

Redes representativas de BT e impacto de vehículos eléctricos y paneles solares

Valentín Rigoni

2° congreso de Expo y Energía Eléctrica
CADIEC
Mayo 2014

RESUMEN

- ¿Qué son las tecnologías de bajo carbono?
- ¿Porqué utilizar técnicas de clustering?
- Metodología de Montecarlo – Power Flow probabilístico
- Conclusiones

REFERENCIAS

- ❖ Tesis master:
 - ❖ “Statistical Characterization of Real LV Feeders and Impact Assessment of LCT”
- ❖ Informe industrial:
 - ❖ Deliverable 3.7 “Characterisation of LV Networks”. Electricity North West Limited (ENWL).
- ❖ Journal IEEE *Transactions on Power Systems* :
 - ❖ V. Rigoni, L.F. Ochoa, G. Chicco, A. Navarro-Espinosa, T. Gozel, “Representative Residential LV Feeders: A case study for the North West of England”, *IEEE Transactions on Power Systems*.



POLITECNICO
DI TORINO

MANCHESTER
1824

Low Carbon Technologies (LCT)

Tecnologías de bajo carbono

- ❖ ¿A qué nos referimos?



- Menor emisión respecto a tecnologías equivalentes que utilizan combustibles fósiles

Low Carbon Technologies (LCT)

❖ Tipos

- Photovoltaic panels (PV panels)
- Combined Heat and Power (CHP)
- Micro Combined Heat and Power (μ CHP)
- Wind Turbines
- Micro Wind Turbines
- Electric Heat pumps (EHP)
- Electric vehicles (EV)

Low Carbon Technologies (LCT)

❖ Tipos

- Photovoltaic panels (PV panels) →
 - Combined Heat and Power (CHP) →
 - Micro Combined Heat and Power (μ CHP) →
 - Wind Turbines →
 - Micro Wind Turbines →
 - Electric Heat pumps (EHP) →
 - Electric vehicles (EV) →
- 
- Se pueden conectar a la red de BT

Problemática



Problemas de carácter técnico:

- ❖ Tensión
- ❖ Térmicos
- ❖ Inversión del flujo de potencia
- ❖ Armónicas
- ❖ Perdidas
- ❖ etc...



SOLUCIONES
?

A cargo del
operador de
la red de **BT**

INTEGRACION

↓
Donde se espera
se conectarán

¿Porqué la red de BT?

- En la mayoría de los países la reducción de las emisiones de CO₂ se espera alcanzar a través de:
 - Incremento de las penetraciones existentes de DG
 - Electrificación del transporte
 - Electrificación de la calefacción
- Esto conllevara un incremento de la penetración de LCT
- La expectativa es que estas tecnologías sean adoptadas principalmente a nivel doméstico (nivel de BT)

Caso particular Generación Distribuida

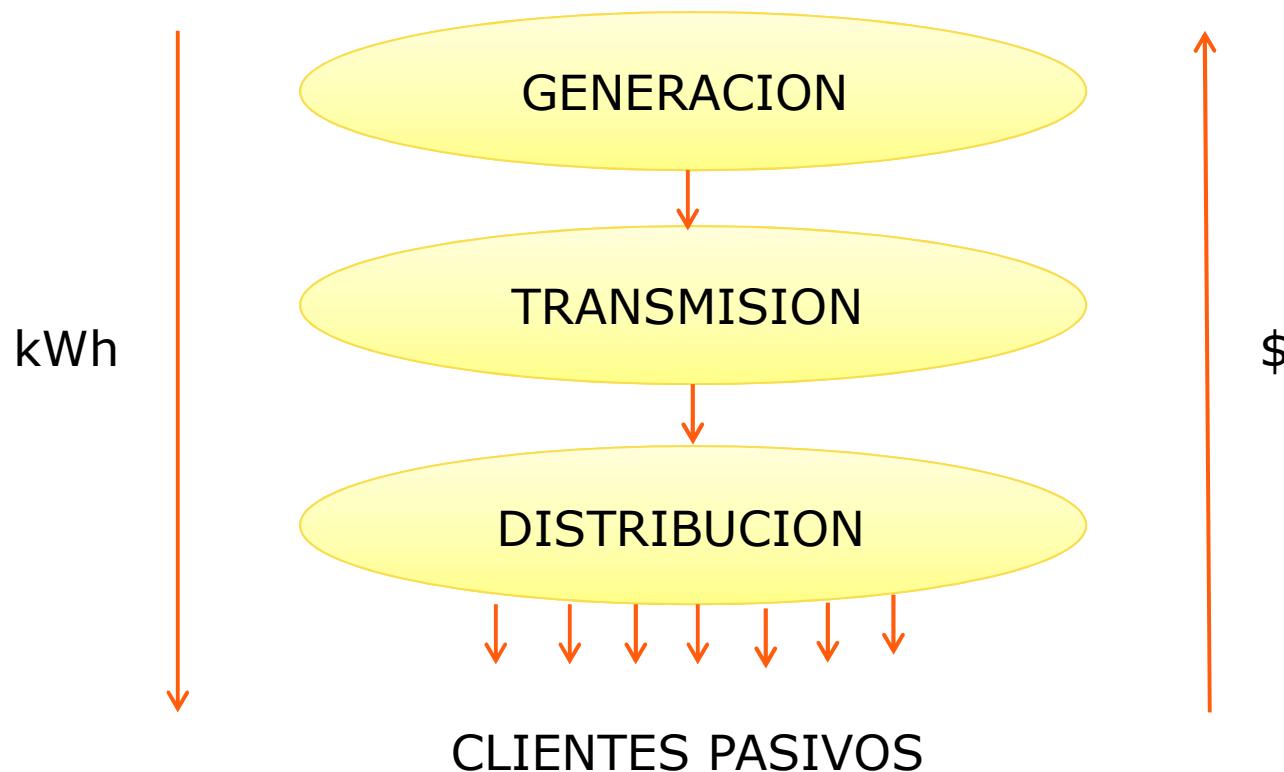
- El estándar IEEE 1547 considera como generación distribuida a la generación local con capacidad agregada de hasta 10 MVA
- El concepto de generación y acumulación distribuida se introduce en los años 80.
- Esto se realiza bajo el contexto de un sistema eléctrico en donde la generación era gestionada por pocas empresas y la generación de auto productores era prácticamente inexistente.



**INTEGRACION VERTICAL DEL
SISTEMA ELÉCTRICO**

Integración vertical

- Integración vertical de los distintos participantes del sistema eléctrico

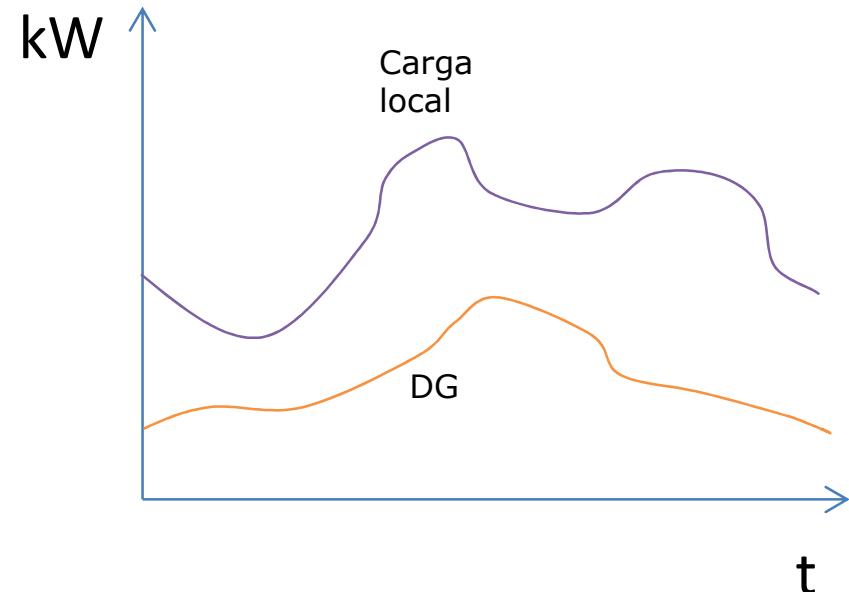
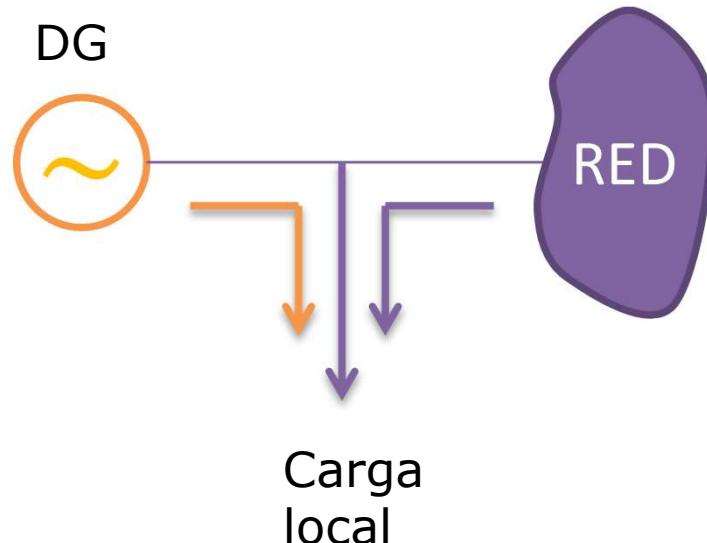


Integración de DG A nivel doméstico



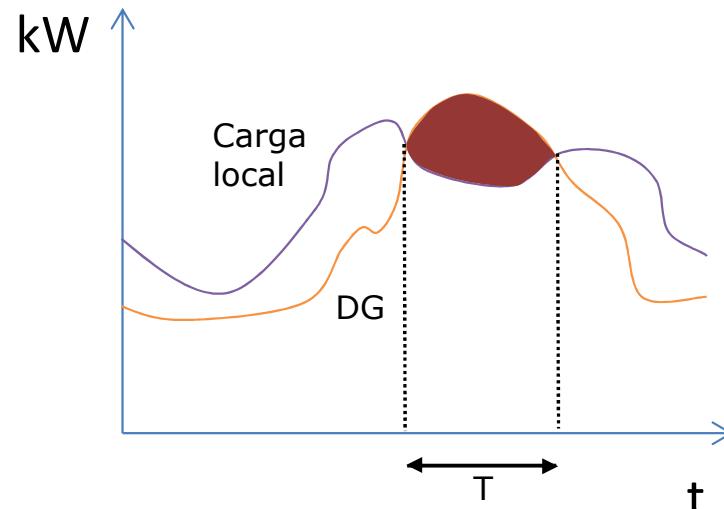
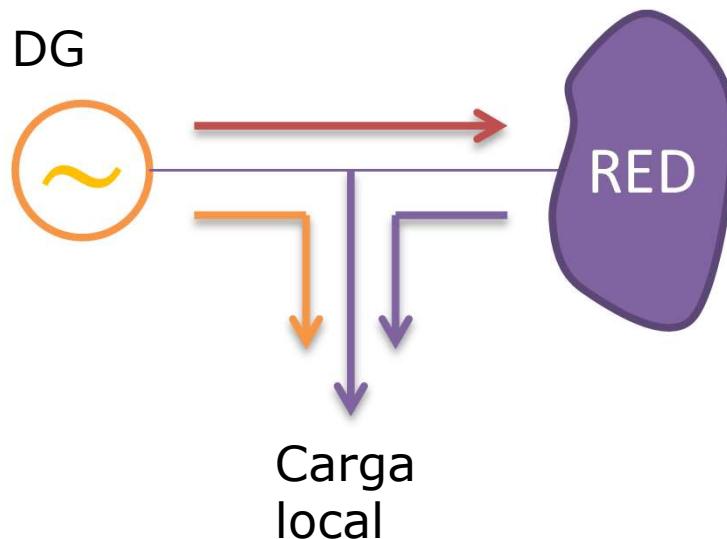
Aspectos técnicos – Ejemplo Inversión del flujo de potencia

- Generación distribuida – condiciones de funcionamiento
 - PEAK SHAVING (reducción de pico)
 - La generación local no supera el consumo de la carga



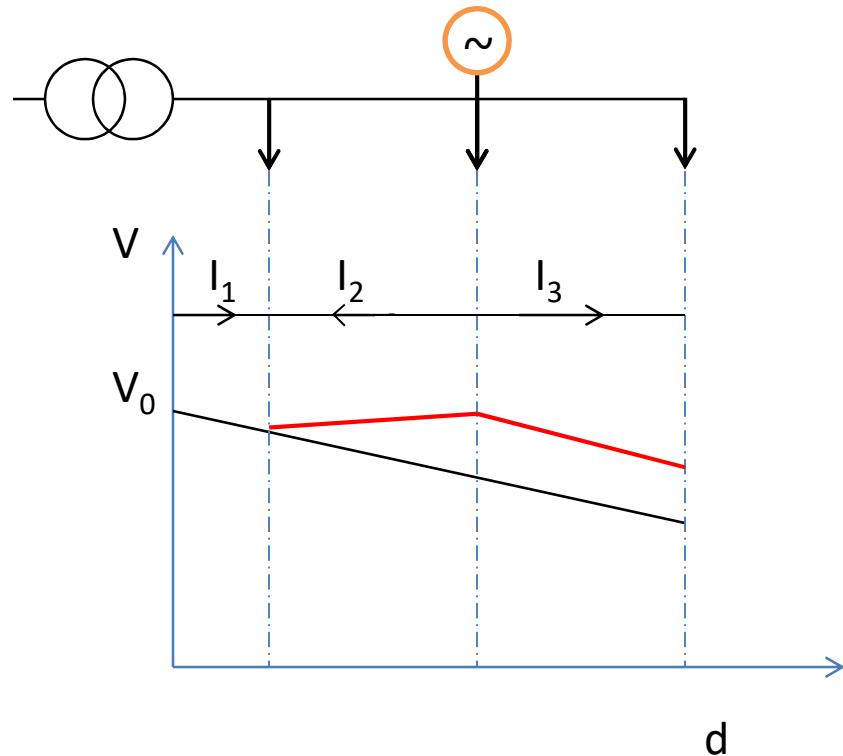
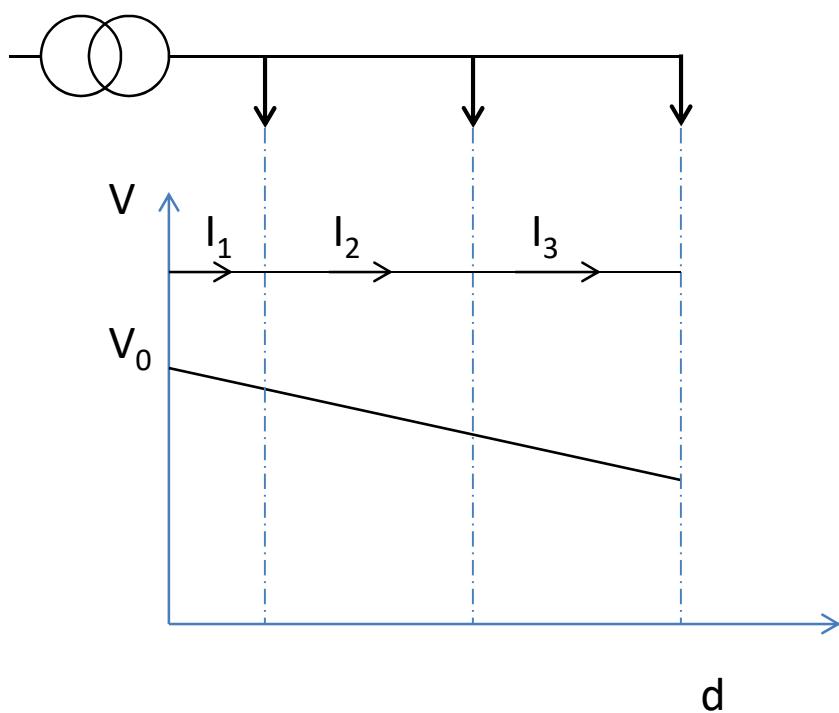
Aspectos técnicos – Ejemplo Inversión del flujo de potencia

- Generación distribuida – condiciones de funcionamiento
 - NET METERING (inyección en red)
 - La generación local supera ocasionalmente la carga local
 - Existe inyección neta de energía en la red
 - Hay inversión del flujo de potencia



Sobretensión y sobrecorriente

- El perfil de tensión es modificado debido a la inyección de corriente
- La presencia de DG puede generar sobretensiones en los nodos de la línea y sobresolicitudes térmicas de los conductores y del transformador.



Recapitulando

- Reducción de las emisiones de CO2
- Inserción de LCT en el sistema eléctrico
- Particularmente en la red de BT
- ¿Como va a responder la red de BT?
 - ¿Que problemas técnicos?
 - ¿Cuándo?
 - ¿Soluciones?

Caso estudio - ENWL

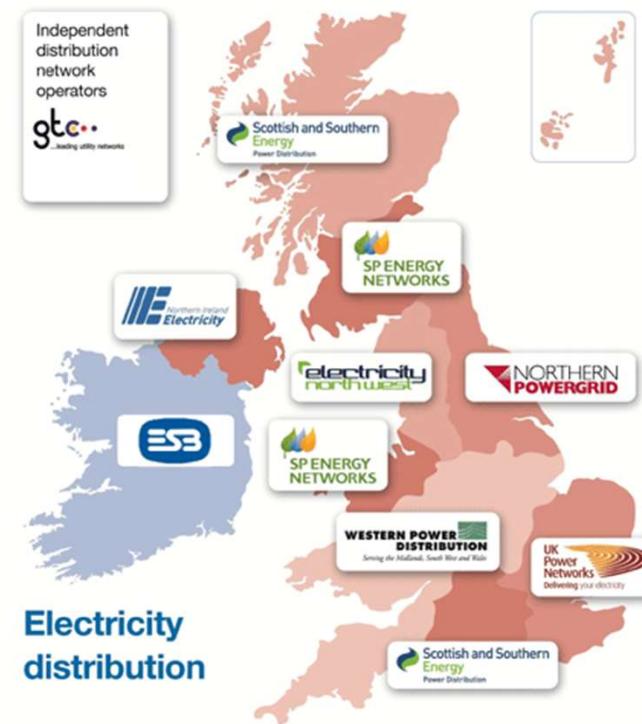
- Electricity Nord West Limited (**DNO**)
- Noroeste de Inglaterra
- 1,3 millones de alimentadores BT

- Objetivo:
 - Reducción del 34% de las emisiones de CO₂ respecto de los valores de 1990 para 2020
 - Low Carbon Networks Fund (1° etapa)
 - USD 800.000.000
 - Ofgem (Office of Gas and Electricity Markets)



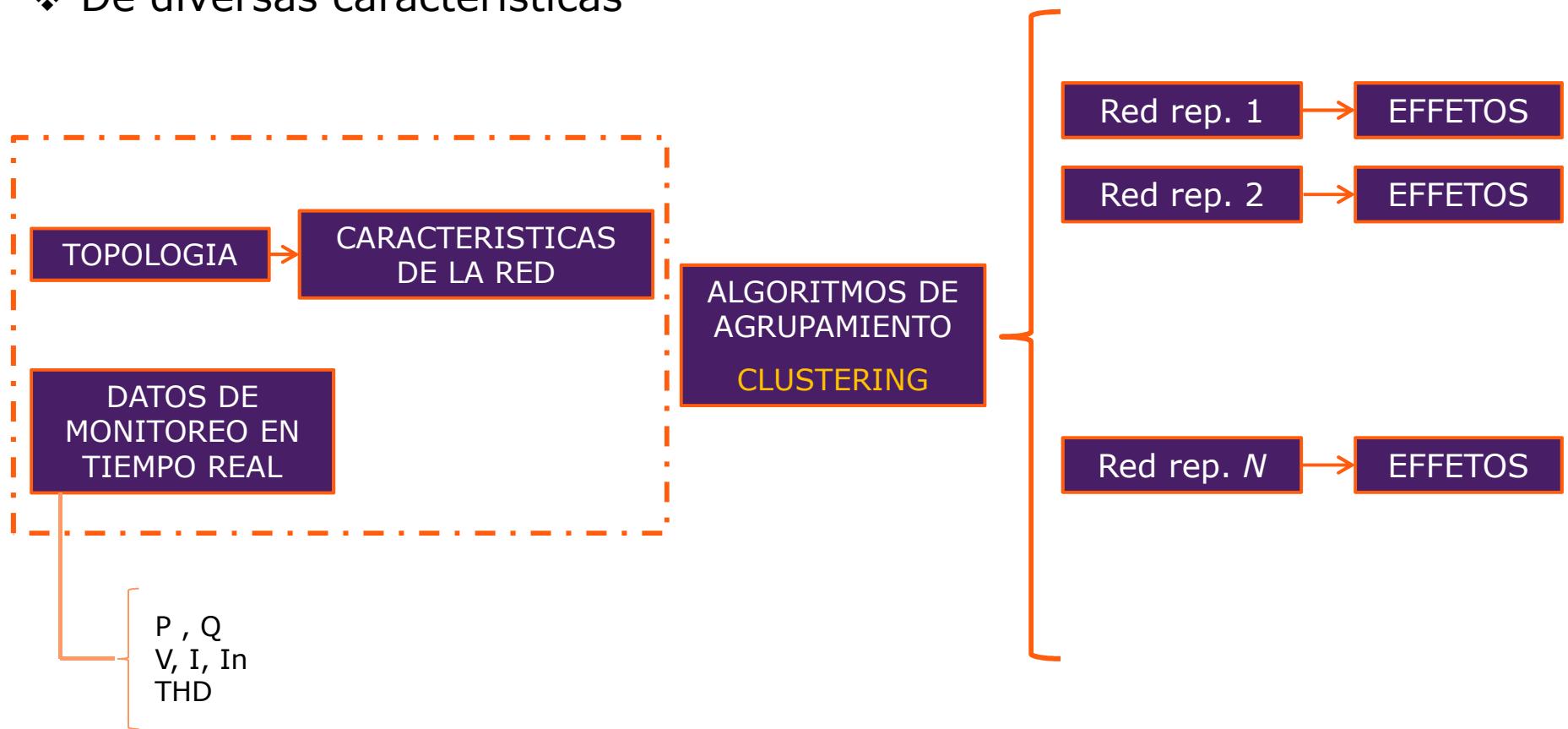
Caso estudio - ENWL

- Incrementar el conocimiento del sistema de BT (hasta ahora el menos estudiado)
- Analizar los impactos de las nuevas tecnologías en sus redes
- Desarrollar metodologías de análisis simplificar la magnitud del problema



PROBLEMÁTICA DE ESTUDIO

- ❖ Innumerables
- ❖ De diversas características



CLUSTERING

- Las técnicas de clustering permiten agrupar un set de individuos en función de sus atributos.
- Los elementos en un mismo grupo (cluster) son mas similares entre si que con respecto a los elementos de otros grupos.

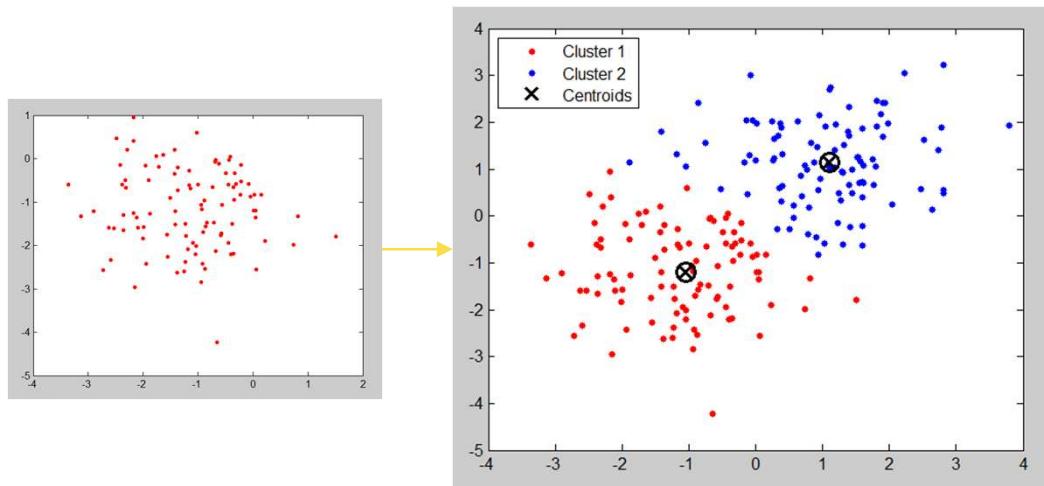
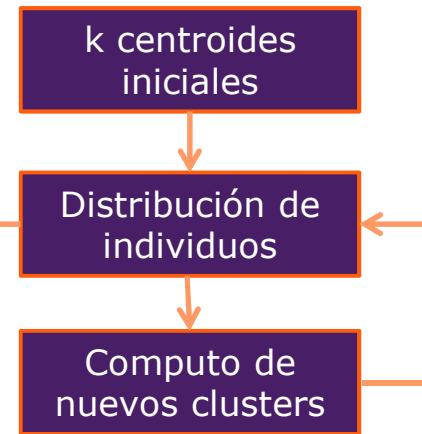


Ejemplo Clustering k-means

- Algoritmo del tipo particional
- Función objetivo: Minimizar suma total de distancias euclidianas

$$\min\{E\} = \min \left\{ \sum_{i=1}^k \sum_{x \in C_i} d(\mathbf{x}, \mathbf{z}_i) \right\}$$

Para c/cluster



Atributos

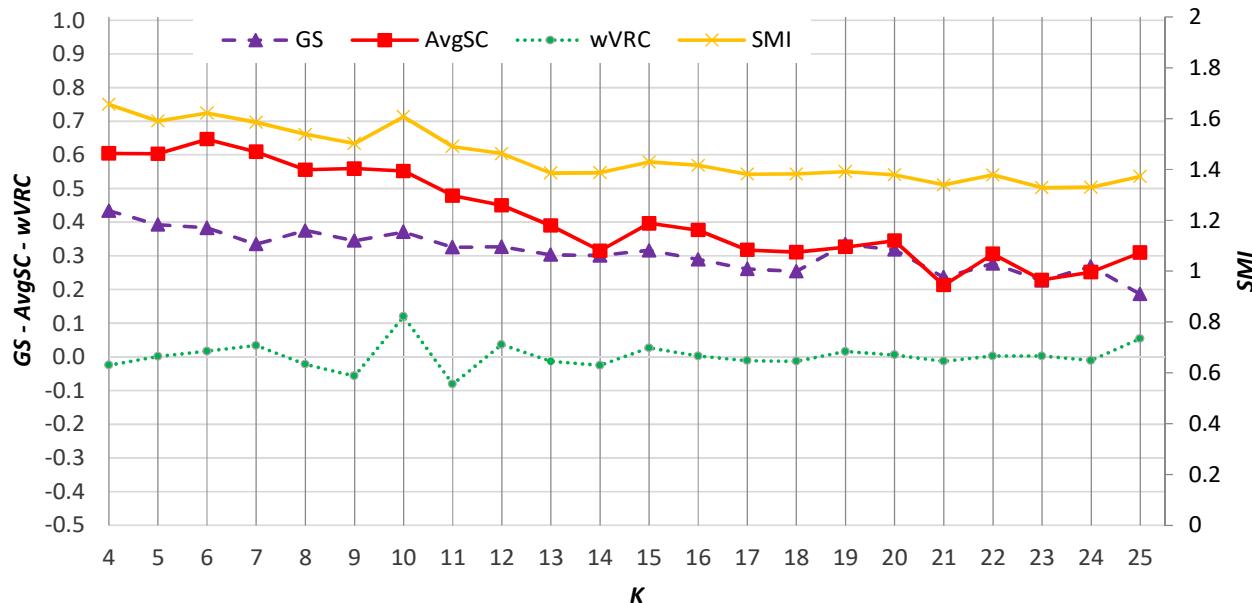
- La selección de los atributos debe tener en cuenta:
 - El numero de clusters (grupos) está vinculado al numero de atributos considerados:
 - Compromiso entre diversidad y la identificación de verdaderas redes representativas.
 - Se deben considerar aquellos atributos que sean relevantes respecto a los análisis que se realicen a posteriori (ej: estudio de impactos de LCT).
 - Se debe considerar las correlaciones entre los atributos seleccionados

Atributos

Feature	Description	
1	Total number of customers (PC1 to PC8)	
2	No. of Domestic Economy 7 Two Rate customers (PC2)	
3	No. of Non-Domestic Unrestricted customers (PC3)	
4	No. of Non-Domestic Unrestricted (PC3) and Economy 7 Two Rate (PC4) customers	
5	No. of Non-Domestic Maximum Demand customers (PC5 to PC8)	Número y tipo de clientes
6	Total conductor length [m]	
7	Main path distance [m]	
8	Average path impedance [ohms]	
9	Total path impedance [ohms]	Parámetros de línea
10	Daily mean neutral current [A]	
11	Mean 3φ daily active power [kW]	
12	Daily mean standard deviation of 3φ active power [kW]	
13	Daily mean standard deviation of 1φ active power [kW]	
14	Mean 3φ daily reactive power [kvar]	Parámetros monitoreados
15	Power Factor (PF)	
16	No. of PV installations	
17	PV-supplied demand	
18	PV penetration level (nº customers/PV installations)	
19	Mean PV installation capacity (kW/unit)	Penetración existente de generación distribuida

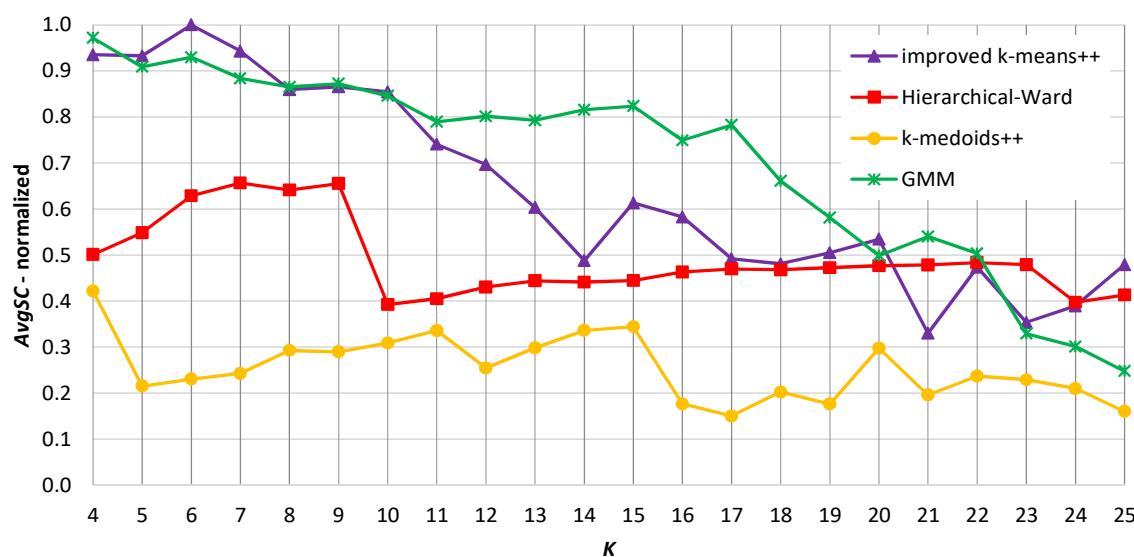
Número óptimo de Clusters

- La definición del número de clusters es uno de los principales problemas en las técnicas de clustering
- Ningún algoritmo existente define por si mismo el numero optimo de clúster.
- Se utilizan indicadores de validez

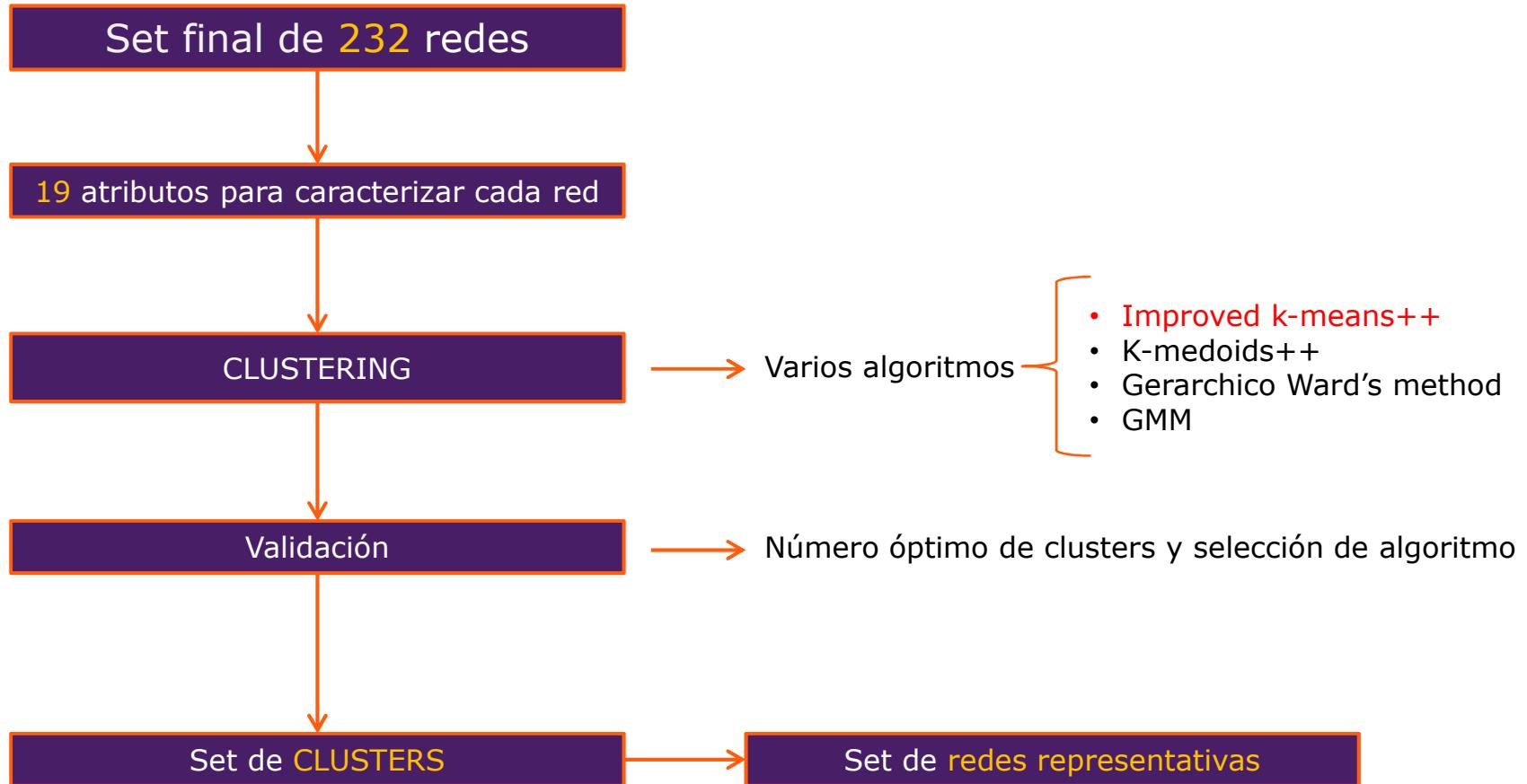


Algoritmo óptimo

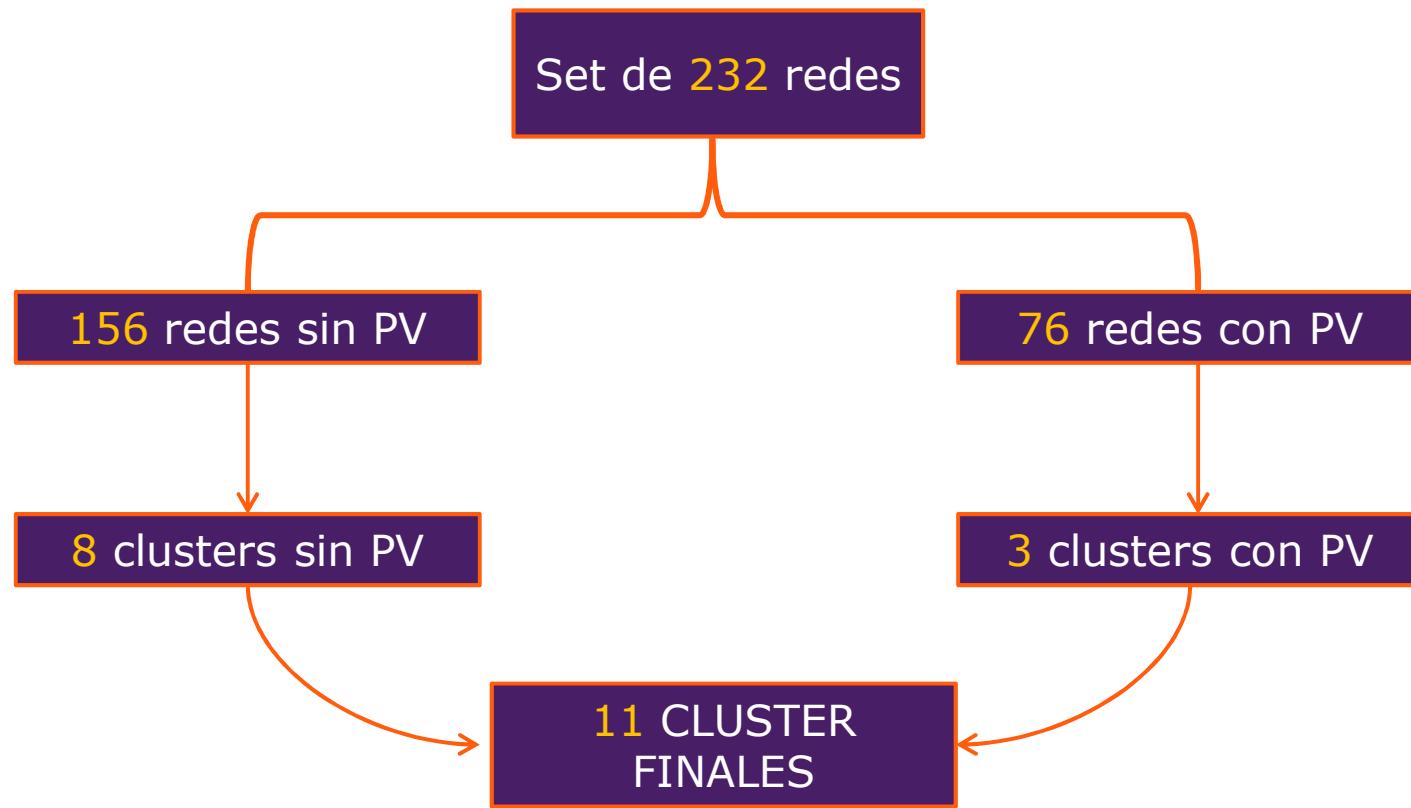
- Se obtiene el número óptimo de clusters por algoritmo
- Se comparan los valores de los distintos índices y se define el algoritmo óptimo con su correspondiente número óptimo de clusters



Caso particular

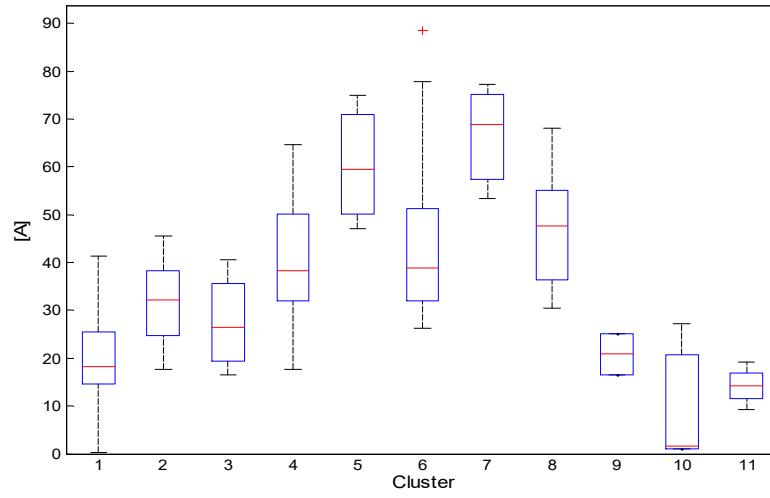
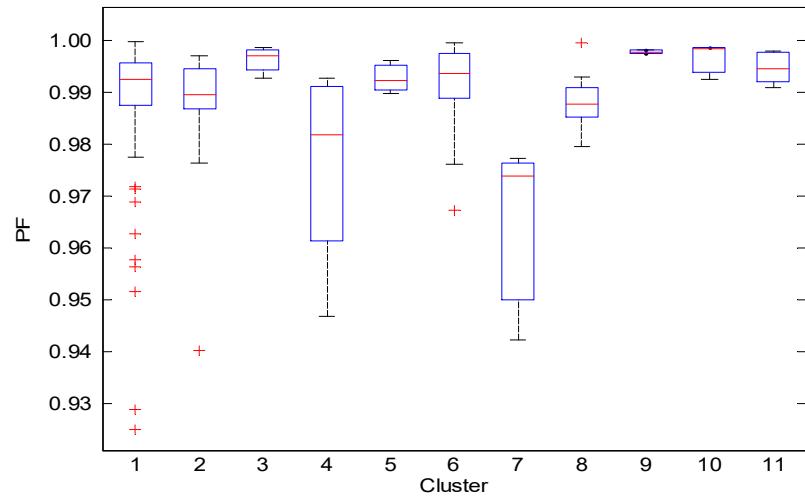
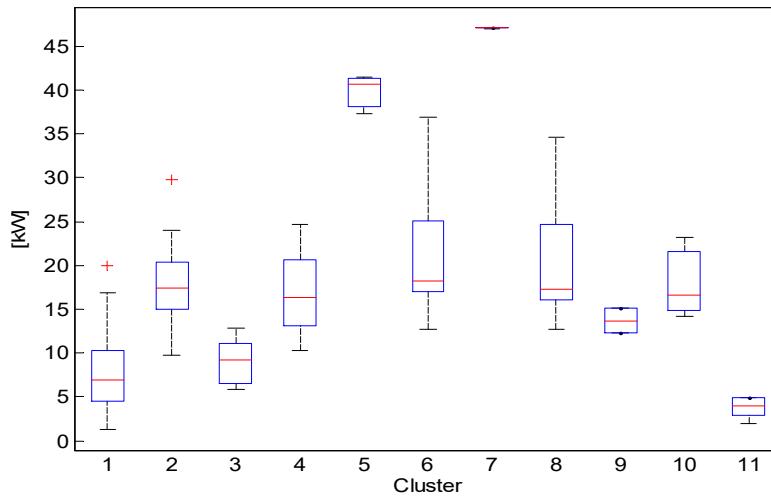
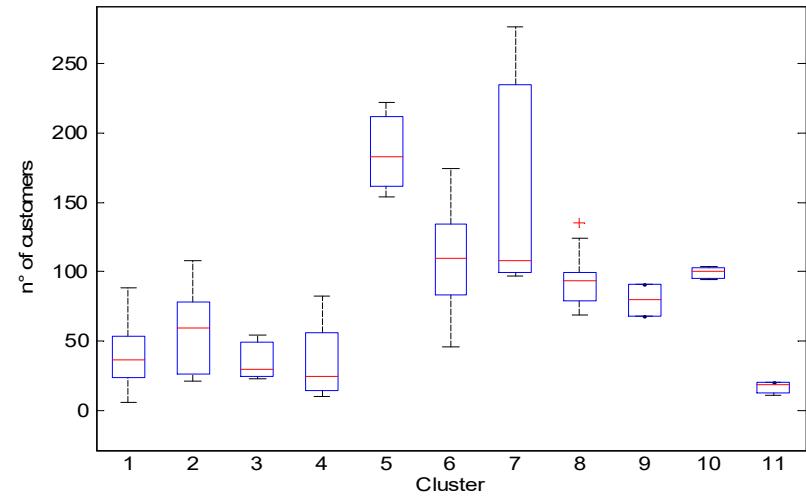


Partición



- ❖ Bajo qué condiciones un **nuevo cluster** puede ser obtenido en función de la presencia de **generación distribuida**.

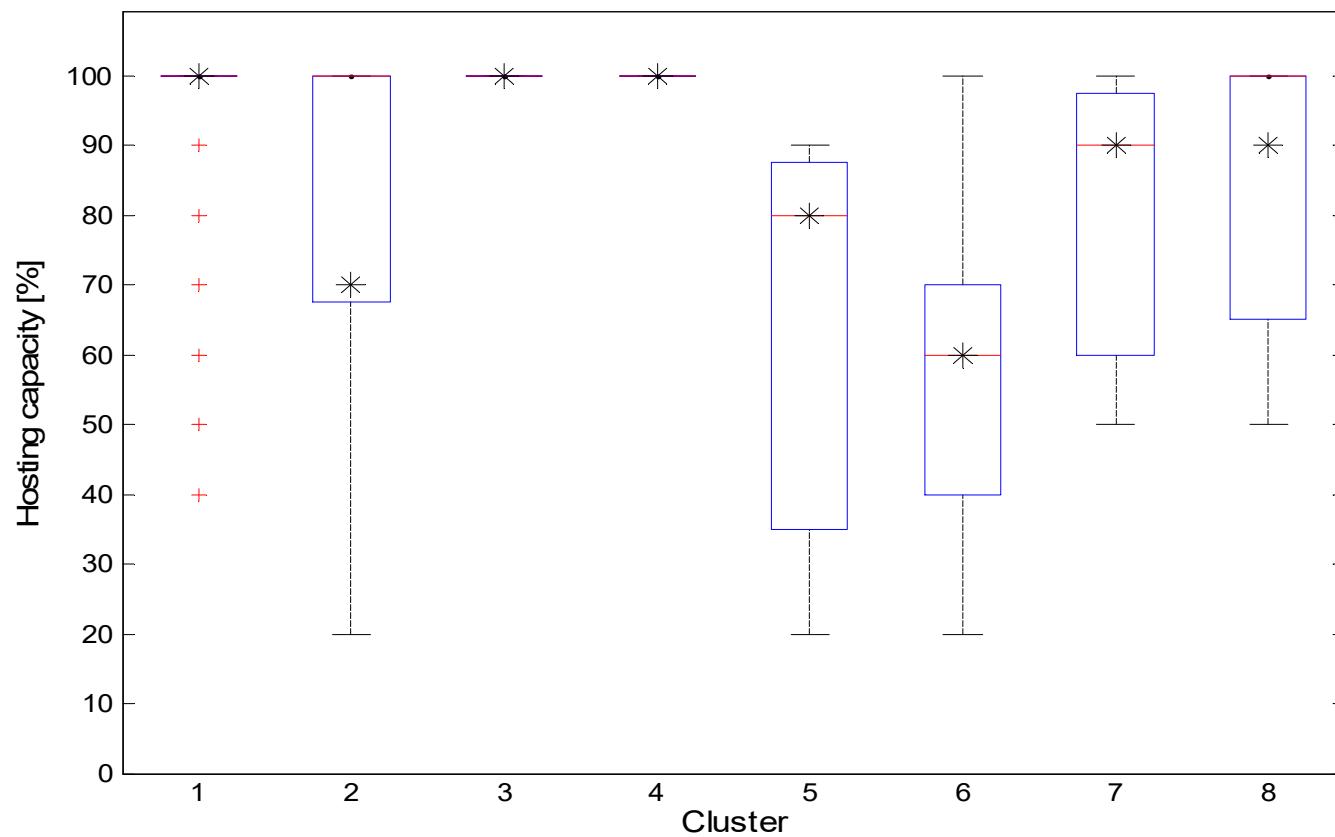
Caracterización estadística



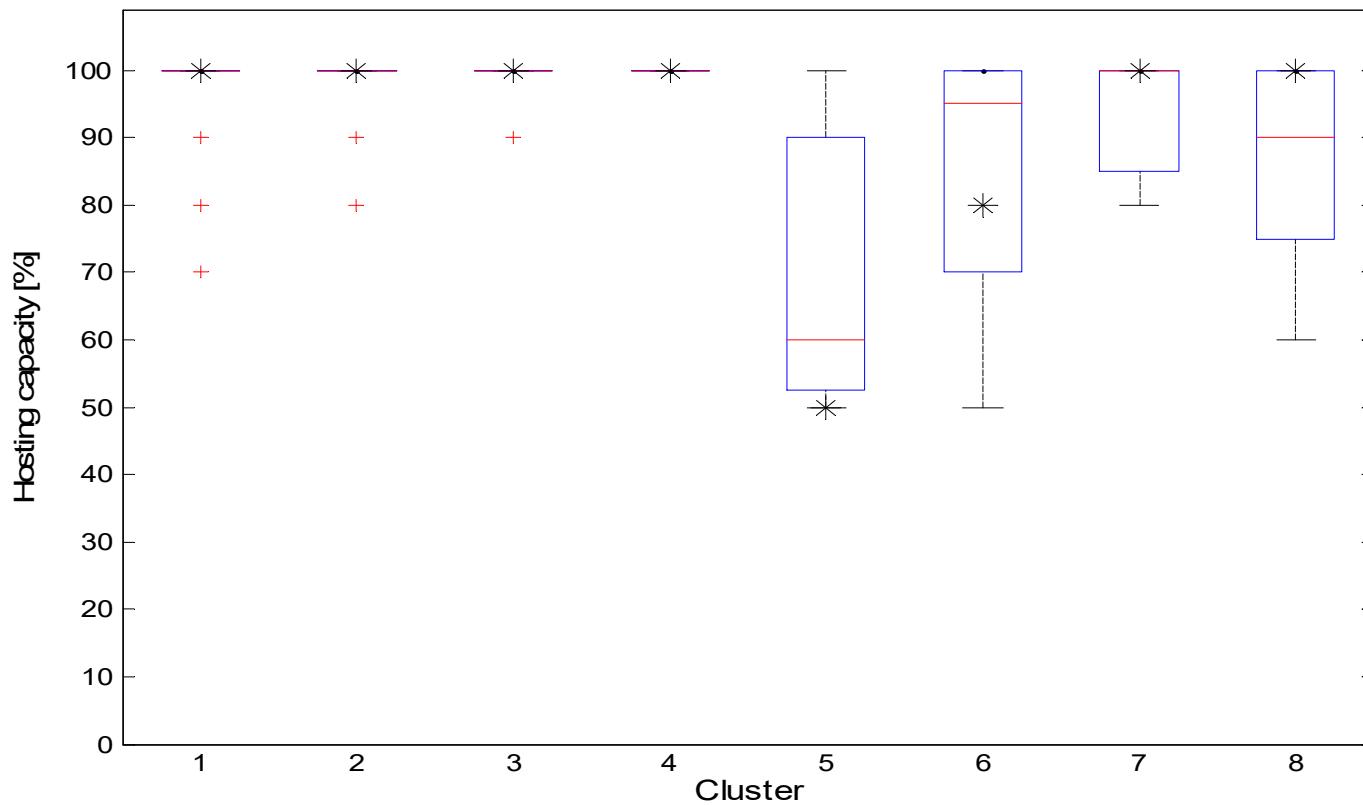
Demostración de aplicabilidad

- Demostrar si los resultados de un estudio realizado en un set de redes representativas se pueden extrapolar a toda la población.
- Determinación del “**hosting capacity**” de paneles solares
 - Porcentaje máximo de clientes con instalación de paneles solares que no ocasiona perdida de la calidad de suministro y/o problemas térmicos.
 - Método: Power flow determinístico (único escenario)
 - Perfiles definidos por cliente
 - Irradiancia solar definida y común (día mas soleado del año)
 - Capacidad instalada de 3 kW por panel

Demostración de aplicabilidad Sobretensiones



Demostración de aplicabilidad Sobrecorrientes de linea



Redes representativas

- Aspectos clave

- Se obtuvieron 11 **redes representativas**
- 3 **redes representativas** con presencia de generación distribuida
- La metodología es de **carácter genérico** y se puede aplicar a diferentes redes de distintos países y regiones.
- Utilización de **datos de monitoreo**
- **Múltiples índices de validez y algoritmos** para garantizar la calidad de los resultados
- El algoritmo **Improved k-means++** resultó en prestaciones similares e incluso superiores frente a otros de mayor complejidad.

Redes representativas

- Aspectos clave
 - Las redes representativa efectivamente permitieron identificar las redes con **tendencia** a presentar (o no) problemas frente a la instalación de paneles solares.
 - La metodología no solo permite entonces identificar problemas sino también realizar **estudios técnico-económicos de soluciones**.
 - Baterías
 - OLTC
 - Smart control (ej: restricción de potencia)
 - Refuerzo de conductores
 - Los estudios a realizar sobre estas redes pueden ser de carácter **altamente genérico**.
 - El estudio presentado puede ser profundizado mediante otros métodos de análisis.

IMPACTO DE VEHICULOS ELECTRICOS Y PANELES SOLARES

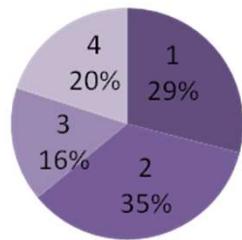
REDES DEPRESENTATIVAS

Análisis de los efectos de las LCT – PV y EV

MONTECARLO – Power flow probabilístico

100 escenarios
por cada nivel de
penetración.

Perfiles para
cargas
tradicionales



Perfiles agregados →

Domésticos
con calefacción
eléctrica y no-
domésticos

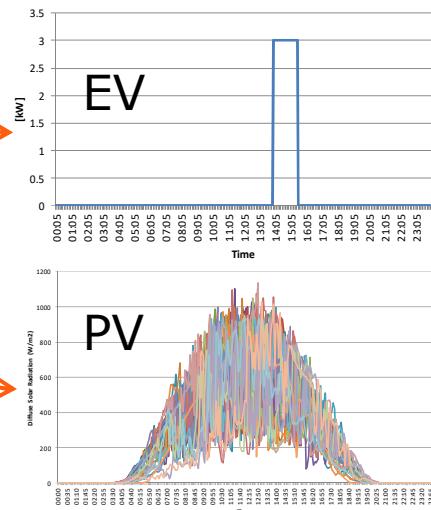
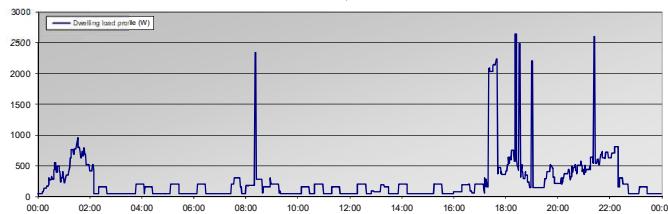
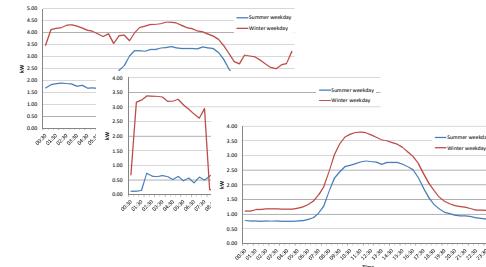
Domésticos

Nº residentes

Perfiles

LCT

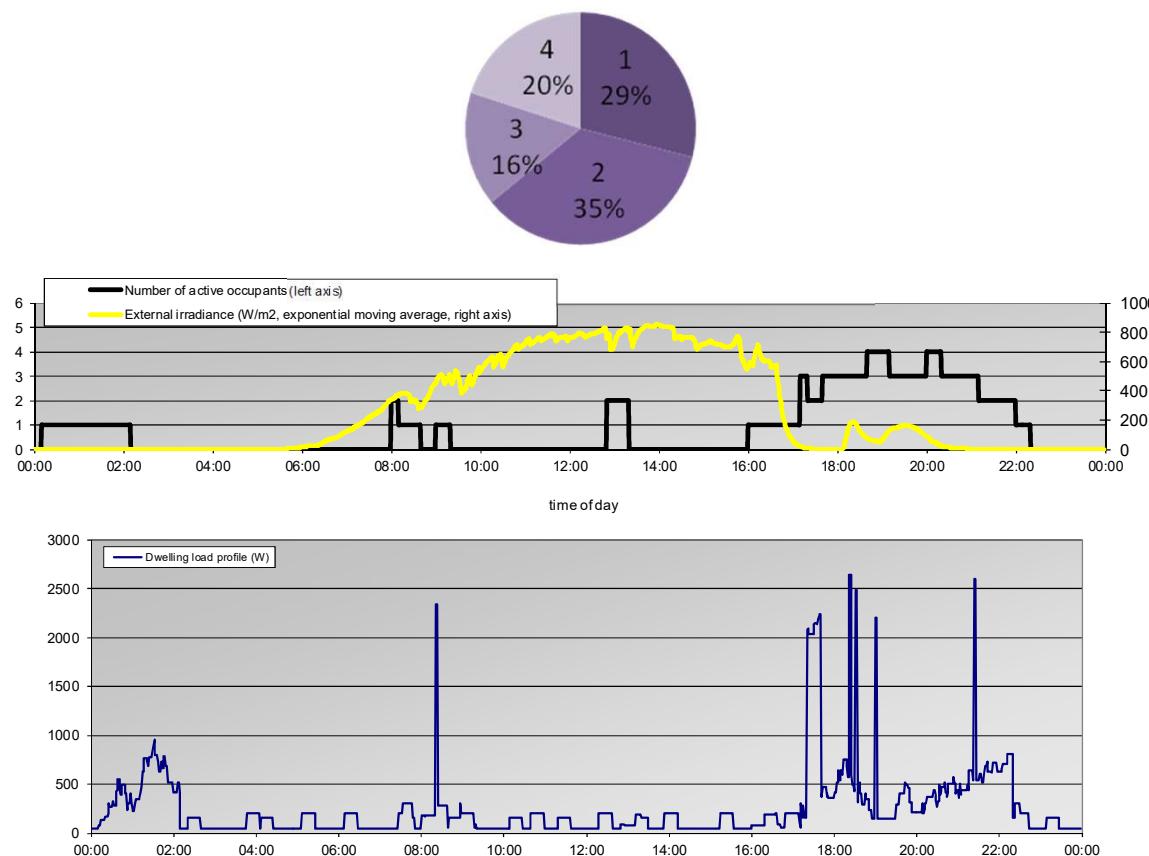
Power Flow
trifásico



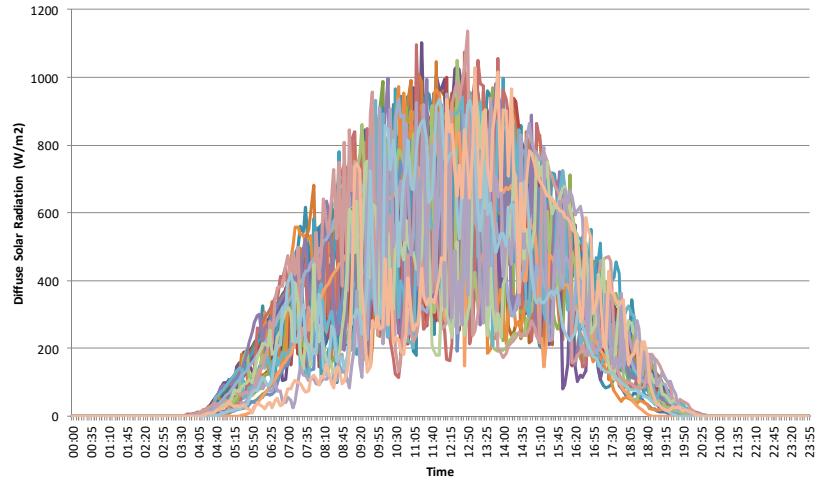
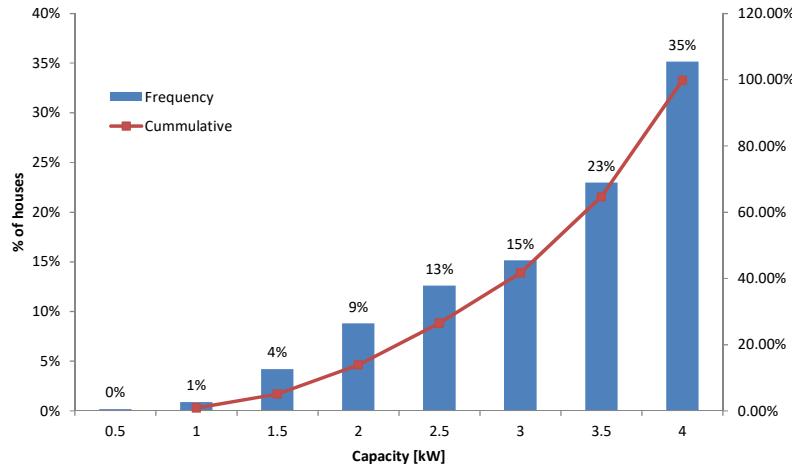
[1] A. Navarro, L. Ochoa, 'Probabilistic Impact Assessment of Low Carbon Technologies in LV Distribution Systems', IEEE Tran. On Power Systems, 2016.

Perfiles de cargas pasivas

- Ej: Clientes domésticos – **CREST tool**
 - Loughborough University Leicestershire, UK



Perfiles paneles solares



$$P \text{ [kW]} = P_d \times C_{ratio} \times G \times \eta_i \times \eta_{pv}$$

P_d : Capacidad total(kW)

C_{ratio} : m² per kW instalado

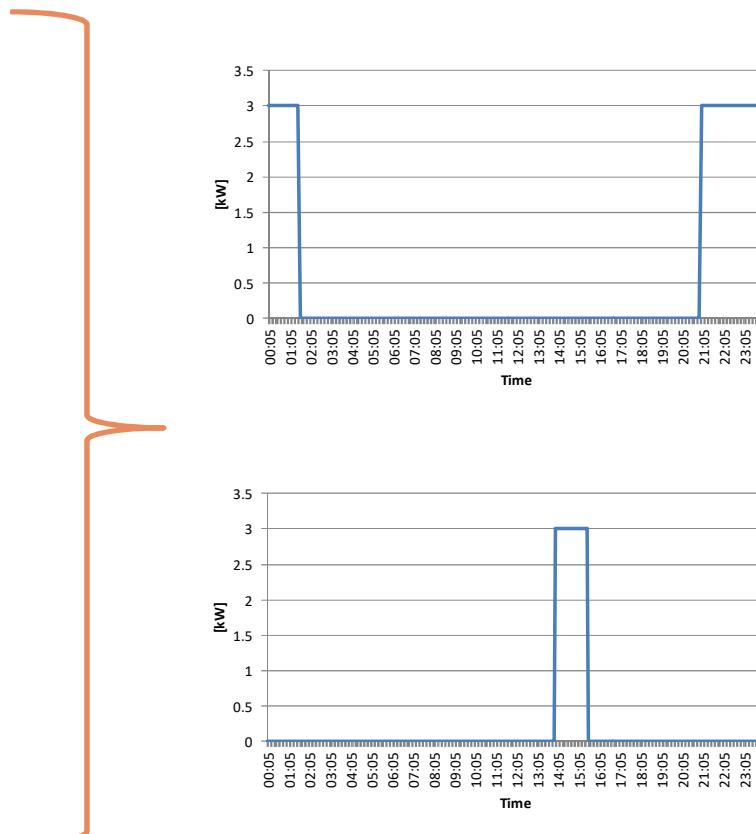
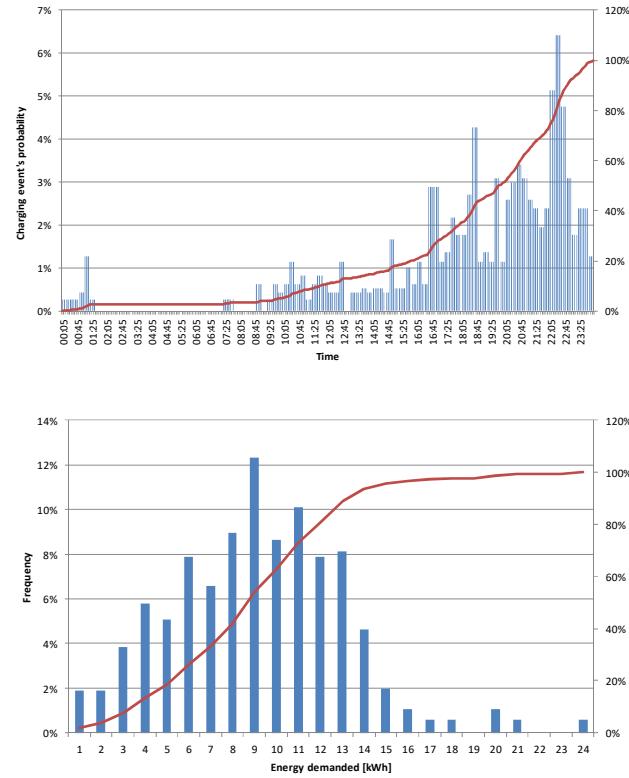
G : Irradiancia global (kW/m²)

η_i : rendimiento del inverter

η_{pv} : rendimiento global del módulo

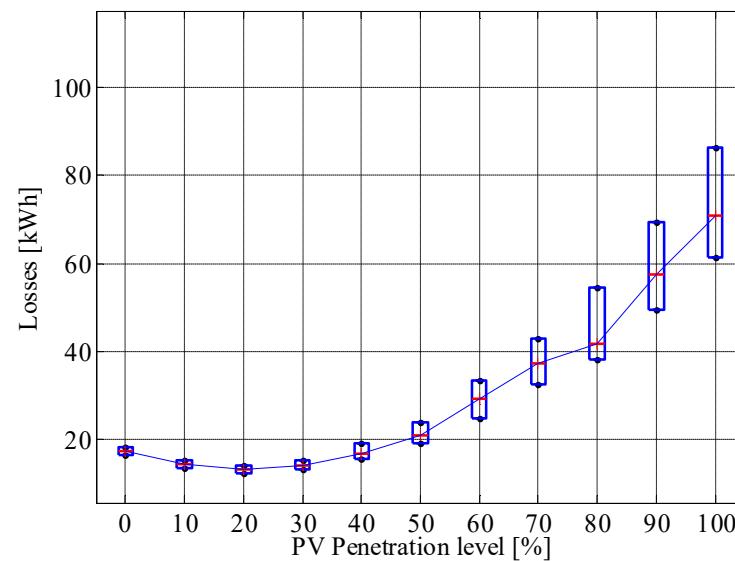
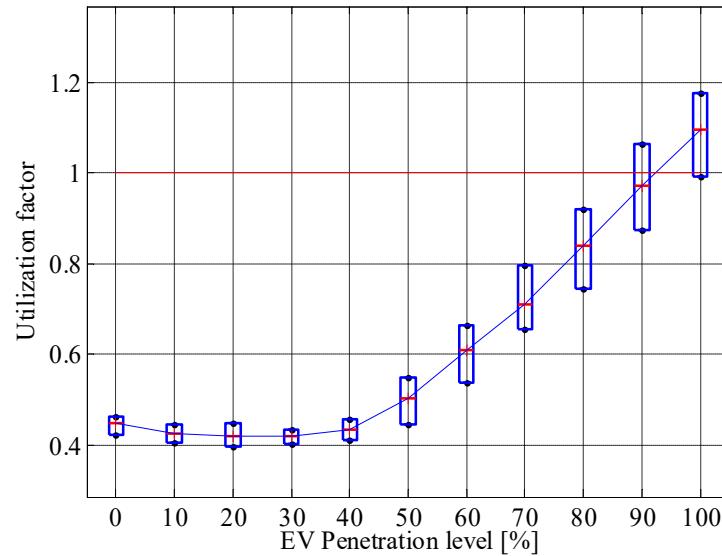
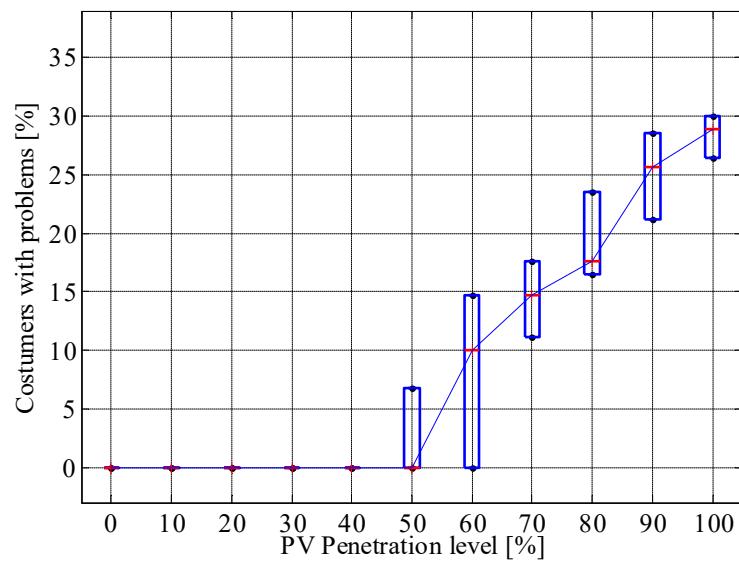
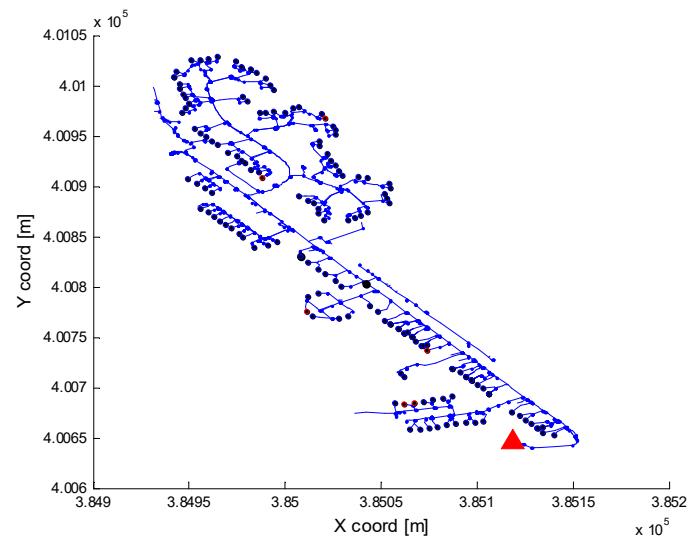
Perfiles vehículos eléctricos

Mode	Phase	Maximum current [A]	Maximum voltage [V]
Mode 1 (AC)	1	16	250
	3	16	480
Mode 2 (AC)	1	32	250
	3	32	482
Mode 3 (AC)	1	32	250
	3	250	690
Mode 4 (DC)	--	400	600



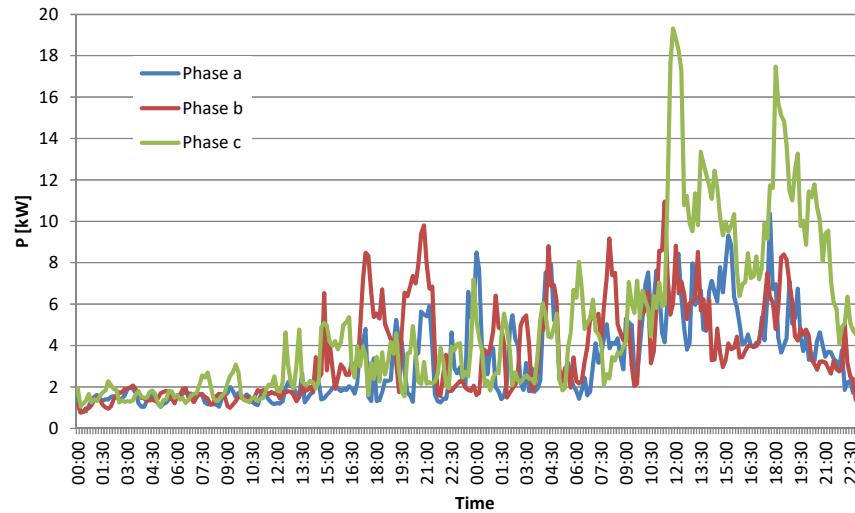
Red representativa 7– doméstica

Paneles fotovoltaicos

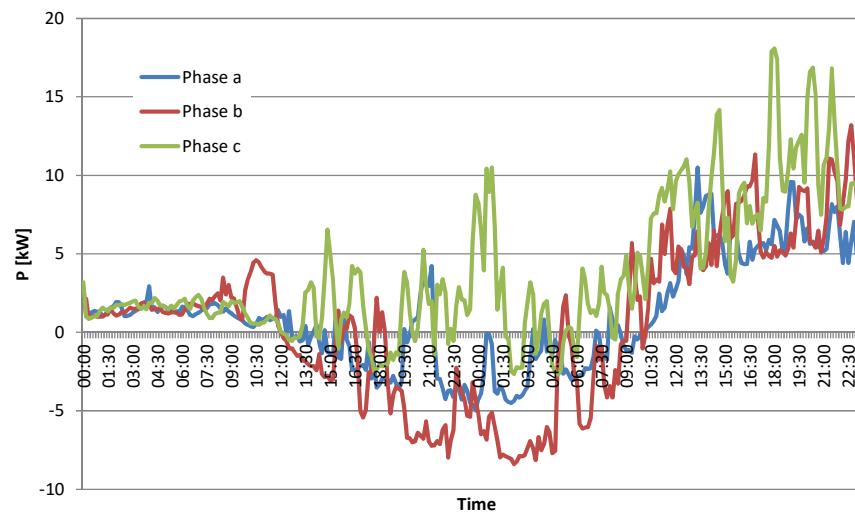


Inversión del flujo de potencia

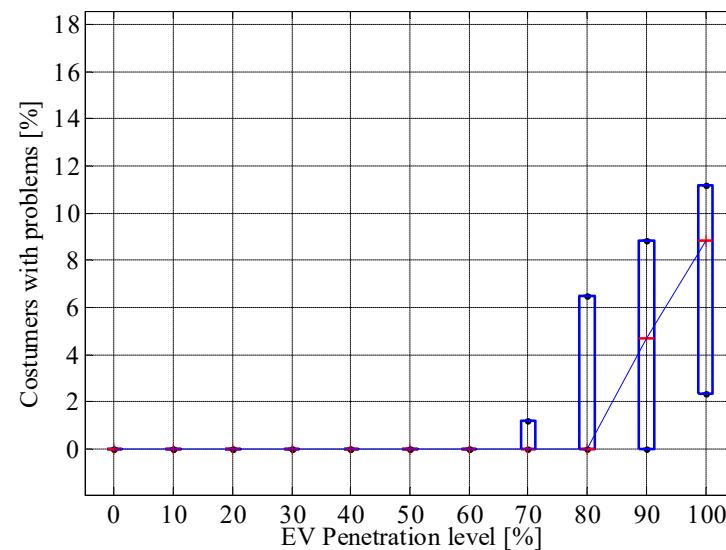
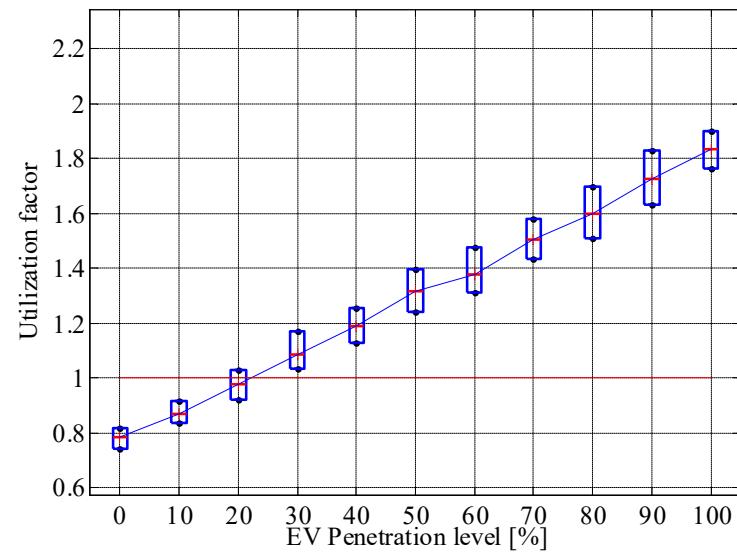
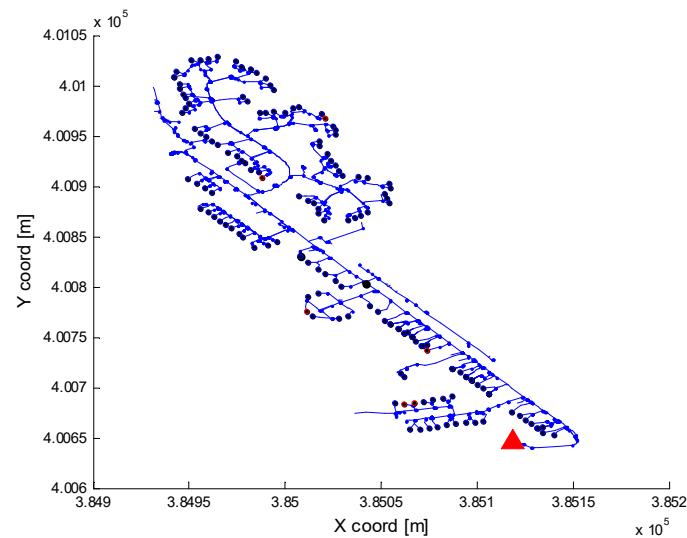
Penetración
del 0%



Penetración
del 20%

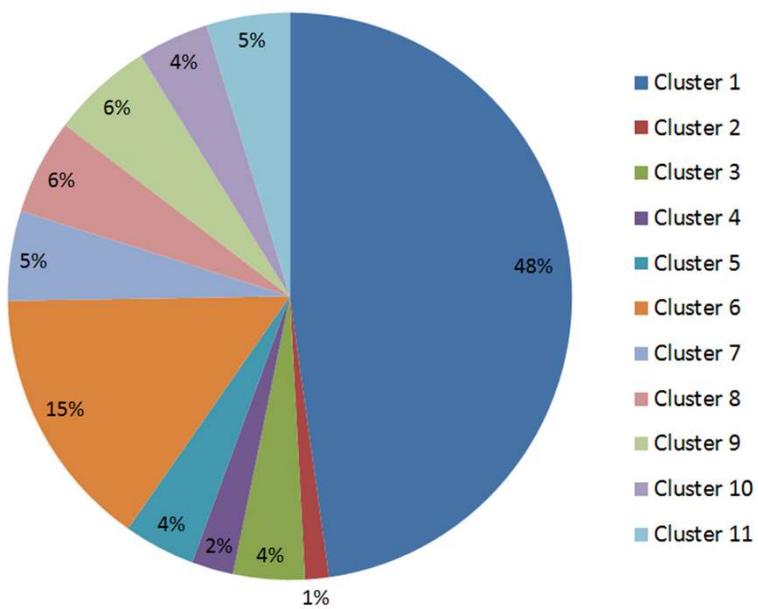


Red representativa 7– doméstica Vehículos eléctricos



Resultados

k	No. cust.	Type of customers	Total cable length [m]	Mean 3φ active power [kW]	PV penet.	Dist.	PV panels		Electric vehicles	
							Voltage rise	Thermal	Voltage rise	Thermal
1	36	Domestic	1002	7.01	-	48%	-	-	-	-
2	108	Domestic & Non-domestic	1164	47.02	-	1%	70%	100%	-	70%
3	38	Domestic & Non-domestic	1591	16.34	-	4%	-	-	-	-
4	108	Domestic & Non-domestic	2241	29.73	-	2%	40%	90%	20%	40%
5	23	Domestic & Non-domestic	764	10.28	-	4%	-	-	-	-
6	76	Domestic	1664	14.38	-	15%	40%	80%	40%	50%
7	169	Domestic	2865	35.95	-	5%	50%	90%	70%	20%
8	31	Domestic – Elec. space heating	561	8.58	-	6%	-	-	-	-
9	18	Domestic	593	4.77	39%	6%	-	-	-	-
10	68	Domestic & Non-domestic	1793	12.25	34%	4%	-	-	-	-
11	100	Domestic – Elec. space heating	1912	14.24	25%	5%	-	-	-	-



Conclusiones – Efecto LCT

- 72% de la población total **no debería** presentar problemas para ningún nivel de penetración
- Los problemas técnicos están vinculados al **numero de clientes**. No se espera encontrar problemas de tensión o térmicos para redes pequeñas.
- En el caso de **PV** los problemas de **tensión** aparecen siempre antes que aquellos de carácter térmico.
- La reducción del **factor de utilización** de los conductores y las **pérdidas** son generalmente continuos en redes residenciales hasta un **20-30% de penetración**.

Conclusiones – Efecto LCT

- Para las redes con presencia significativa de clientes **no-domésticos** la reducción del factor de potencia y las perdidas es continua hasta un **~70%** de penetración de PV.
- Lo operadores de la red deberían aceptar un nivel de penetración de **PV hasta el 40%** sin tener problemas en ninguna red.
- En el caso de **EV**, tanto los problemas de **tensión** como aquellos **térmicos** pueden presentarse primero.
- Los problemas se presentan siempre **primero** para los **EV**
- Lo **operadores de la red** deberían aceptar un nivel de penetración de **EV** hasta el **20%** sin tener problemas en ninguna red.