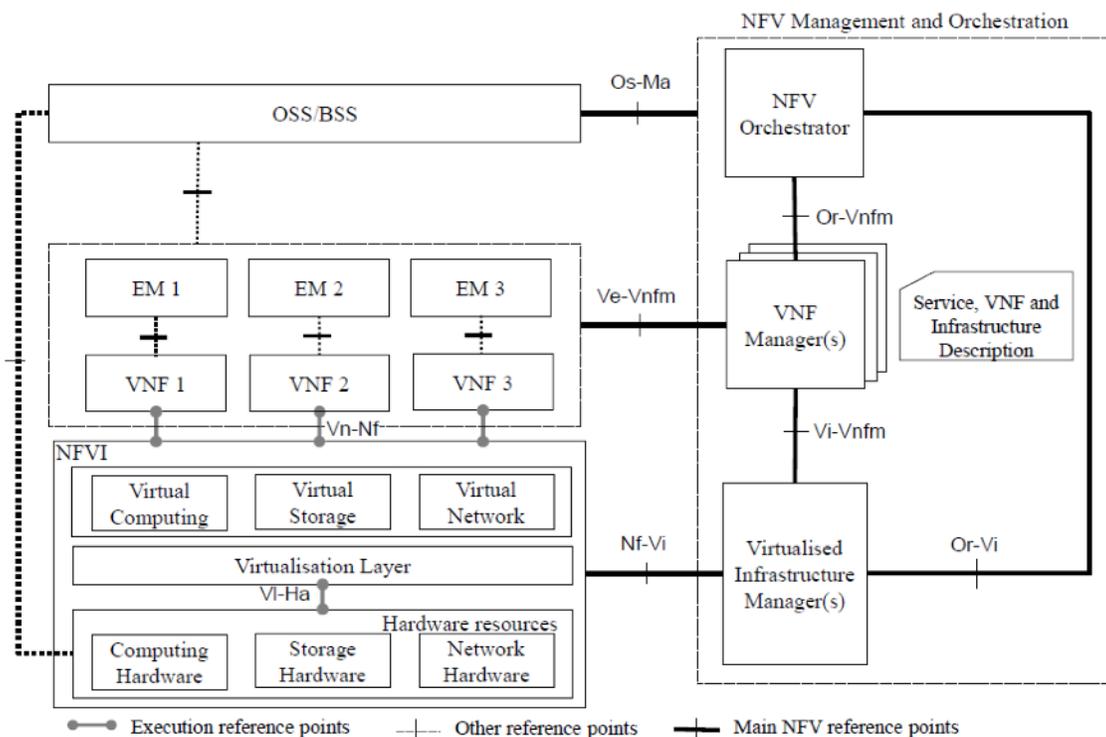


A new paradigm!

- Not about doing the same things with new tools...
- A playground to experiment with new exciting features
 - Process isolation (from physical manufacturing process to process control through data collection and treatment).
 - Private/Secure by design.
 - Supporting new IoT technologies.
 - Hardware supported isolation (identity, performance, access, security...).



NFV (y SDN): Implementación ETSI OSM



- SO (Service Orchestrator):



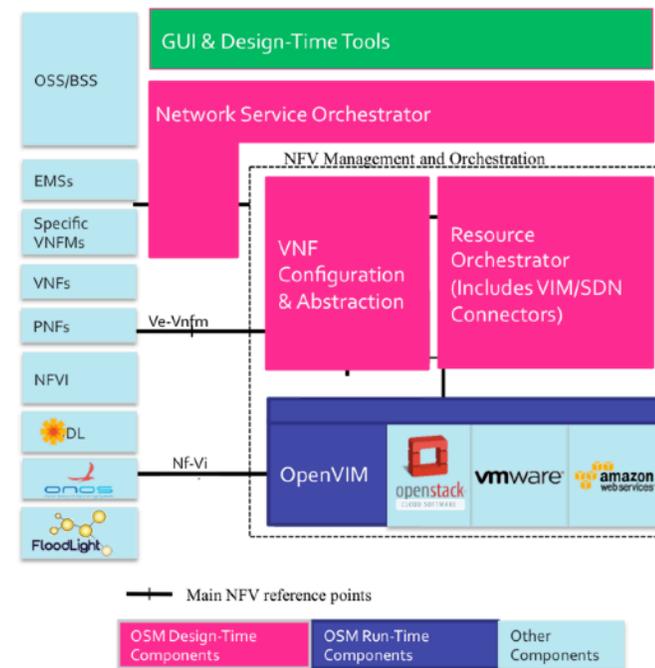
- RO (Resource Orchestrator)



- VCA (VNF Configuration & Abstraction)



$$VCA + RO = NFVO + VNFM \text{ (ETSI)}$$



Desplegar experimentos

- Utilizando NFV
 - Descriptores de Servicios de Red (Network Services, NS)
 - VNF + VL
 - Se lanzan al MANO
 - Lanza las componentes
 - Al VIM (OpenStack, OpenVIM)
- Utilizando SDN
 - Se conectan las VMs que están en distintos “Compute Nodes” o dentro del mismo a alta velocidad...

Descripción de Servicios

- “Network Service Descriptor” y “Virtual Network Function Descriptor”:

Descripción de Servicios

- “Network Service Descriptor” y “Virtual Network Function Descriptor”:
 - Representación yaml.
 - Ejemplos de la Wiki de OSM*

* [https://osm.etsi.org/wikipub/index.php/Reference_VNF_and_NS_Descriptors_\(Release_THREE\)](https://osm.etsi.org/wikipub/index.php/Reference_VNF_and_NS_Descriptors_(Release_THREE))

Descripción de Servicios

- “Network Service Descriptor” y “Virtual Network Function Descriptor”:

Reference NS#1: Testing an endpoint VNF

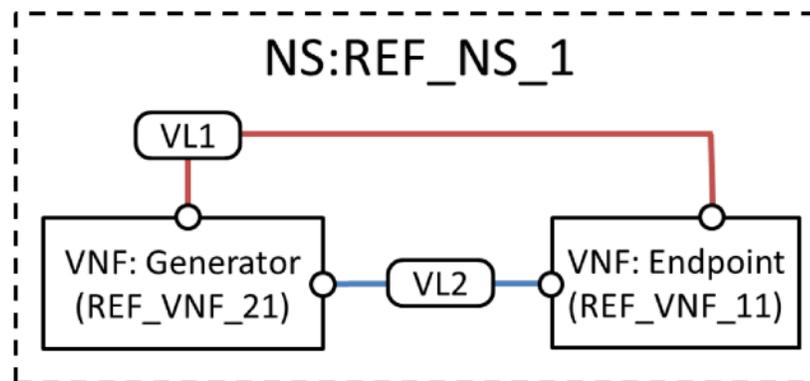
The following network service captures a simple test setup where a VNF is tested with a traffic generator VNF (or a simple VNF/VM with a basic client application). For simplicity, this network service assumes that the VNF under test is the endpoint of a given service (e.g. DNS, AAA, etc.) and does not require special conditions or resource allocation besides the usual in a standard cloud environments.

In this example, unless otherwise specified in the description, the following defaults apply:

- CPs are regular para-virtualized interfaces (VirtIO or equivalent).
- VLs provide E-LAN connectivity via regular (overlay) networks provided by the VIM.
- VLs provide IP addressing via DHCP if applicable.
- Mapping between internal and external CPs may be either direct (as aliases) or via an intermediate VL.
- VIM+NFVI can guarantee predictable ordering of guest interfaces' virtual PCI addresses.

In the case of REF_NS_1:

- When deploying the NS, VL1 would be typically mapped to a pre-created VIM network intended to provide management IP address to VNFs via DHCP.
- DHCP in VL2 may be optional.



Descripción de Servicios

- “Network Service Descriptor” y “Virtual Network Function Descriptor”:

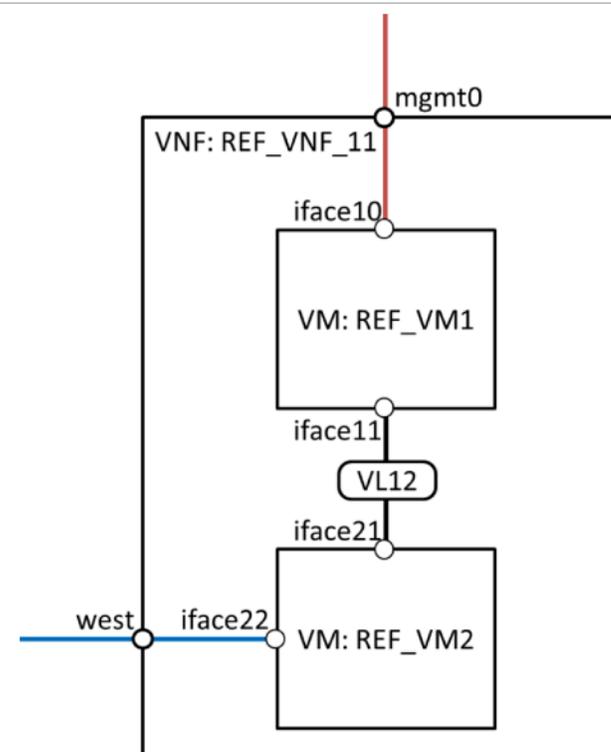
Reference VNF#11: Endpoint VNF

Description in common language

- **Name:** Ref_VNF_11
 - **Component:** Ref_VM1
 - **Memory:** 2 GB
 - **CPU:** 2 vCPU
 - **Storage:** 8 GB
 - **Image:** ref_vm1.qcow2
 - **Component:** Ref_VM2
 - **Memory:** 4GB
 - **CPU:** 2 vCPU
 - **Storage:** 16GB
 - **Image:** ref_vm2.qcow2
 - **Internal Virtual Link:** VL12
 - No DHCP server is enabled.
 - Static addressing may be used at CP iface11 and CP iface21.

OSM VNF descriptor for VNF#11

[VNF11.yaml](#)



Descripción de Servicios

- “Network Service Descriptor” y “Virtual Network Function Descriptor”:

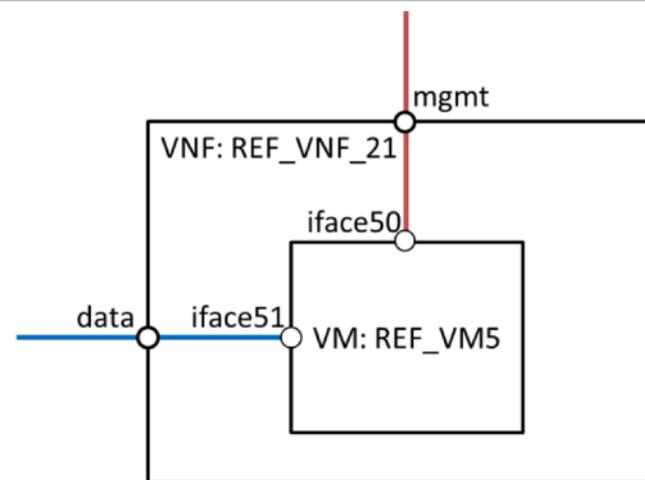
Reference VNF#21: Generator 1 port

Description in common language

- **Name:** Ref_VNF_21
 - **Component:** Ref_VM5
 - **Memory:** 1 GB
 - **CPU:** 1 vCPU
 - **Storage:** 16 GB
 - **Image:** ref_vm21.qcow2

OSM VNF descriptor for VNF#21

[VNF21.yaml](#)

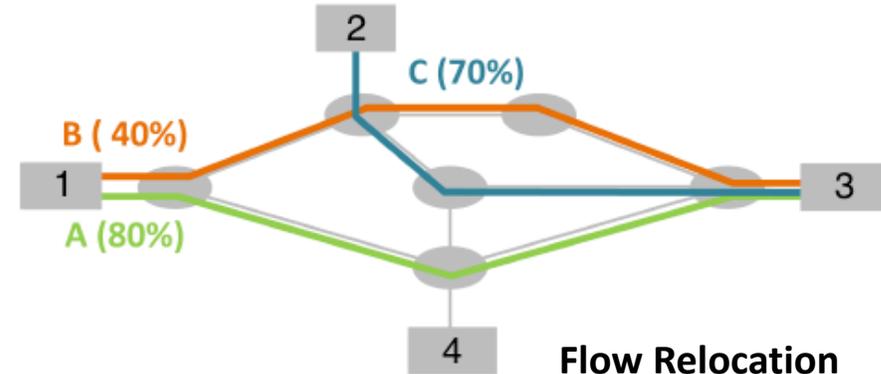
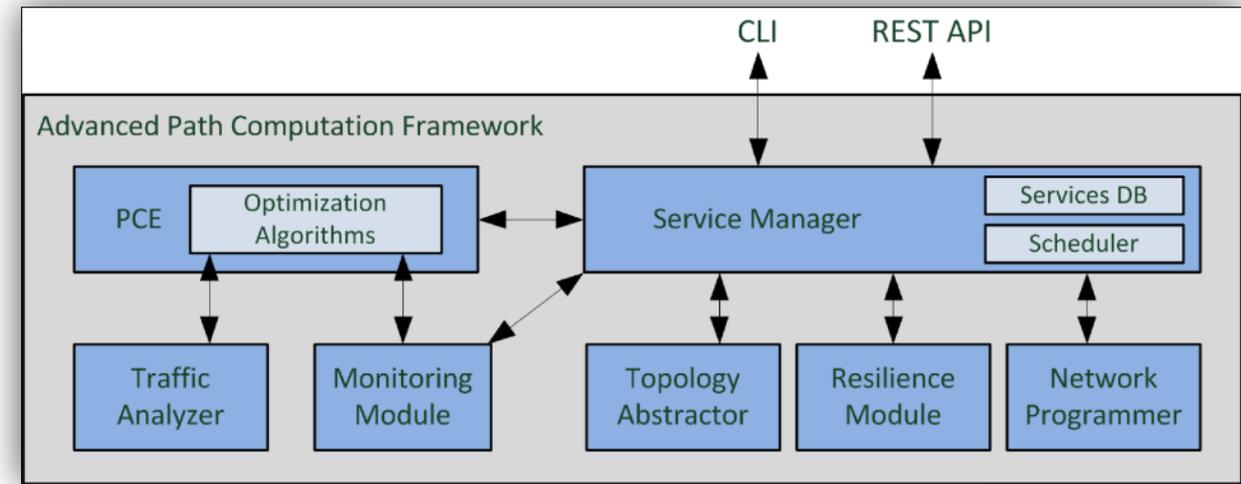


Limitaciones para inter-datacenter

- Los enlaces tienen que estar provisionados por adelantado...
 - Ancho de banda predefinido
 - Reserva permanente o manual
- Solución
 - Un Wide Area Manager (WIM)
 - Un Infrastructure Manager dedicado a la conectividad entre datacenters.
- Propuesta DynPAC
 - Dynamic Path Computation Framework (Resultados de una OpenCall de GN3+, refinado en GN4P1 y GN4P2)

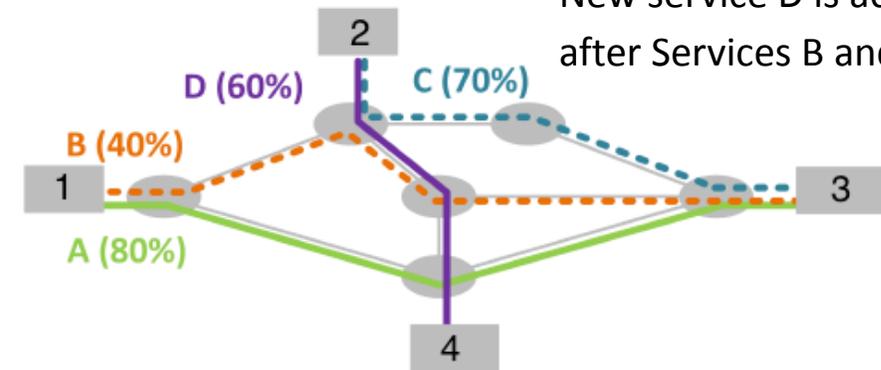
DynPAC

METHOD	URL	EXPLANATION
GET	http://onos_ip:8181/controller/web	Retrieve basic information.
GET	http://onos_ip:8181/controller/web/dynpacServices/node-ports	Retrieve information about the ports available to be part of services.
GET	http://onos_ip:8181/controller/web/dynpacServices/node-services	Retrieve for each node the count of ports available for creating services.
GET	http://onos_ip:8181/controller/web/dynpacServices/get-stp-vlan	Retrieve vlans available for each border port
GET	http://onos_ip:8181/controller/web/dynpacServices/get-stp-vlan-internal	Retrieve vlans available for each port of the internal network
GET	http://onos_ip:8181/controller/web/dynpacServices/get-stp-available-vlans	Retrieve vlans available for a time period for each border port
GET	http://onos_ip:8181/controller/web/dynpacServices/networkSnapshots	Retrieve Network Snapshots present and future.
GET	http://onos_ip:8181/controller/web/dynpacServices/main	Retrieve services defined
POST	http://onos_ip:8181/controller/web/dynpacServices/service	Request a new service.
POST	http://onos_ip:8181/controller/web/dynpacServices/provisionService	Provision a service already requested.
POST	http://onos_ip:8181/controller/web/dynpacServices/releaseService	Release a service provisioned.
POST	http://onos_ip:8181/controller/web/dynpacServices/terminateService	Terminate/Destroy a service

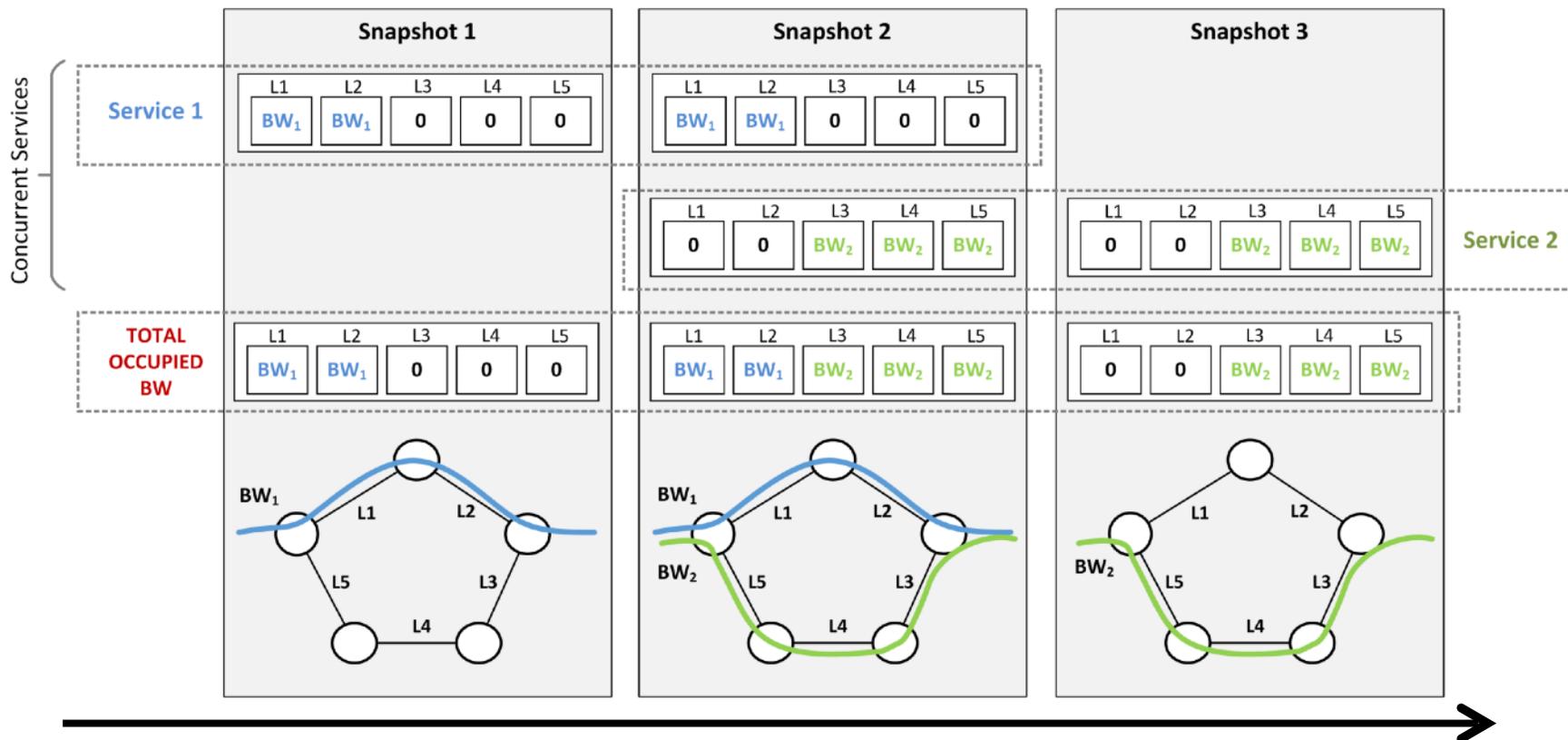


Flow Relocation

New service D is accepted only after Services B and C are relocated.

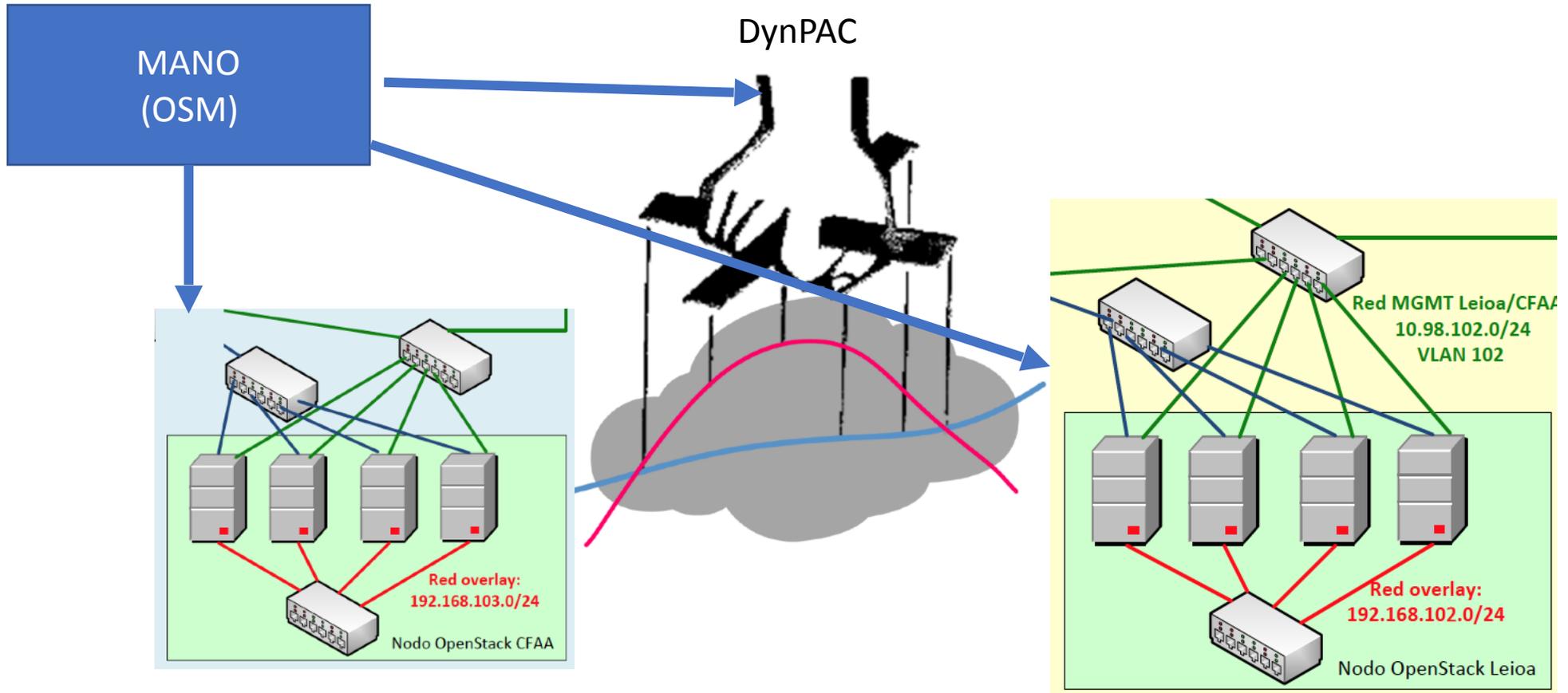


Programabilidad de DynPaC



time

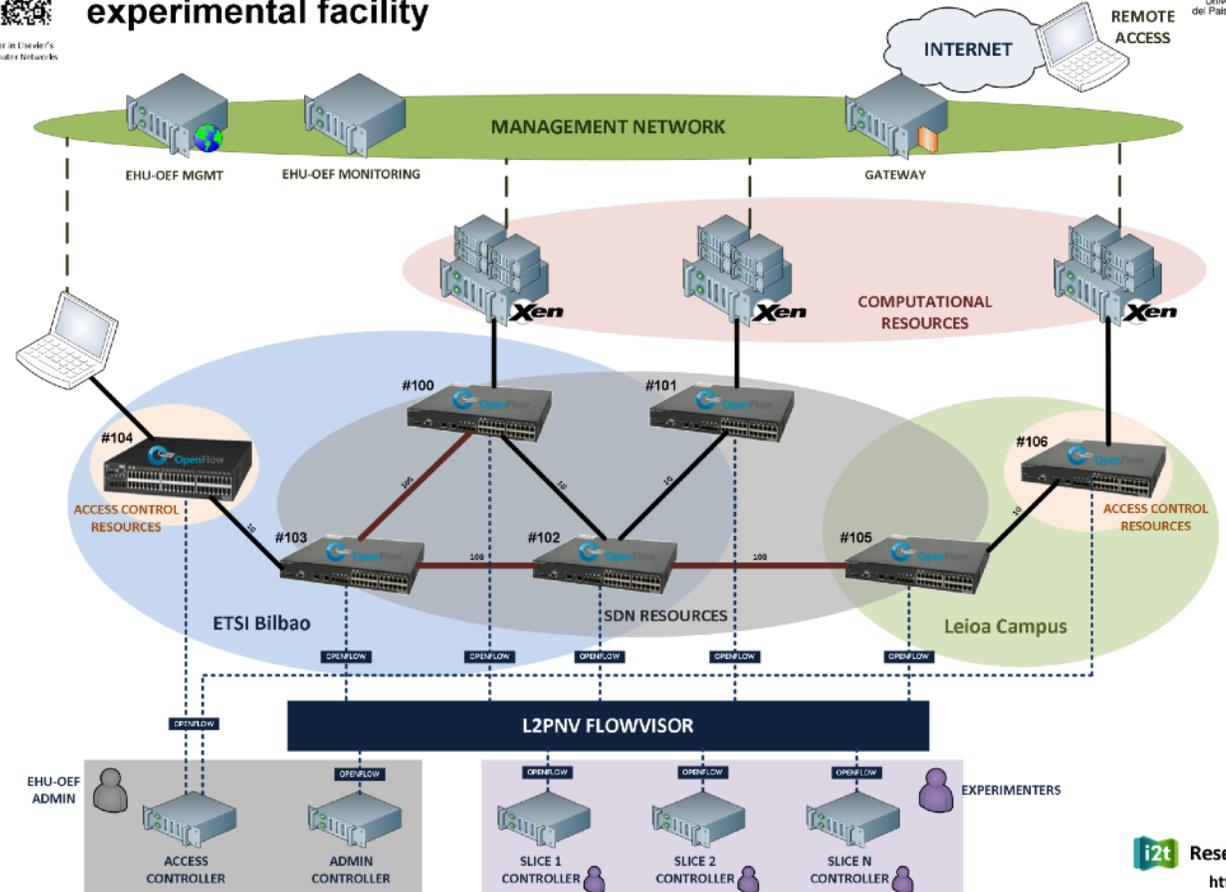
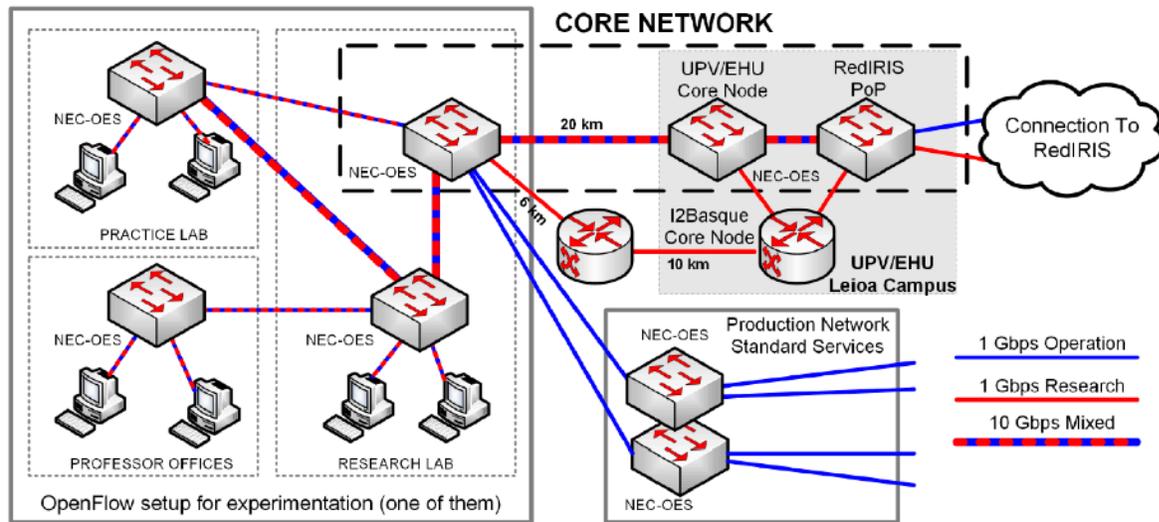
DynPAC como WIM



EHU-OEF (2011-2018)



The EHU-OEF: An OpenFlow-based Layer-2 experimental facility



En parte financiada por



Eduardo Jacob - JT RedIRIS 2018 – 8-10 de Mayo de 2018 - Salamanca



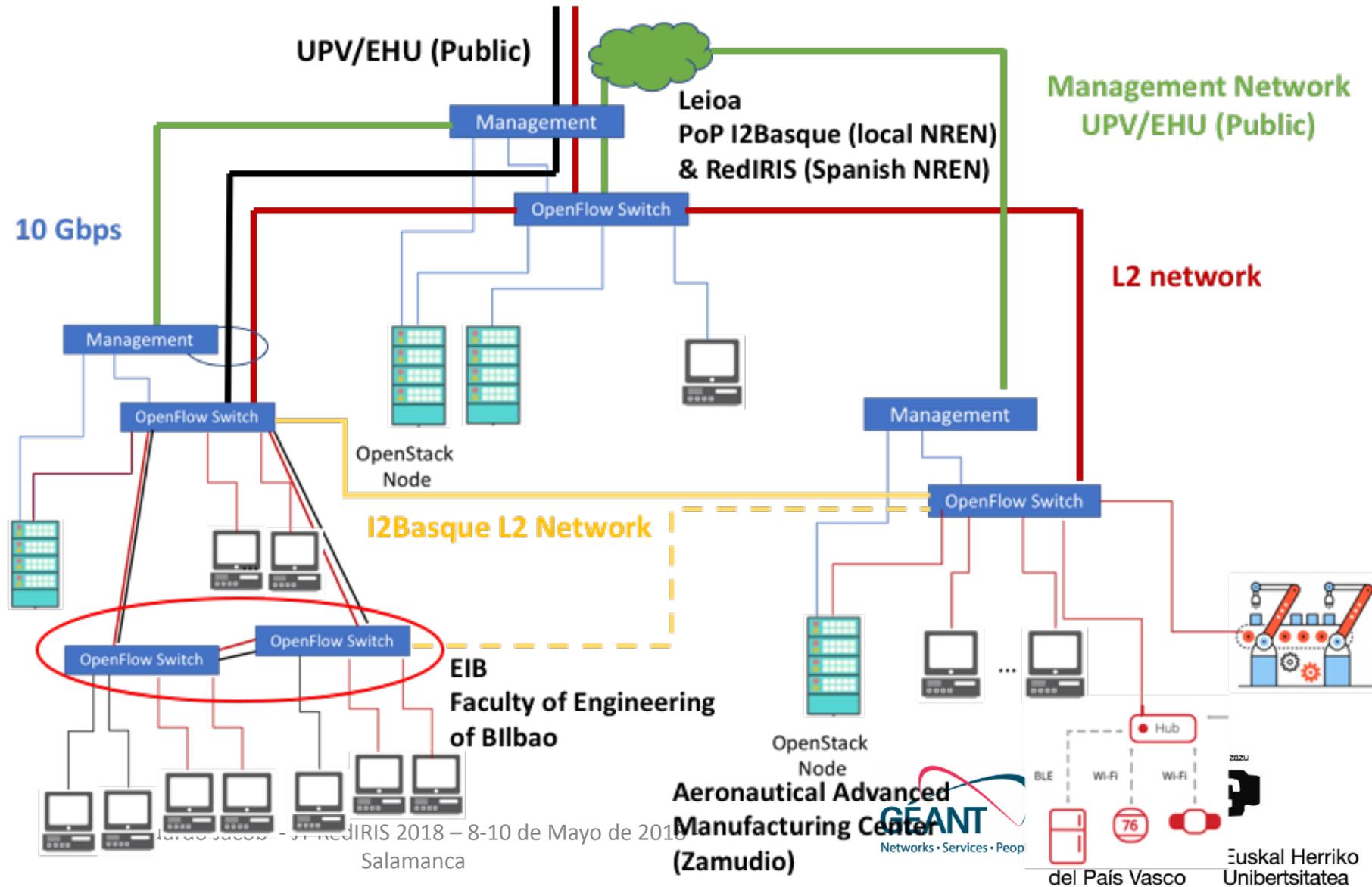
i2t Research Group
<http://i2t.ehu.es>

Jon Milla, Eduardo Jacob, Christian Pinedo, Aitor Mendialdua, Victor Fuentes, Jokin Doray, oman ta zabal zazu

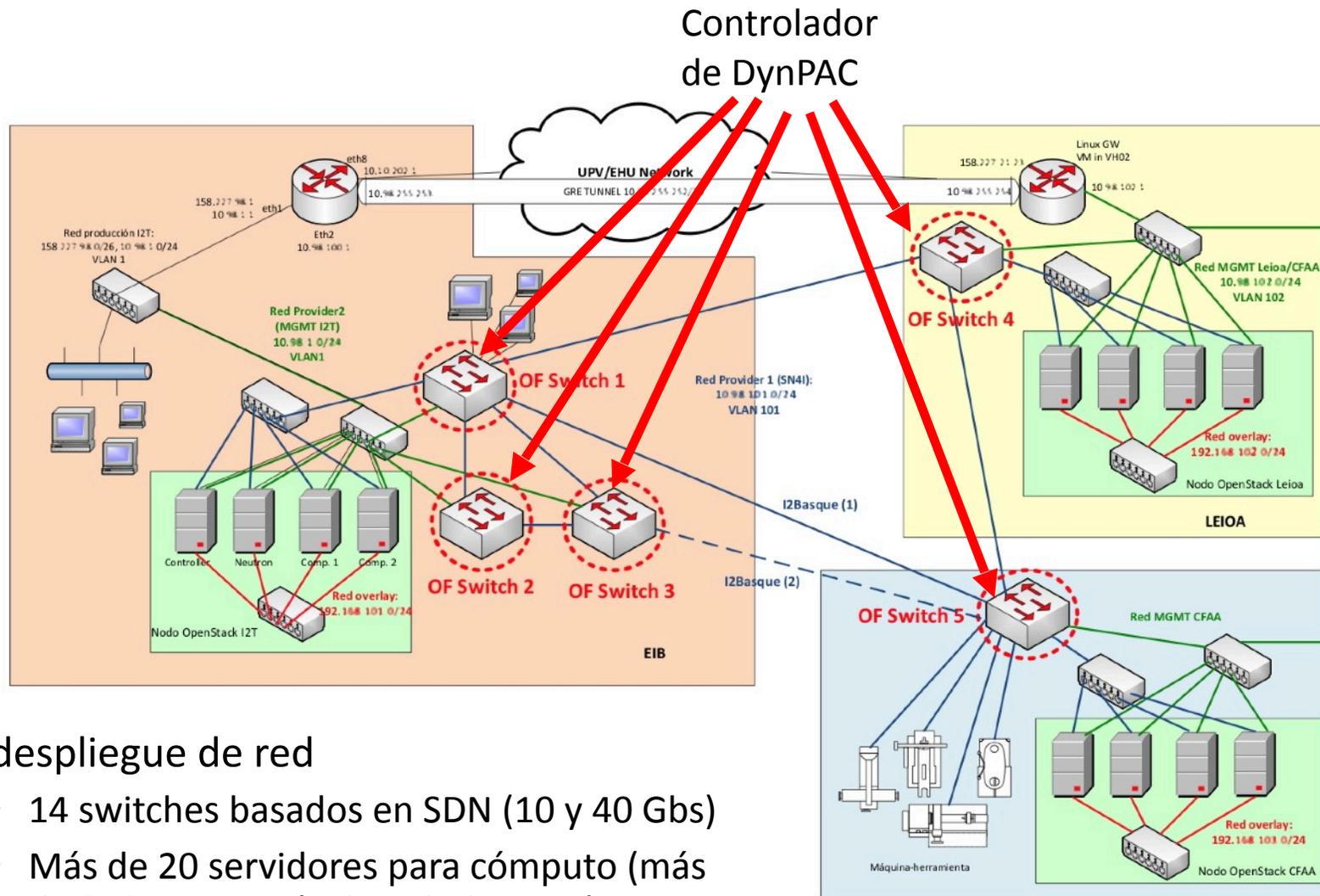


Una nueva plataforma Smart Networks for Industry

- Idea conceptual



Smart Networks for Industry (SN4I) (2018-)



- El despliegue de red
 - 14 switches basados en SDN (10 y 40 Gbs)
 - Más de 20 servidores para cómputo (más de 250 cores, más de 1Tb de RAM)

La innovación es posible a través del uso de SDN y NFV.

- Evaluada en un doctorado industrial
 - Molina E, Jacob E, Matias J, Moreira N, Astarloa A. “Using software defined networking to manage and control IEC 61850-based systems”, Computers & Electrical Engineering. April 2015. Vol. 43, P. 142-154. (doi <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2014.10.016>)
 - Molina E, Jacob E, Toledo N, Astarloa A. “Performance Enhancement of High-Availability Seamless Redundancy (HSR) Networks Using OpenFlow”, IEEE Communications Letters. February 2016. Vol. 20-2, P. 364 – 367. (doi <https://doi.org/10.1109/LCOMM.2015.2504442>)
 - Molina E, Jacob E, Astarloa A. “Using OpenFlow to control redundant paths in wireless networks”, Network Protocols and Algorithms. 2016. Vol. 8-1, P. 90-103. (doi <https://doi.org/10.5296/npa.v8i1.8730>)
 - Molina E, Jacob E. “Software-Defined Networking in Cyber-Physical Systems: a survey”, Computers and Electrical Engineering. February 2018. Vol. 66, P. 407-419. (doi <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2017.05.013>).

El objetivo de “Smart Networks for Industry”

- Permitir alcanzar TRLs 5-6 en soluciones avanzadas basadas en SDN y NFV
 - Posibilitar el despliegue automatizado de nuevos servicios
 - Ofreciendo aislamiento (seguridad y prestaciones) entre servicios (cómputo y red)
 - Representados de manera estandarizada.
 - Ofreciendo servicios avanzados en planta
 - Autenticación y autorización fuertes en SDN
 - Detección de intrusión basadas en SDN
 - Next Generation IoT
 - Integrando productos, soluciones de proveedores industriales, empresas...
 - Telcos, proveedores de soluciones
- Un ejemplo
 - una solución de análisis (Machine Learning) y almacenamiento de variables relevantes del proceso de torneado en una base de datos -> NS
 - Despliegue de sensores y gateway (comercial)
 - Primer preanálisis local: VM en CFAA (open source, VM)
 - Análisis profundo: VM en ESI de Bilbao (Investigación)
 - Almacenamiento; VM y recursos de almacenamiento (servicios corporativos en Leioa).

Muchas gracias



Eduardo.Jacob@ehu.eus

Part of this work is supported by the EC through the Horizon 2020 Research and Innovation Programme (GN4) under Grant 691567, and by Spanish Ministry of Economy, Industry and Competitiveness through the State Secretariat for Research, Development and Innovation under the “Adaptive Management of 5G Services to Support Critical Events in Cities (5G-City) project TEC2016-76795-C6-5-R