



Mejora de las políticas de diseño de infraestructuras wifi según el comportamiento de los usuarios

**David Rodríguez Lozano, Arturo Duran Domínguez, Juan Antonio Gómez Pulido
Ana Gallardo Gómez, Marco Jaraíz Mateos.**

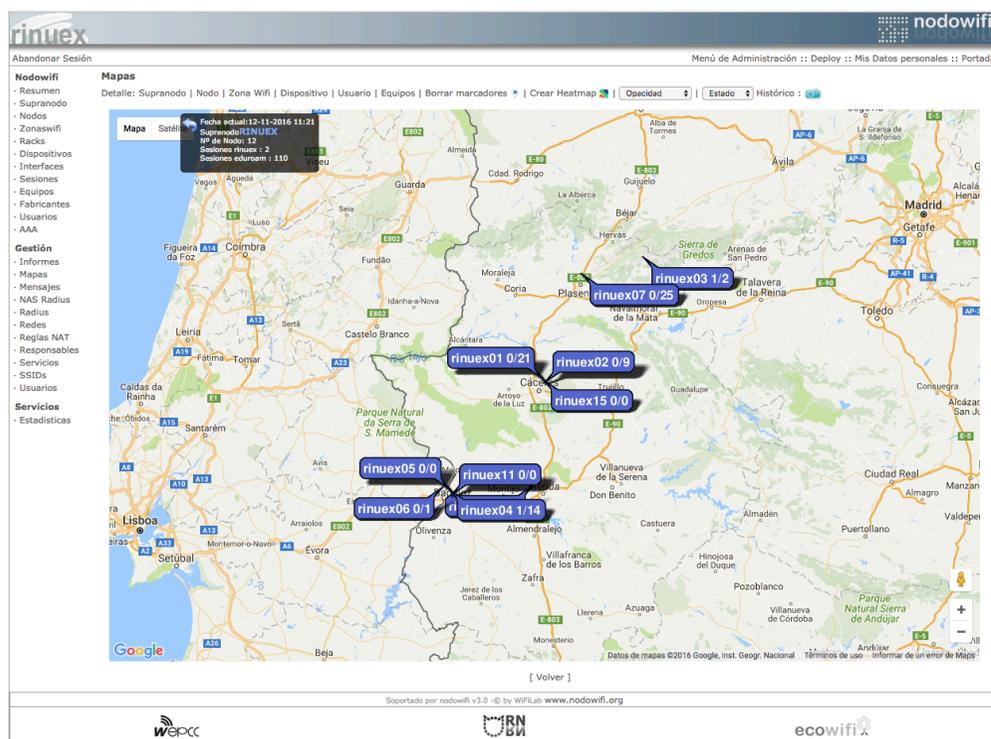
**Laboratorio WIFI y Grupo de Arquitectura de Computadores y Diseño Lógico
Servicio de Informática y Comunicaciones y Escuela Politécnica
Universidad de Extremadura**

INDICE

- Antecedentes: Arquitectura Nodowifi
- Movilidad de los usuarios
- Análisis del comportamiento
- Optimización basada en series temporales
- Optimización basada en sistemas de recomendación
- Conclusiones y trabajos futuros
- Preguntas

Antecedentes

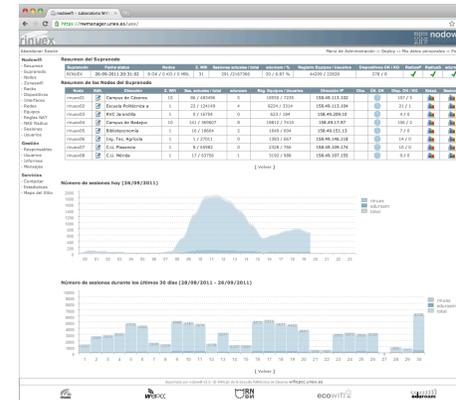
- La Universidad de Extremadura cuenta con 4 Campus: Badajoz, Cáceres, Mérida y Plasencia, con un total de 9 localizaciones geográficamente muy distantes.
- Por costes y eficiencia si implantaron nodos (controladoras WIFI) software en cada localización remota que gestionaban los APs y optimizaban los anchos de banda.



Características principales de la arquitectura: Nodowifi.

Software de gestión y nodos que integran las funcionalidades de:

- ✓ Control de acceso a la red.
- ✓ Monitorización de red.
- ✓ Autenticación.
- ✓ Auditoría de sesiones.
- ✓ Gestión de informes.
- ✓ Proxy/cache de navegación.
- ✓ Control de contenidos.
- ✓ Gestión de ancho de banda.
- ✓ Posibilidad de Balanceo de Carga.
- ✓ Implementado en software libre.



Implementación basada en Software Libre

Debian



Nocat



Nodowifi



Apache



Perl



MySQL



OpenSSL



Squid



PGP



PHP



SSH
DHCP Server
TFTP
NTP
Iptable
IPRoute2
CBQ
TCL

INDICE

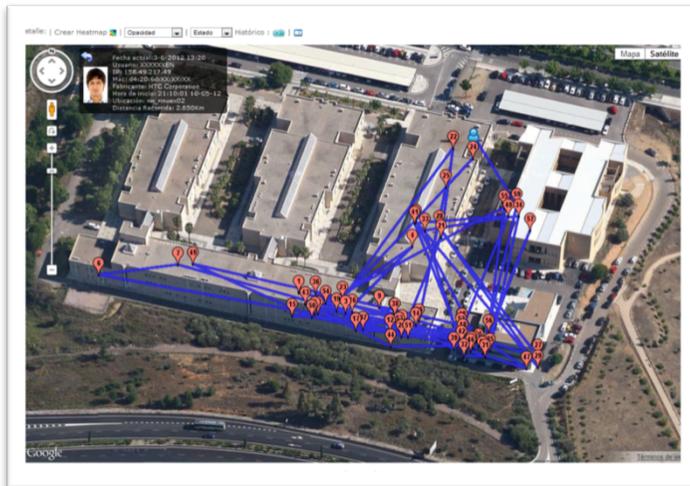
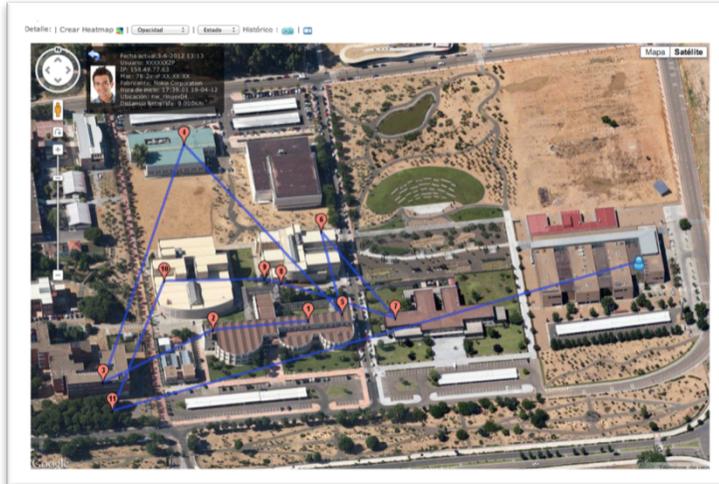
- Antecedentes Arquitectura Nodowifi
- **Movilidad de los usuarios**
- Análisis del comportamiento
- Optimización basada en series temporales
- Optimización basada en sistemas de recomendación
- Conclusiones y trabajos futuros
- Preguntas

Movilidad WIFI: algunos datos de la Uex

- ✓ 700 APs en 4 campus y 9 localizaciones
- ✓ 12 controladoras
- ✓ 20 VLANs
- ✓ 73.000 usuarios
- ✓ 330.000 equipos
- ✓ 324 fabricantes dispositivos
- ✓ 20 Millones sesiones (4,5M en 2016)
- ✓ 50 Millones roamings (13M en 2016)

1,25M KMs recorridos
por los usuarios !!!

Mapas de movilidad y sesiones.

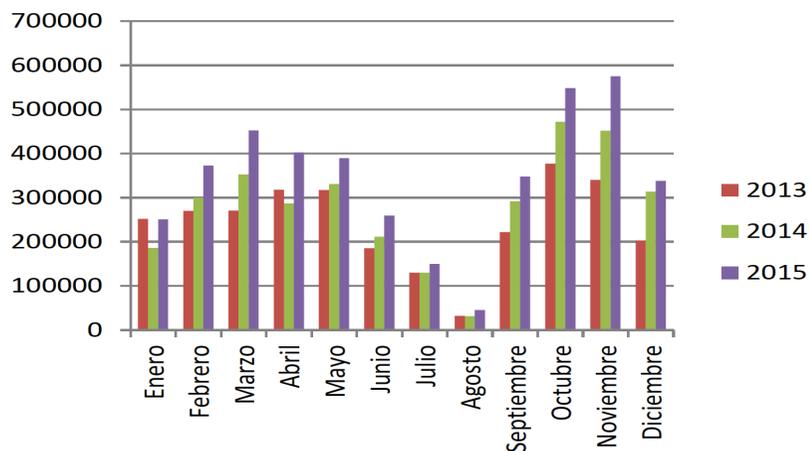


Resumen anual de la red eduroam

AÑO	SESIONES (millones)	DISPOSITIVOS (miles)	USUARIOS (miles)
2010	1,2	42,9	19,2
2011	1,9	62,4	22,5
2012	2,6	82,3	25,8
2013	2,9	92,2	26,7
2014	3,3	104,8	31,1
2015	4,1 (+24,2%)	112,2 (+7,0%)	35 (+12,5%)

- ✓ Incremento medio sesiones 30% anual
- ✓ Mas de 100 mil dispositivos registrados
- ✓ 3 dispositivos por usuario
- ✓ 35 mil usuarios (ALMN+PAS+PDI=25K)

Sesiones por mes



Importante: usuarios eduroam no UEx 2016

- ✓ 4.000 usuarios
- ✓ 436 instituciones
- ✓ 37 países

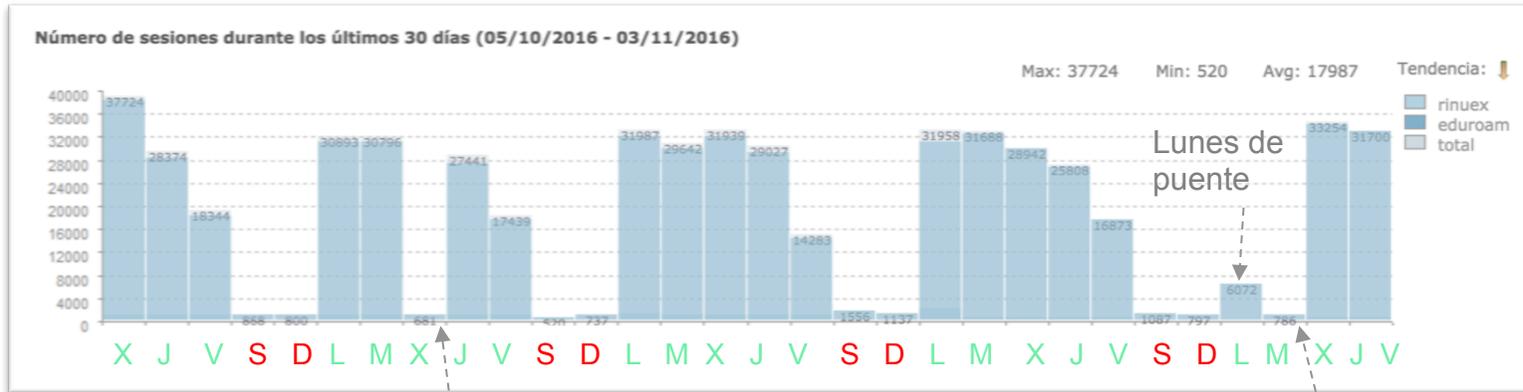
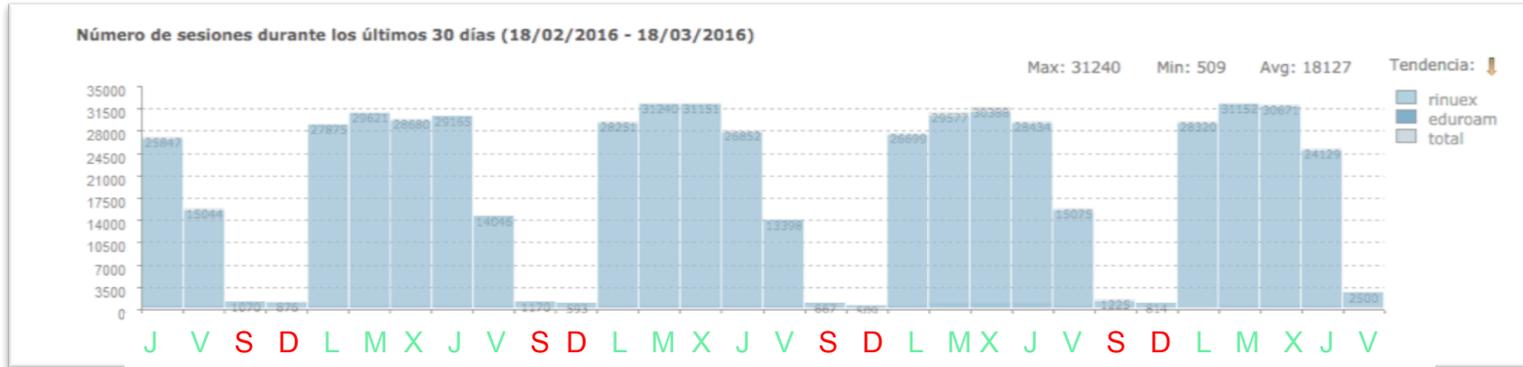
INDICE

- Antecedentes Arquitectura Nodowifi
- Movilidad de los usuarios
- **Análisis del comportamiento**
- Optimización basada en series temporales
- Optimización basada en sistemas de recomendación
- Conclusiones y trabajos futuros
- Preguntas

Análisis de las sesiones de los usuarios: primeras conclusiones

- ✓ Las sesiones por Campus, Zonawifi e incluso por AP se pueden definir como series temporales, tienen:
 - Tendencia (comportamiento a largo plazo).
 - Estacionalidad (anual, mensual, diaria....).
 - Ciclo (comportamiento recurrente, no siempre periódico).
- ✓ Tienen patrones de uso predecibles según el periodo:
 - Periodo lectivo.
 - Exámenes.
 - Vacaciones.
 - Festivos y fines de semana.
- ✓ **Conocemos los calendarios laborales y académicos.**

Graficas de distribución diaria de las sesiones



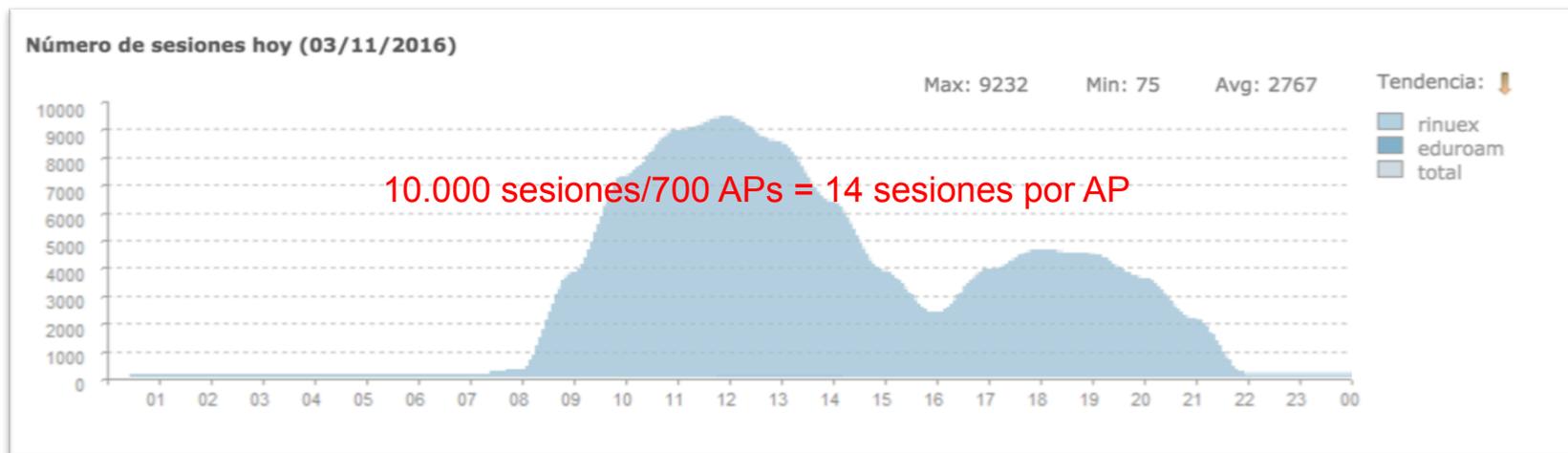
12 de octubre

Lunes de puente

1 de noviembre

Análisis del comportamiento de los usuarios: más conclusiones

- La teoría: La capacidad de la red supera con creces la demanda.



- La realidad, la calidad no siempre es buena, los retos:
 - ✓ Enseñanza y evaluación on-line basados en LMS (Moodle...).
 - ✓ Número creciente de dispositivos (famoso BYOD).
 - ✓ WIFI de calidad en todas partes, a por el 100% de cobertura !!!.
 - ✓ Y todo con una inversión muy limitada.

¿Qué podemos hacer?

Con el análisis de la información anonimizada de sesiones y roamings, se han establecido dos líneas de trabajo:

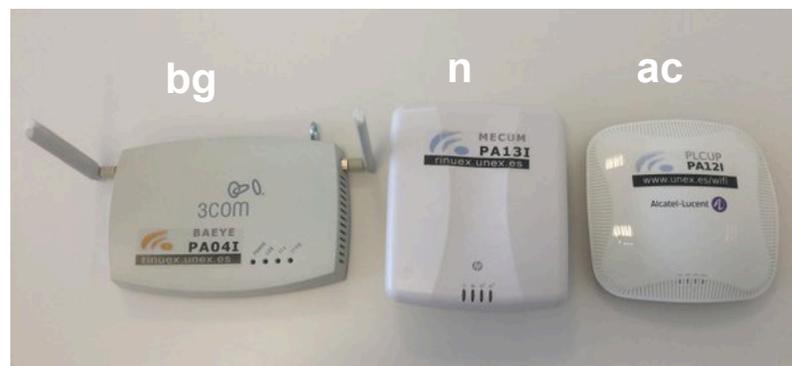
- **Optimización basada en Series Temporales**
 - ✓ Mejorar la ubicación y nº de los APs.
 - ✓ Optimizar el número y uso de las controladoras WIFI.
- **Optimización basada en Sistemas de Recomendación**
 - ✓ Predecir las sesiones y tráfico de los APs.

INDICE

- Antecedentes Arquitectura Nodowifi
- Movilidad de los usuarios
- Análisis del comportamiento
- **Optimización basada en series temporales**
- Optimización basada en sistemas de recomendación
- Conclusiones y trabajos futuros
- Preguntas

Mejorar la ubicación y nº de los APs

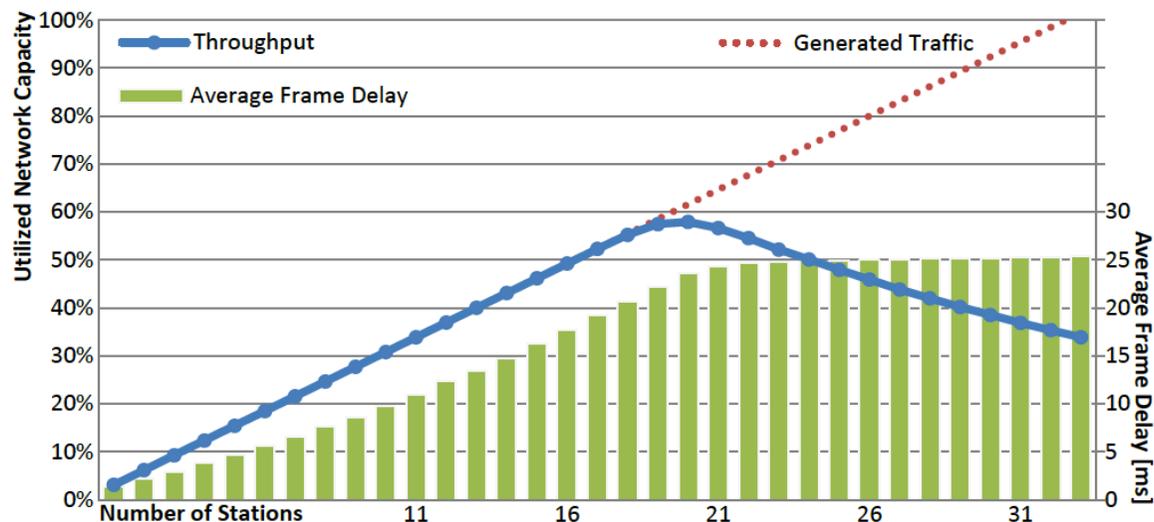
- Partimos de una red WIFI heterogénea con posibilidad de:
 - ✓ Mezclar fabricantes.
 - ✓ Mezclar tecnologías.
 - ✓ Ejecutar tareas y scripts bajo demanda o por eventos.



- Esta flexibilidad nos permite alargar la vida de los APs.

Mejorar la ubicación y nº de los APs

- El rendimiento de los APs decrece con el nº de estaciones asociadas.
- El nº máximo de usuarios depende del tipo de tráfico, la tecnología y recursos del AP.



Throughput and average successful frame delays versus number of smart devices in the network.

Fuente: COMSIS WHITE PAPERS WP/QOSWF2014 "Eciency optimization in WiFi Networks with Enhanced QoS: Boost the utilized network capacity"

Mejorar la ubicación y nº de los Aps: definición de MUC

- MUC = registro del nº **Máximo Usuarios Concurrentes** en cada AP.
- Para cada modelo de AP hemos fijado un valor óptimo de MUC.
- Se realiza un seguimiento e informe diario de los valores.

#PUNTO	MUC	FECHA
PABABIB01I	65	10/11/16 17:50:01
PABABIB02I	60	10/11/16 17:45:01
PABABIB04I	79	10/11/16 19:35:01
PABAITI04I	53	10/11/16 12:40:01
PABAITI05I	59	10/11/16 12:35:01
PABAITI12I	88	10/11/16 11:00:01
PABAITI14I	53	10/11/16 13:05:02
PABAITI24I	56	10/11/16 11:15:01
PABAMED01I	91	10/11/16 11:25:01
PABAMED14I	63	10/11/16 11:25:01
PABAMED20I	111	10/11/16 11:10:01
PABAMED21I	94	10/11/16 11:05:02
PABAMED22I	54	10/11/16 11:00:01
PABAMED24I	92	10/11/16 13:10:02
PABAMED31I	103	10/11/16 09:30:01
PABAMED32I	62	10/11/16 09:10:02
PABAMED33I	77	10/11/16 14:05:01
PABAMED34I	56	10/11/16 11:15:01

Mediante el análisis temporal y seguimiento hemos identificado 180 APs con MUC potencialmente problemáticos.

Ejemplo de informe diario del nodo del Campus de Badajoz

Mejorar la ubicación y nº de los APs

La información y seguimiento del MUC nos permite:

- Sustitución selectiva de APs por equipos de mayor capacidad.
- Reubicación de APs antiguos en zonas de menor demanda.
- Reforzar aulas y zonas con gran demanda de usuarios.
- Implicar a los centros en caso de necesidad de inversión.

En contra:

- A pesar de la automatización, un mayor esfuerzo de operación.

Optimizar el número y uso de las controladoras WIFI

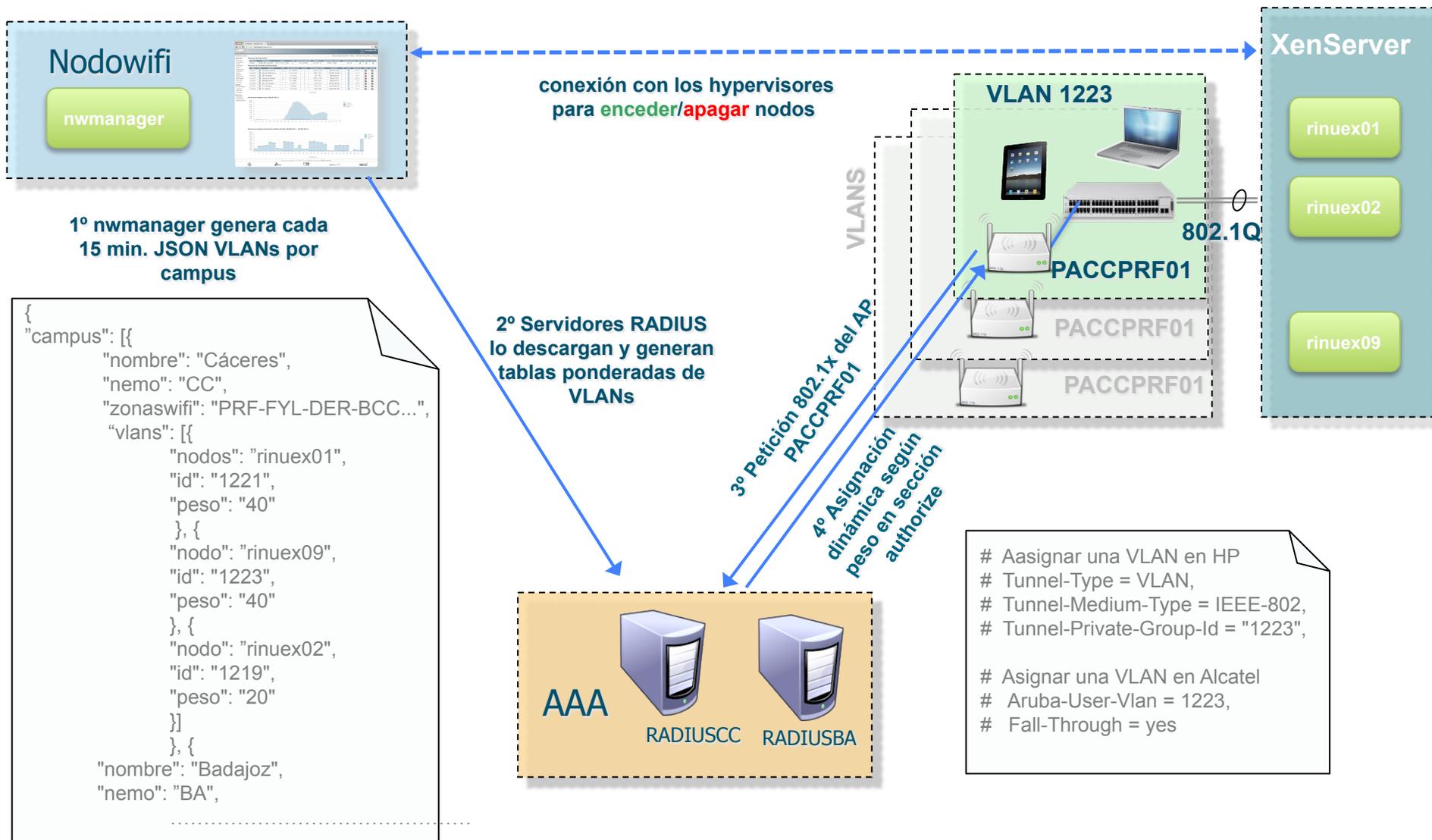
Con el análisis hemos medido y confirmado que:

- El reparto de sesiones por controladora no siempre es equilibrado.
- Tienen baja carga por la noche y periodos no lectivos.
- Con la nueva conectividad 10G se pueden traer a los Campus

Objetivo: Utilizar sólo las controladoras necesarias según el día y hora.

- **Acciones**
 - ✓ Virtualización en XenServer de todas las controladoras WIFI.
 - ✓ Concentrar el tráfico remoto en los CPDs de Badajoz y Cáceres.
 - ✓ Encendido/Apagado automático de las controladoras WIFI.
 - ✓ Reparto y balanceo de tráfico según día y hora.
 - ✓ Programar la asignación dinámica de VLAN con 802.1x.

Optimizar el número y uso de las controladoras WIFI (en fase piloto)



Mejorar la ubicación y nº de los APs

Para que sea transparente al usuario:

- ¿Cuándo apagamos un nodo que ya no es necesario?.
- Clientes con sesiones de varios días (o semanas).
- Evitar el cambio de VLAN e IP en los roamings.
- ¿Qué ocurre si los RADIUS no pueden descargar las tablas?.

INDICE

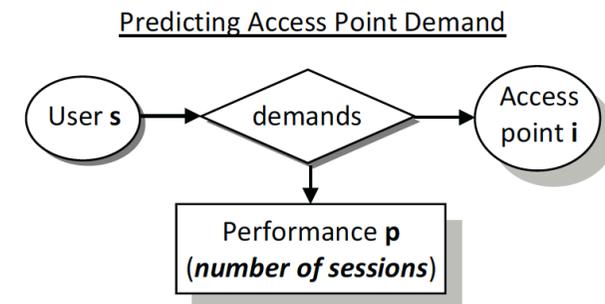
- Antecedentes Arquitectura Nodowifi
- Movilidad de los usuarios
- Análisis del comportamiento
- Optimización basada en series temporales
- **Optimización basada en sistemas de recomendación**
- Conclusiones y trabajos futuros
- Preguntas

Optimización basada en sistemas de recomendación (investigación)

- Si conocemos la carga de trabajo de los puntos de acceso (APs) derivada del comportamiento registrado de los usuarios.
- Podemos aplicar técnicas de predicción para inferir la carga de trabajo de los APs ante una modificación o avería de la red.

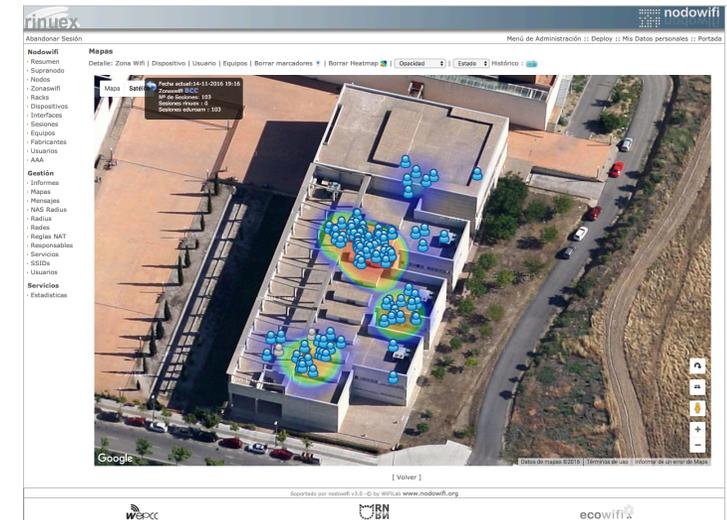
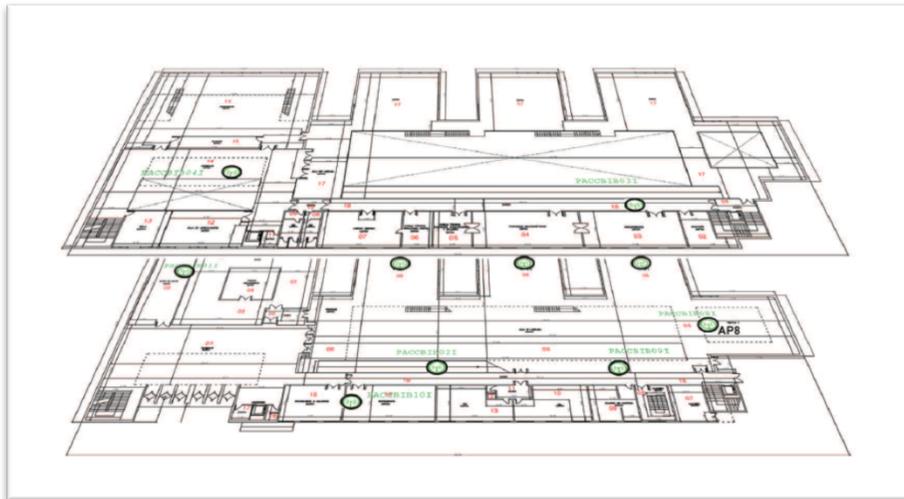
Se aplican técnicas basadas en:

- Problema de la Predicción del Rendimiento del Usuario (PSP).
- Factorización Matricial (MF).
- Gradiente en Descenso (GD).



Entorno de pruebas: Biblioteca Central de Cáceres

- ✓ Se han procesado datos reales de un mes.
- ✓ Escenario con una actividad de sesiones y usuarios alta.
- ✓ Buena cobertura global ante el apagado manual de un AP.

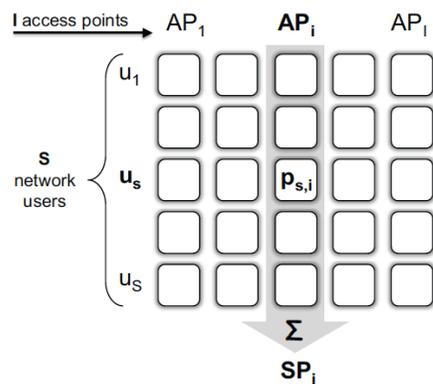


Sesiones y usuarios procesados en la prueba

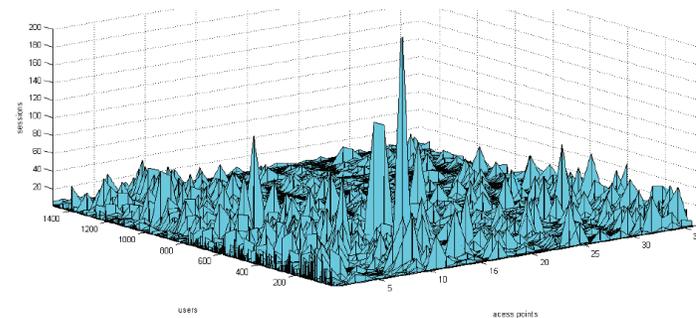
- 1Q 1.717 usuarios con un total de 15.030 sesiones en APs
- 2Q 1.640 usuarios con un total de 16.828 sesiones en APs

Los usuarios comunes del 1Q y 2Q:

- 1Q 1.095 usuarios con un total de 12.798 sesiones en APs
- 2Q 1.095 usuarios con un total de 13.875 sesiones en APs



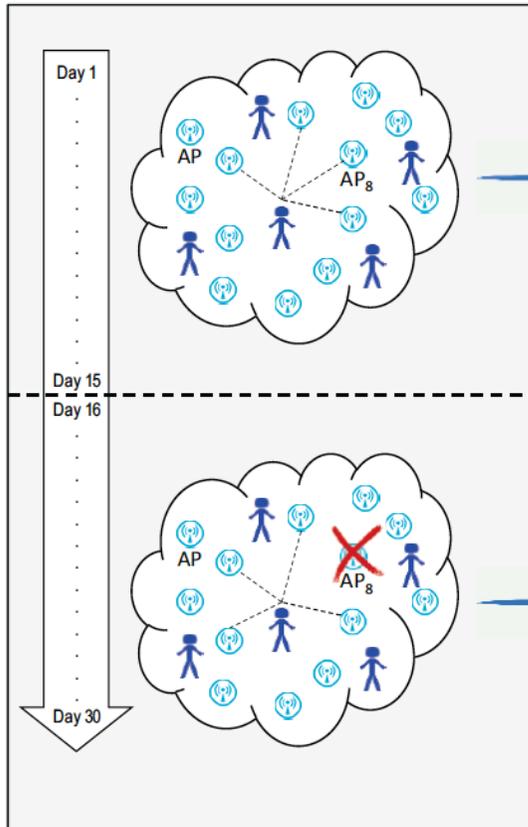
Matriz de rendimiento (1.095 usuarios x10 Aps)



Matriz de rendimiento P

Fases de la prueba

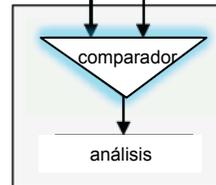
Recolección (30 días)



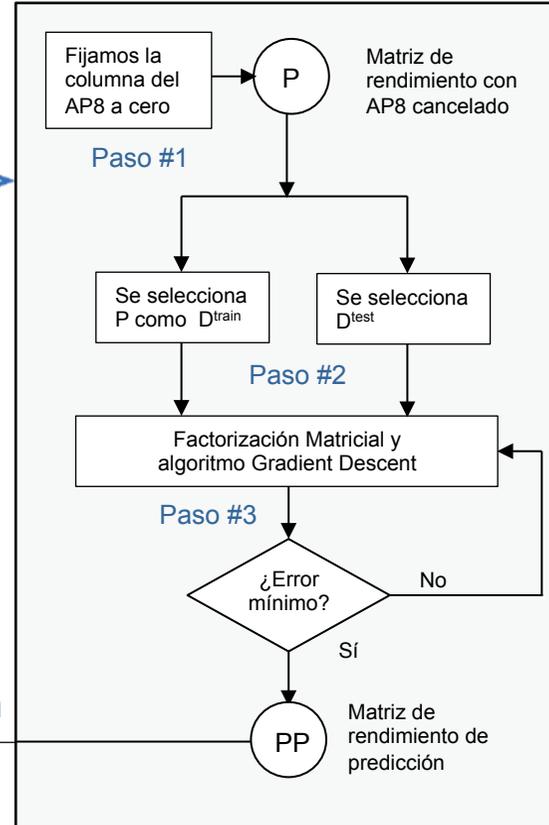
P1Q
Matriz de rendimiento con red completa

P2Q
Matriz de rendimiento con AP8 apagado

Validación

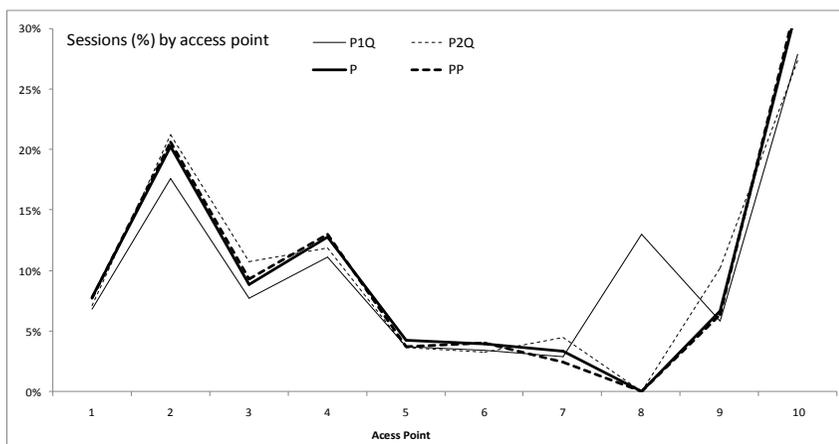


Predicción

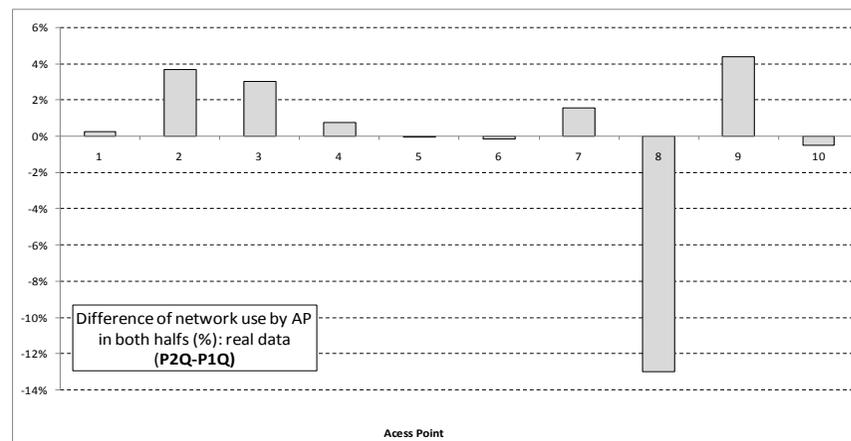


Validación: apagado real de AP8 durante 15 días (periodo 2Q)

- La predicción del reparto entre los APs se ajusta a la medición real del 2Q.
- El resto de APs asumieron el tráfico sin problemas.
- Prueba transparente para los usuarios, cero reclamaciones.



Gráfica real y predicción sesiones por AP



Diferencia real 2Q y 1Q sesiones por AP

APs con mayores incrementos:	$x > 2\%$	AP2, AP3
APs de ligeros incrementos:	$0.5\% < x < 2\%$	AP1, AP4, AP6, AP9, AP10
APs sin apenas variación:	$-0.5\% < x < 0.5\%$	AP5, AP7
APs con decrementos:	$-0.5\% < x$	AP8 (apagado)

Predicción sesiones por AP con AP8 apagado

Conclusiones:

- Los nuevos modelos de educación y acceso a la información, hacen de la red WIFI un elemento crítico e insustituible que requiere de forma recurrente de grandes esfuerzos presupuestarios.
- El análisis del comportamiento de los usuarios permite mejorar el diseño, operación y mantenimiento de las infraestructuras WIFI con la consiguiente reducción de costes.
- Los algoritmos y modelos matemáticos basados en sistemas de recomendación pueden ayudar a la mejora del diseño y comportamiento de la red ante fallos o modificaciones de los APs.

Trabajos futuros:

- Aplicación de los sistemas de recomendación en entornos de red mayores.
- Análisis del comportamiento de los usuarios para la mejora de la eficiencia energética.

