

Microxarxes aïllades rurals: experiències a l'Àfrica i Amèrica

Xavier VALLVÉ, Ing. Ind. , Comissió d'energia COEIC
Director Trama TecnoAmbiental, Barcelona
xavier.vallve@tta.com.es

tta

Trama TecnoAmbiental (TTA)



- PIME fundada a Barcelona al 1986
- Consultors independents en generació distribuïda amb energies renovables
- Consultoria, enginyeria, recerca, gestió de projectes, aspectes socials, financers,...
- Des de 1988: actius en electrificació rural autònoma amb energies renovables
- Disseny i gestió de projectes de microxarxes EERR-híbrides i microxarxes d'electrificació rural al sud d'Europa, Àfrica, Amèrica Llatina, Oceania ...
- Clients institucionals i privats

Membre de:



Experiència pionera en microxarxes rurals

Inicis:
Habitatge rural remot a Espanya

1994



La Rambla del Agua (Andalucía)

1997



Escuin (Aragón)

2003



Isla Floreana (Ecuador)

2005



Akane (Marruecos)

2006



Monte Trigo (Cabo Verde)

2007



Diakha Madina (Senegal)

2009



Atouf (Palestina)

2012



Las Balsas (Ecuador)

2014

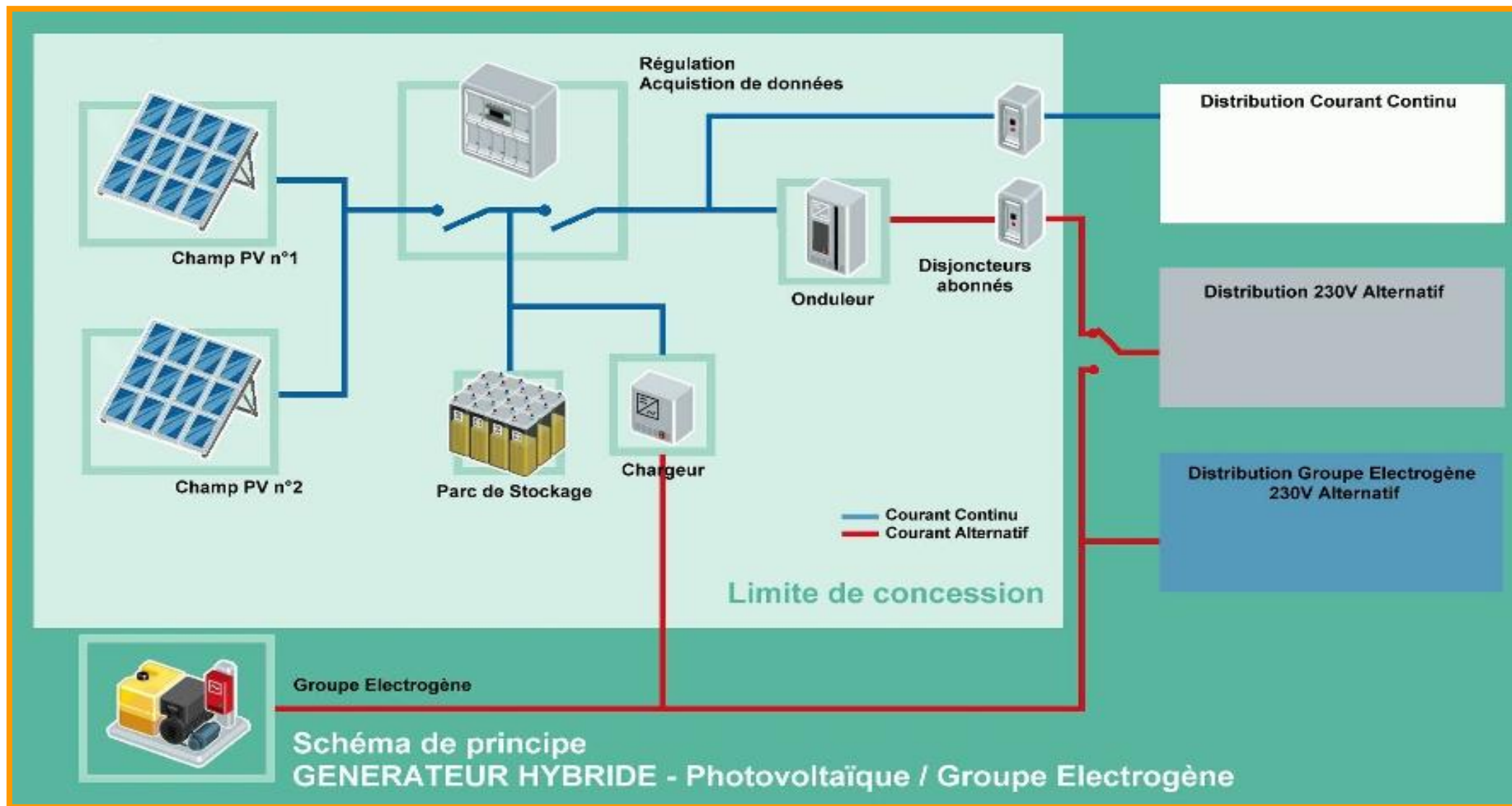


Chad

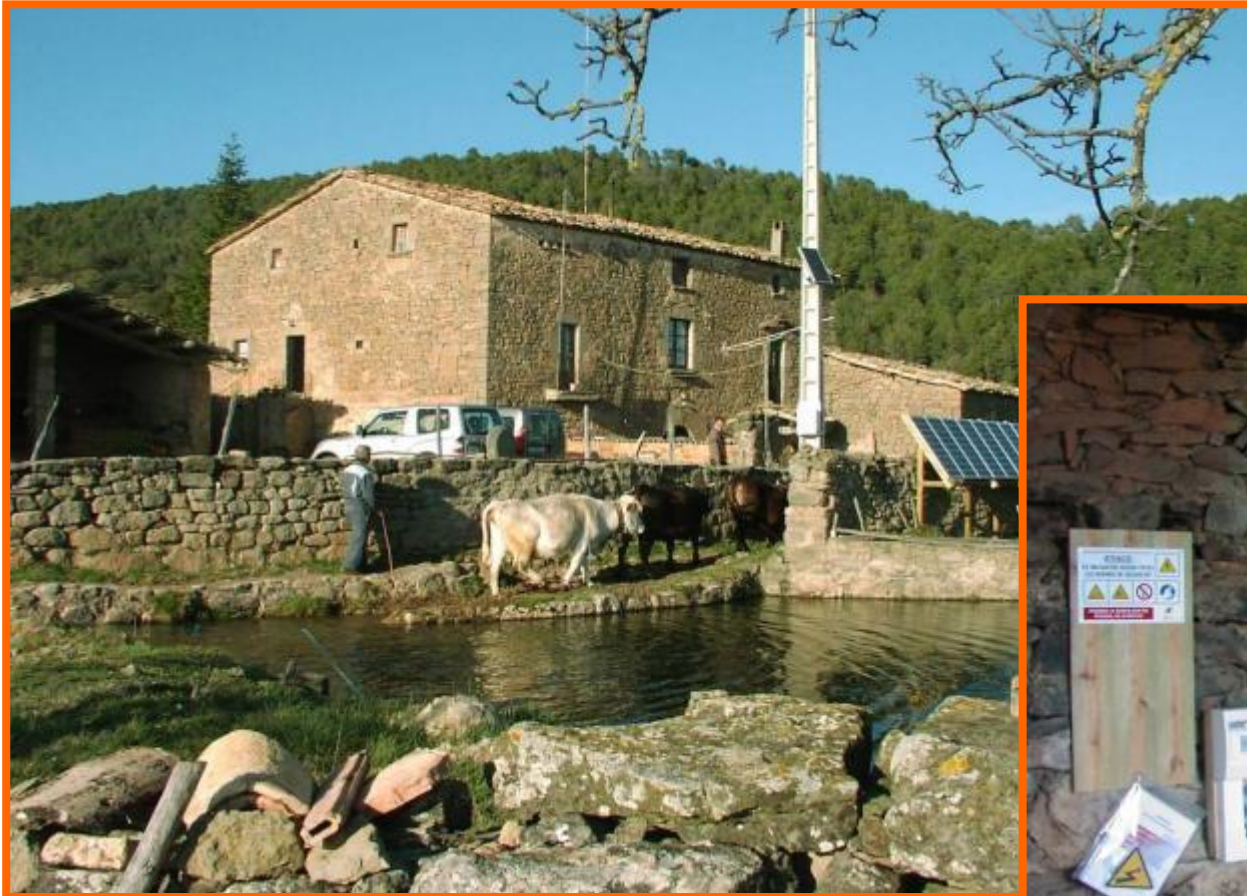
Configuracions: Repàs històric



Exemple Planta FV autònoma (3kWp- 3kWca) (EdF)



Exemple planta fotovoltaica individual



Pirineus, Catalunya



Repàs històric i tendència

1988-1992

Enllumenat a CC, 24V

Altres aparells a 230V ca, petits ondulators, ona quadrada modificada

1992-1997

Servei 230V ca, ondulators de fins 5 kW

1997-2004

Qualitat de servei: 230 V ca $\pm 10\%$ / 50 Hz. $\pm 1\%$ / Distorsió harmònica $< 3\%$

Nivells de potència elevats, gestió d'energia automatitzada, generació multi-font, potència modular, alta eficiència de conversió, MGS amb control de demanda individual

2004-2011

Normalització de especificacions i de solucions...

2012-..

Noves possibilitats tecnològiques. Ondulador dual (autònom - paral·lel a xarxa/G.E). Cobertura universal de telefonia mòbil. Enllumenat en cc (LED). Aparells receptors en cc. "smart grids". Vehicle elèctric...

ttta

Microplantes individuals o MGS?

Criteris de decisió:

- Distància entre escomeses
- Nivell de consum dels usuaris
- Viabilitat social
- Reglamentació vigent aplicable

Aplicacions:

- Domèstiques
 - Enllumenat, àudio, refrigeració,...
- Comunitàries
 - Enllumenat públic, escola, gendarmeria, dispensari ...
- Per activitats econòmiques
 - Equips industrials, antenes de telefonia mòbil, tallers...

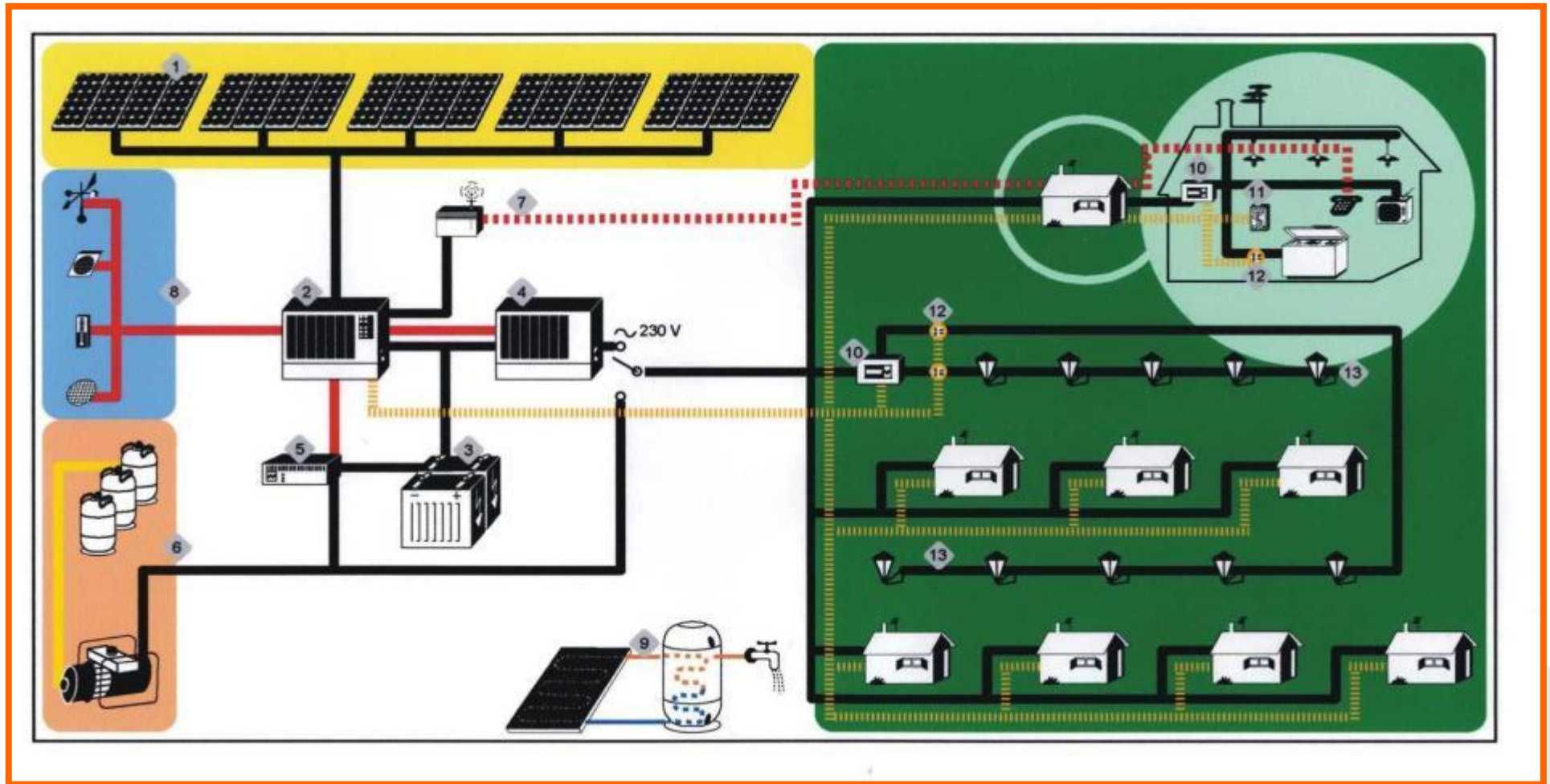
Microxarxa elèctrica rural amb Generació Solar (MGS) – definició -

- Generador elèctric basat en EERR o híbrid (EERR + grup electrogen)
- Servei elèctric permanent (24/7) al poble, oferint la possibilitat d'augmentar la capacitat, d'agrupació o de interconnexió
- Capacitat instal·lada de fins a uns 100 kW (segons CEI)
- Xarxa de distribució a baixa tensió
- Monofàsica o trifàsica
- Gestionat per un operador



Microxarxa Fotovoltaica a Cisjordania, Palestina

Esquema unifilar d' una MGS



Repte: distribució de l'energia disponible sense conflictes. Un usuari no pot abusar de la disponibilitat de la planta

→ Problema de distribució, mesura i gestió de l'energia elèctrica!

Microxarxa FV primerenca

Andalusia 1994



El mercat emergent

➤ El mercat de la electrificació rural en països en vies de desenvolupament

Magnitud: ~1300 milions de persones

952 TWh addicionals para assolir la electrificació universal el 2030

Demanda

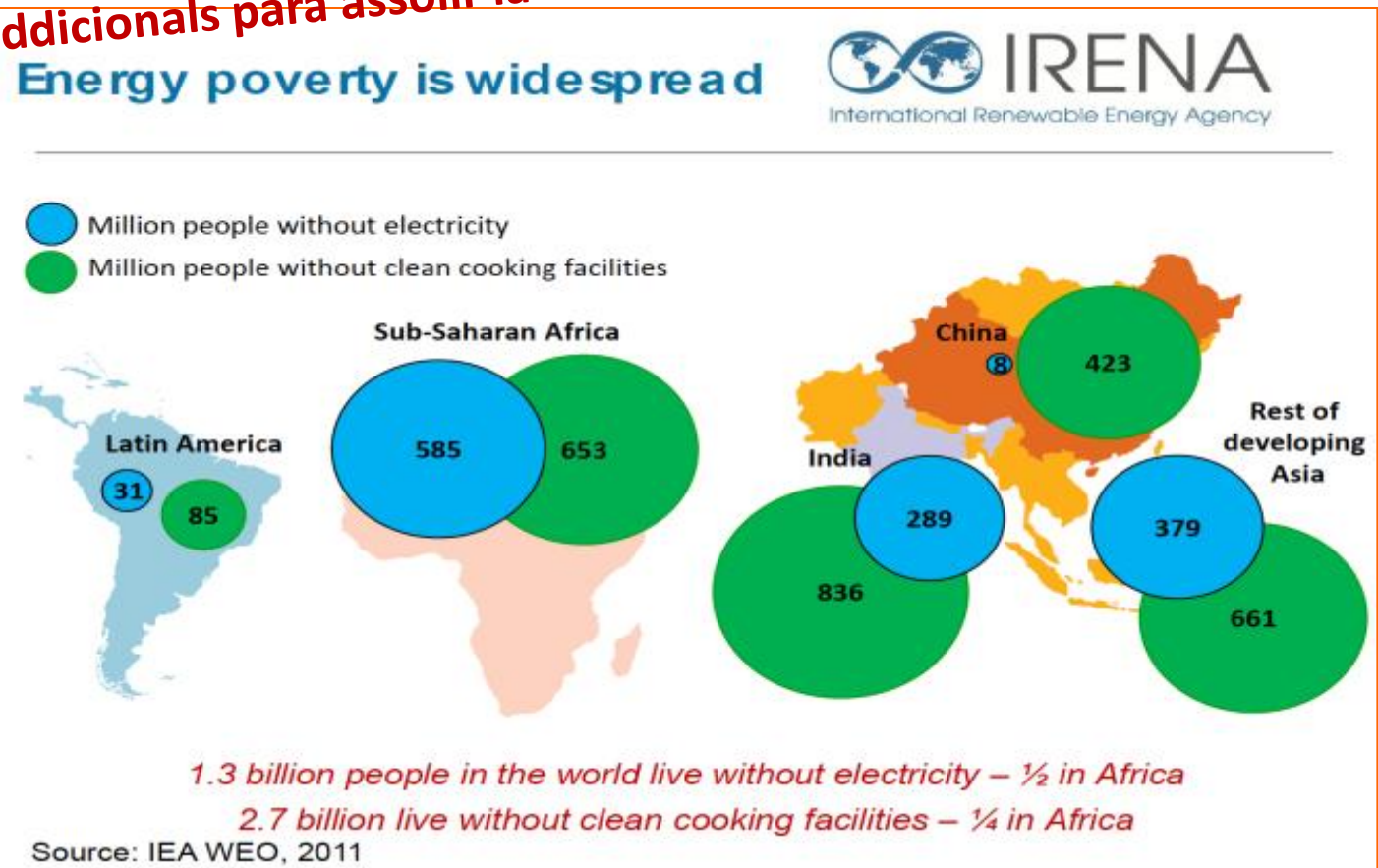
- Remota
- Dispersa
- Ingressos baixos
- Baixa demanda

Oferta

- Extensió de la xarxa
- Grups electrògens
- EERR individual
- Microxarxes EERR

Reptes financers

- Poc accés al finançament
- Gestió del risc



➔ **Molt sensible a la intervenció governamental!**

Finançament de l'electrificació rural

- L'energia ha de definir-se com a servei. És prioritari assegurar-ne la operació.
- La inversió pública es legítima tot i que es pugui aspirar a la seva disminució en un futur a llarg termini i augmentar la participació del sector privat.



ta

Factors Crítics pel succés

➤ Aspectes tècnics:

- Caracterització de la demanda
- Solució tècnica
- Concepte de mesura

ttta

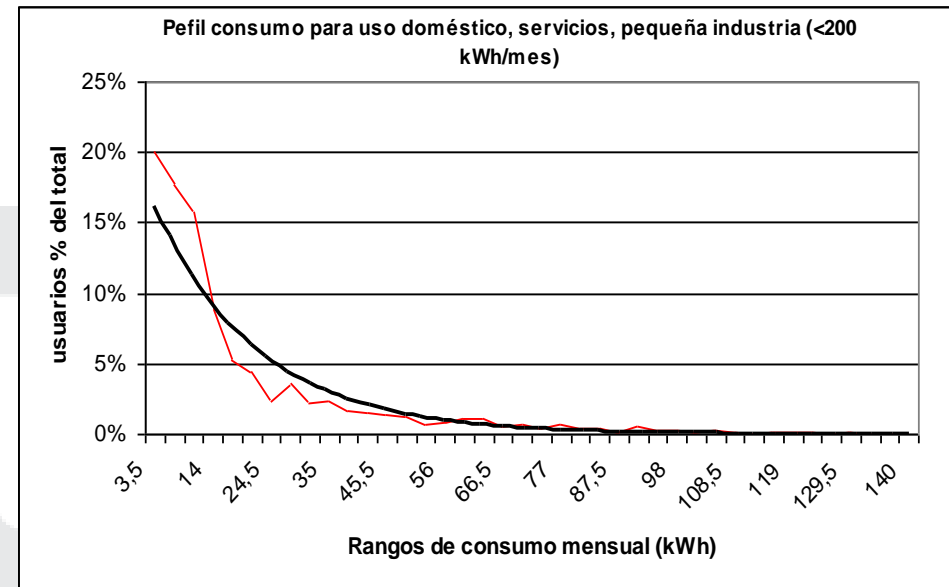
Caracterització de la demanda

- Necessari: Calcular la Energia a Disposició individual (ED_n) diària del(s) emplaçament/s. Constant tot l'any o mensual.
- Recomanat: Establir el perfil de demanda horari.
- Recomanat: Establir un histograma de potència (horària es suficient).
- Recomanat : Establir un nivell de fiabilitat desitjat (dies/any amb servei reduït).

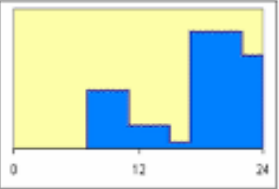

EFICIÈNCIA ENERGÈTICA ÉS OBLIGATORIA EN TOTS ELS PROJECTES

MÈTODES:

1. Enquesta particular
2. Comparació amb emplaçaments similars ja electrificats
3. Combinació d'ambdós



Perfil 1- Consum de cicle diari elemental

PROFILE	LOAD	AVOIDABLE	DEFERRABLE	INTERRUPT.	MODULABLE	TYPICAL DAILY RANGE (Wh/day)	
1 		NO	NO	NO	YES	275	550
						275	550

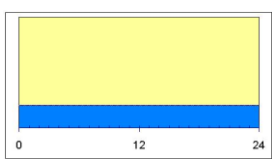
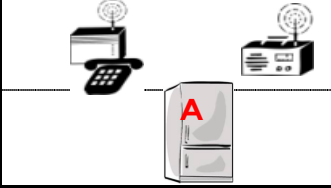
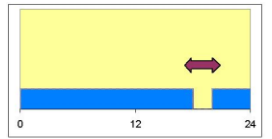
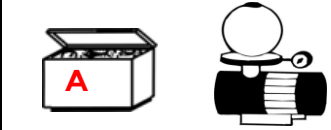
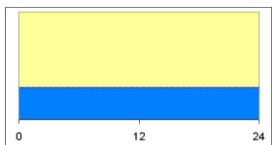

Perfils típics de Demanda Diaria

Perfil 2- Consum base

2a-Consum base

2b- Consum base interrompible

2c- Consum base - Mode “en espera”

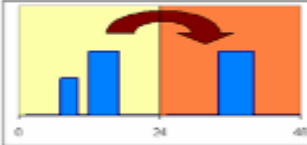

PROFILE	LOAD	AVOIDABLE	DEFERRABLE	INTERRUPT.	MODULABLE	TYPICAL DAILY RANGE (Wh/day)	
2a 		NO	NO	NO	NO	275	275
						550	1100
2b 		NO	NO	YES	NO	550	1100
2c 		YES	NO	YES	YES	0	1100



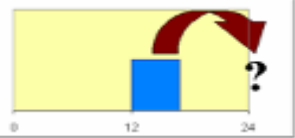

Perfil 3- Consum diari diferible

PROFILE	LOAD	AVOIDABLE	DEFERABLE	INTERRUPT.	MODULABLE	TYPICAL DAILY RANGE (Wh/day)	
3 		NO	YES	YES	NO	275	UP TO 5000

Perfil 4- Consum diferible periòdic

PROFILE	LOAD	AVOIDABLE	DEFERABLE	INTERRUPT.	MODULABLE	TYPICAL DAILY RANGE (Wh/day)	
4 		NO	YES	SOME	NO	275	1100

Perfil 5- Consum "llast"

PROFILE	LOAD	AVOIDABLE	DEFERABLE	INTERRUPT.	MODULABLE	TYPICAL DAILY RANGE (Wh/day)	
5 		YES	YES	YES	YES	550	1100

Categories de la demanda

• Classifiquem las demandes dels abonats en base a la ED (Energia Diària) y categoria d'ús per a poder considerar un perfils de consum idealitzats

	Categoria A	Categoria B	Categoria C	Categoria MGS petita
Tipus d'ús	Individual elemental "consum molt baix i baix" (il·luminació i àudio/vídeo).	Serveis individuals mitjos (igual a la categoria A + congelador o frigorífic i electrodomèstics) O serveis comunitaris (dispensari: il·luminació i congelador, etc.	Serveis individuals alts (igual a la categoria B + rentadora, aspiradora, feines esporàdiques, etc.) O enllumenat públic	Microxarxa multiusuari amb agregat de consums individual i consums comunitaris de categoria A, B i C
Característica essencial de consum	<ul style="list-style-type: none"> • Pocs receptors • Potència de receptors baixa • Perfil de consum elemental diari rígid (P1) 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de receptors mig • Receptors més potents • Irrupció de potència arrancada • Perfil elemental rígid i perfils de consum base (P1+P2+P3) • o Múltiples usuaris categoria A (P1+P1+ .. n) 	<ul style="list-style-type: none"> • Molts receptors • Alguns receptors són potents • Irrupció de potència arrencada • Perfil de consum "Variable" (P1+P2+P4+P5) 	<ul style="list-style-type: none"> • Receptors potents • Irrupció de potència mitja • Molts usuaris alguns amb perfil de consum "Variable" (P1+P2+P4+P5)
Potència requerida probable	$P_N \leq 100 \text{ W}$	$0,1 \text{ kW} < P_N < 1,5 \text{ kW}$	$0,5 \text{ kW} \leq P_N < 4 \text{ kW}$	$P_N \geq 3 \text{ kW}$
Potència pic probable	$P_s = 100 \text{ W}$	$P_s = P_n + 1 \text{ kW}$	$P_s = P_n + 2 \text{ kW}$	$P_s = P_n$
Promig Energia 24h	$E \leq 275 \text{ Wh/d}$ (<u>molt baix</u>) $E \leq 1000 \text{ Wh/d}$ (<u>baix</u>)	$E \leq 2 \text{ kWh/d}$	$2,2 \text{ kWh/d} < E < 5 \text{ kWh/d}$	$E < 50 \text{ kWh/d}$

Solució tecnològica

Diagrama d'una planta FV petita en CC

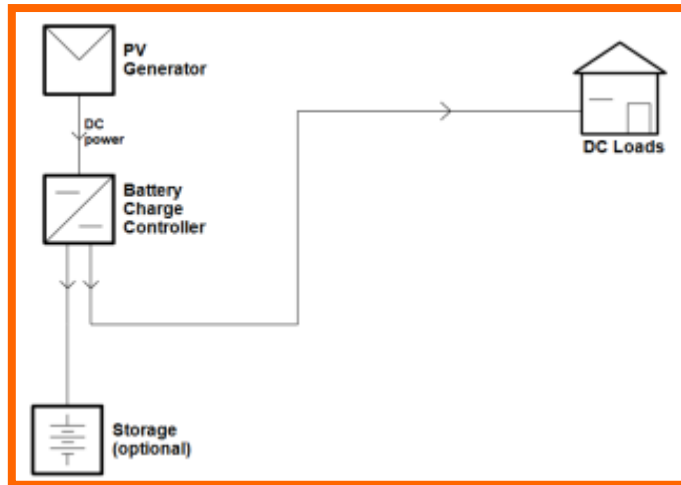


Diagrama d'una planta FV amb servei CA

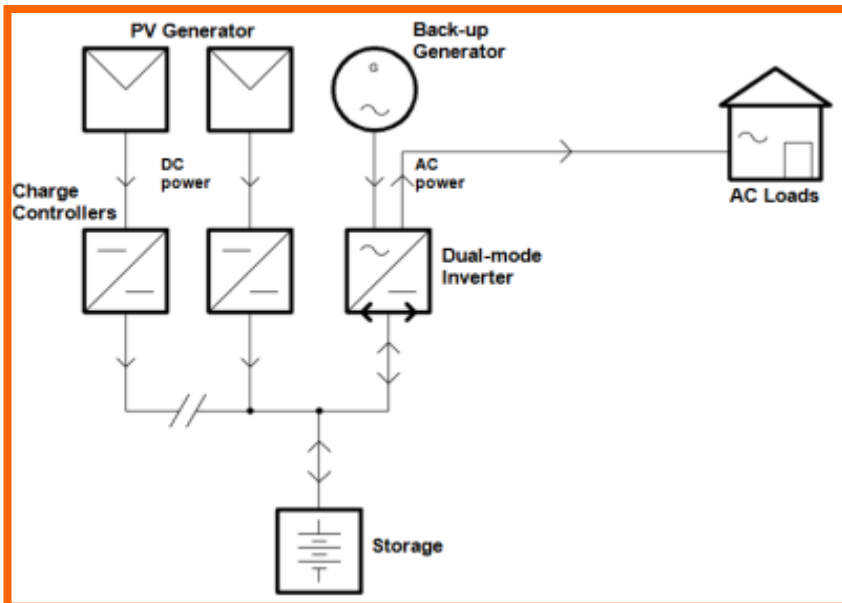
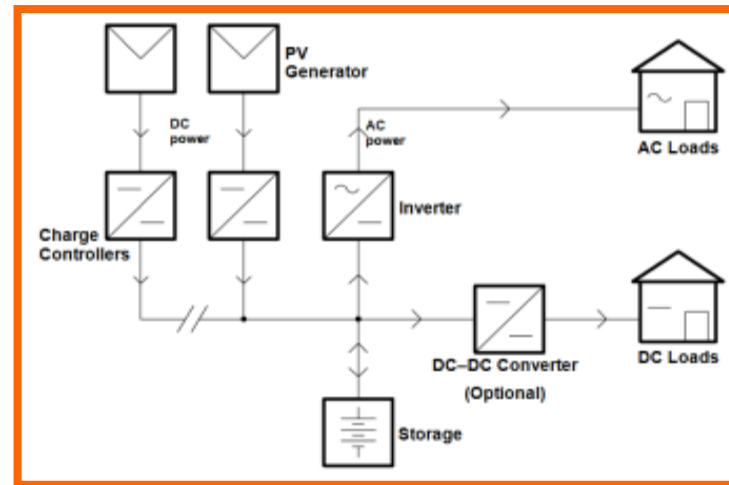


Diagrama d'una planta FV multi-font (híbrida)

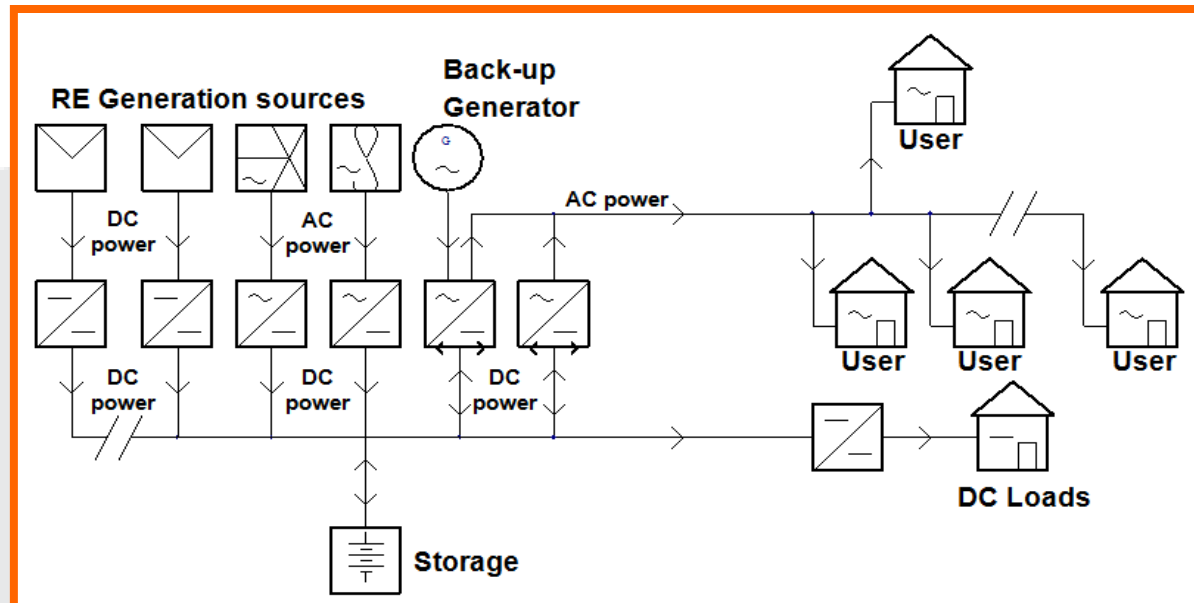
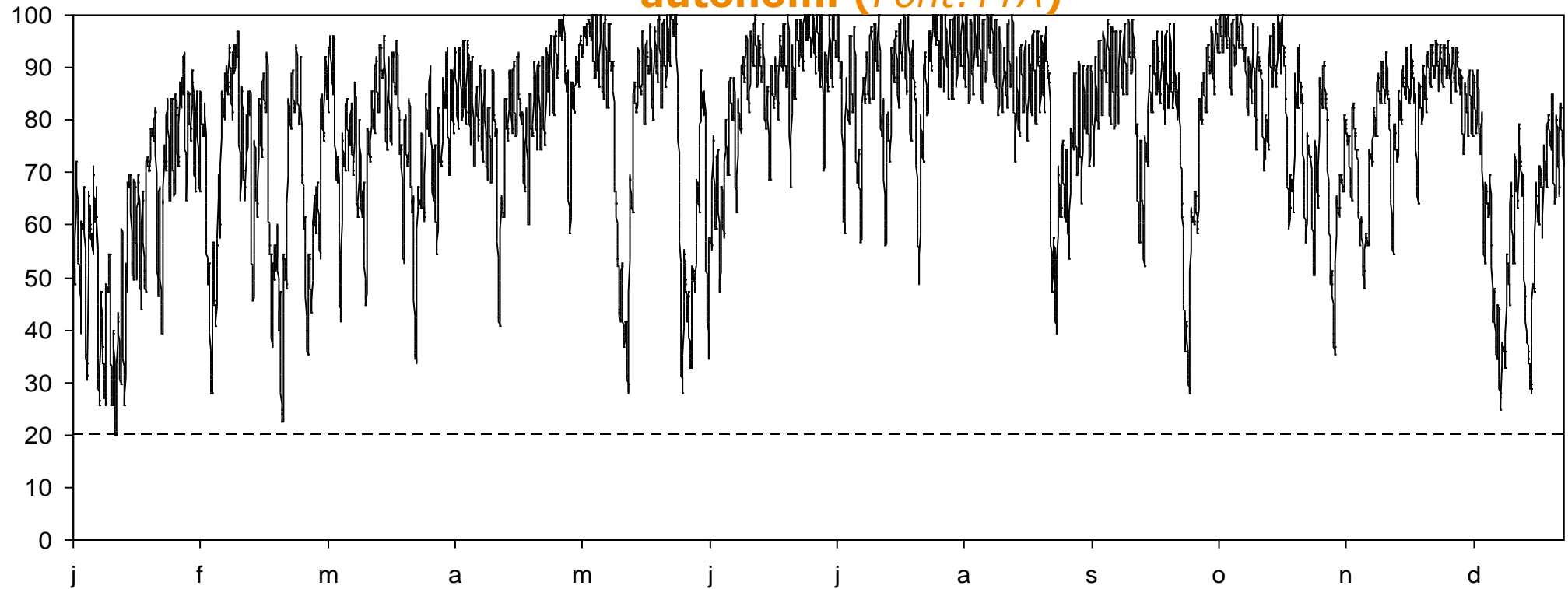


Diagrama genèric de una microxarxa rural

Emmagatzematge elèctric: ciclat diàri i estacional

% SOC

Nivell de càrrega registrat en la bateria d'un habitatge fotovoltaic autònom. (Font: TTA)



Logística en la selección de la solución tecnológica

- Accesibilitat

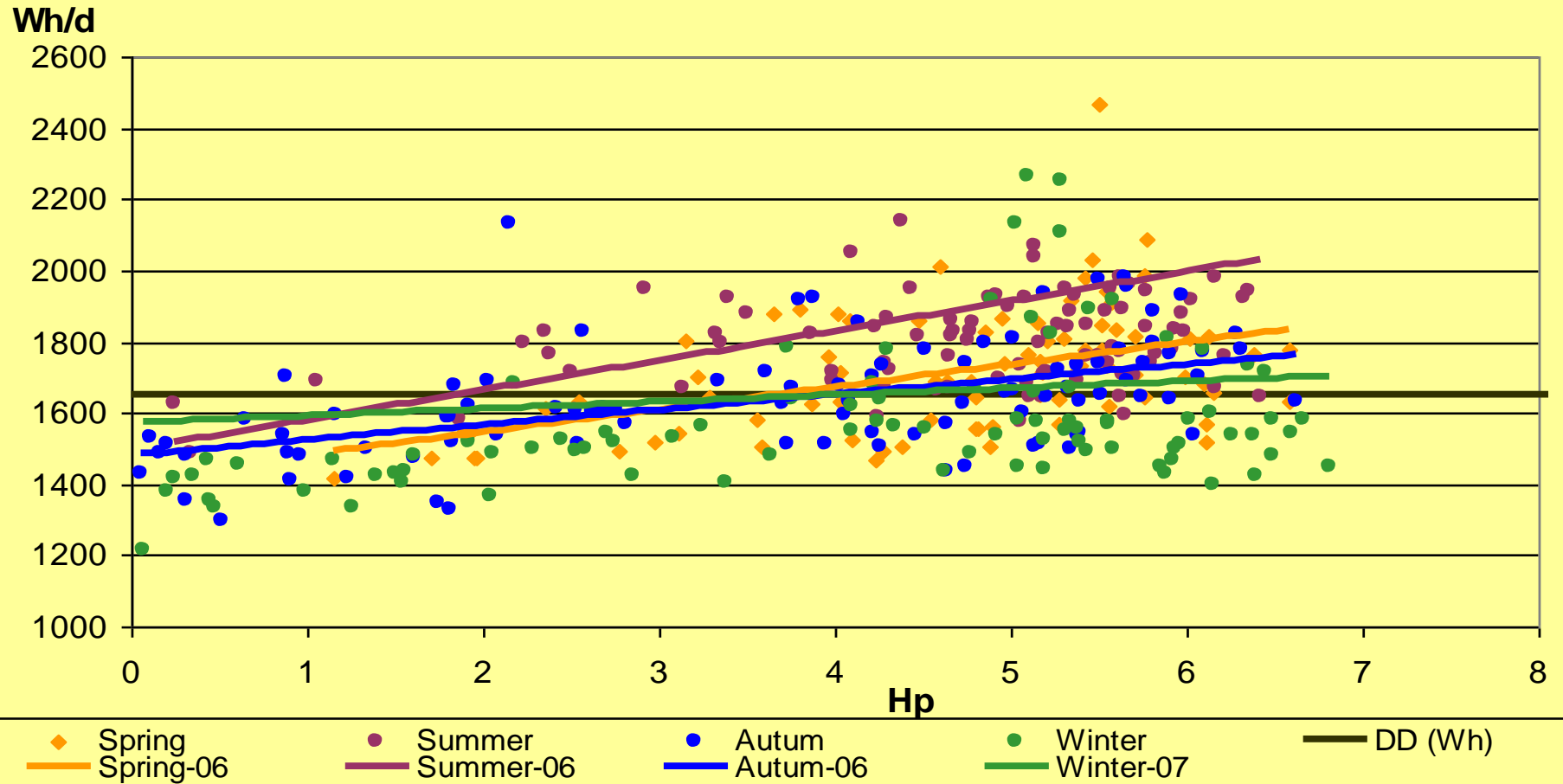


Concepte de mesura



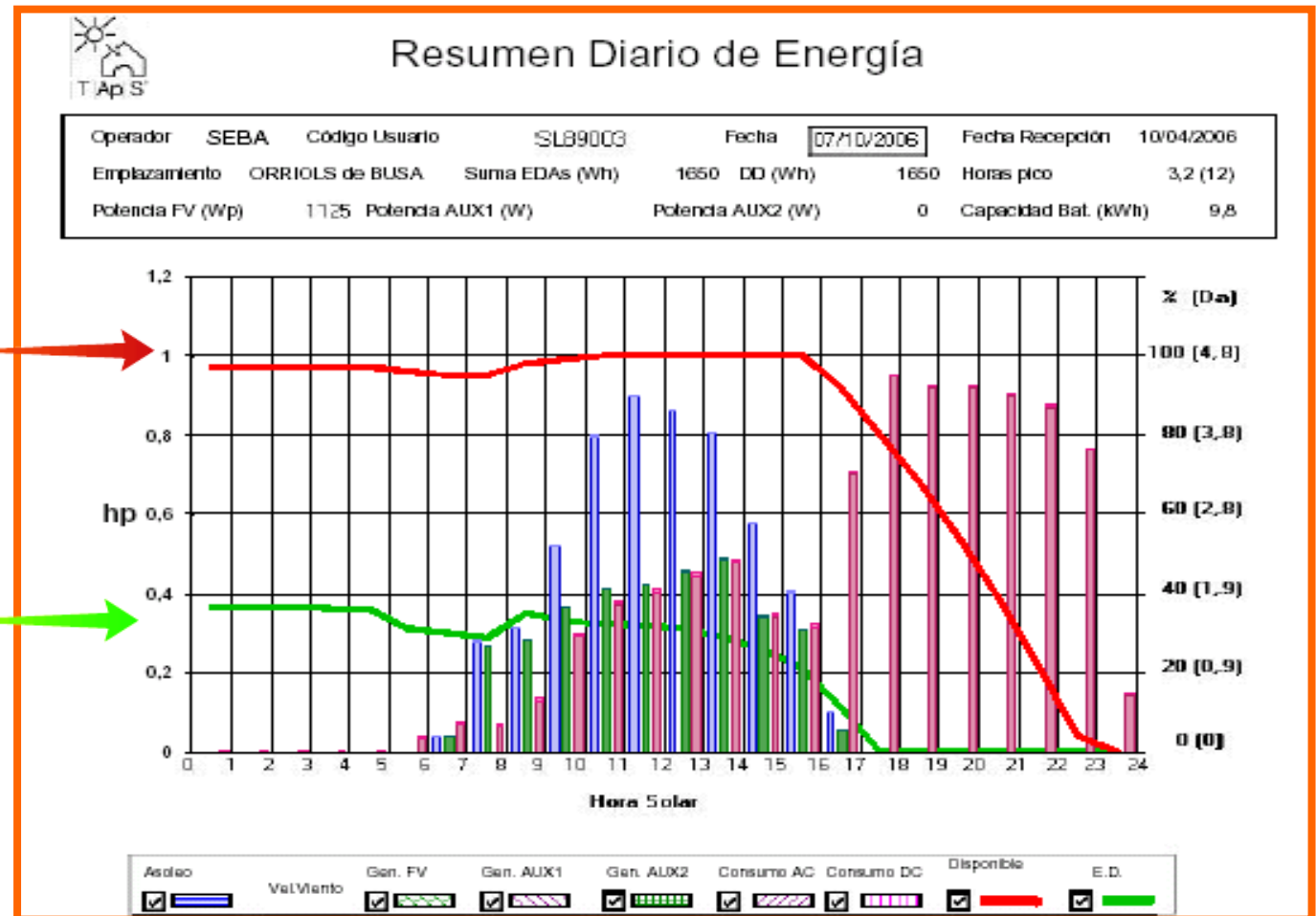
Comportament sensible

SL05028



Control de consum d'energia: Energia diària assignada (EDA) vs SoC

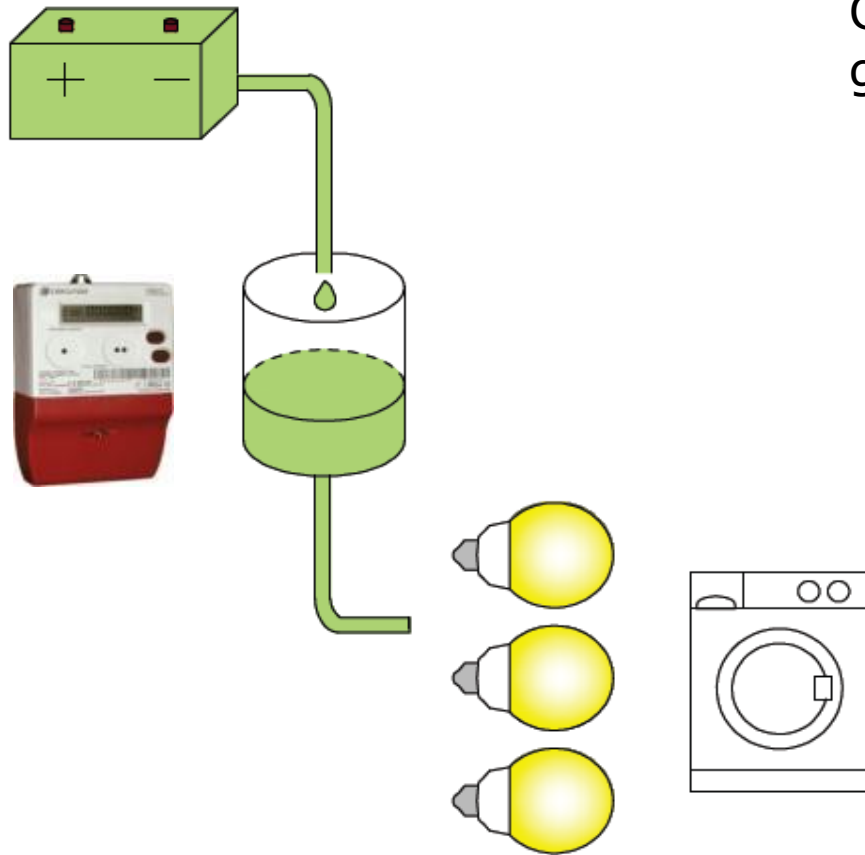
- Exemple Pirineus: 12 anys de vida de bateries



Situació sense EDA: bateria descarregada i indisponibilitat pel dia següent

Concepte EDA: desconexió de l'usuari quan la seva assignació s'esgota. Més energia disponible pel dia següent i nivell de càrrega més alt

L'algorithm EDA en una microxarxa



Com analogia, ens podem imaginar que l'abonat gestiona un dipòsit d'aigua:

- El dipòsit s'omple "gota a gota" segons l'assignació d'energia diària contractada
- Quan consumim el dipòsit es buida
- Si el consum es equilibrat el nivell es manté
- El dipòsit té una capacitat equivalent a 3 dies d'energia diària assignada (3 X EDA)
- L'energia es pot consumir en qualsevol moment, però no es poden emmagatzemar més unitats que la capacitat del dipòsit

EDA en el dispensador-comptador d'electricitat

Comptador elèctric monofàsic amb funcions de dispensador d'electricitat (patentat)

Interruptor principal de corrent (40A):

- Gestió de l'Energia Diària Assignada (EDA)
Segons tarifa contractada
- Limitació Potència màxima programable

Interruptor intel·ligent (5A) :

- per a consums diferibles

Targeta RFID intel·ligent per:

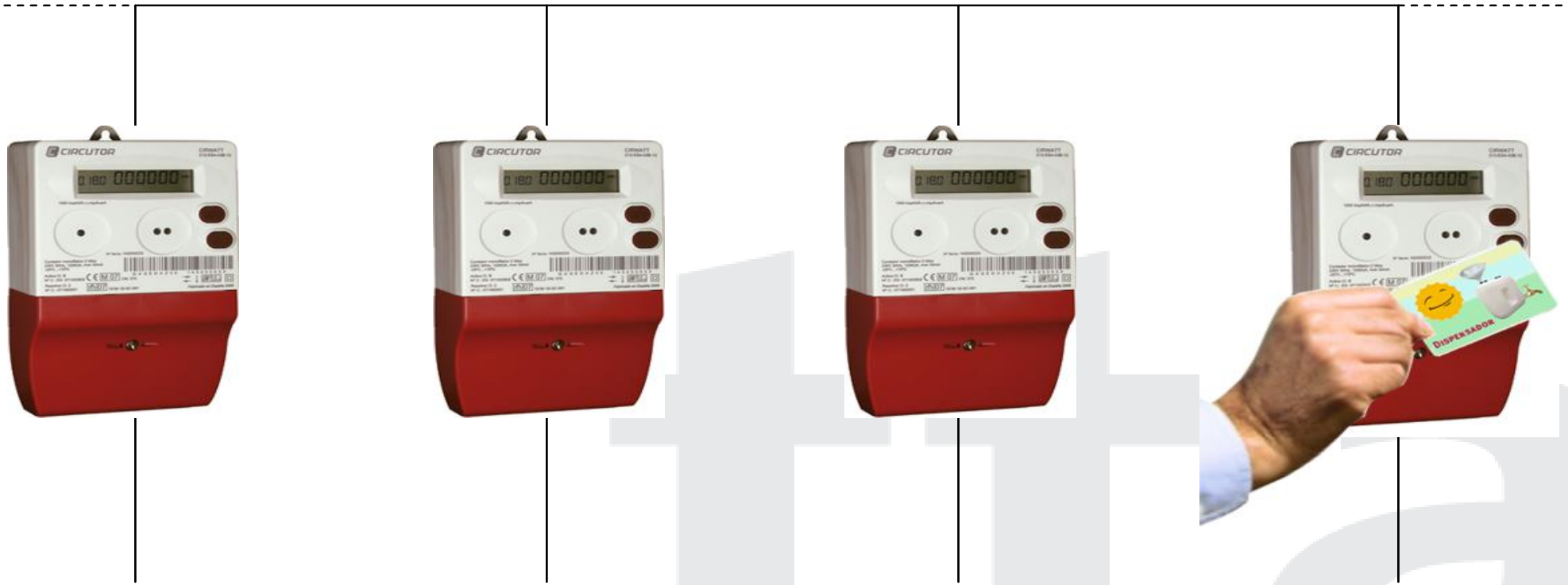
- Gestió de les tarifes
- Consums en diferents dispensadors
- Control facturació de las quotes

- **Comptador de energia certificat (MID EN 50470-1 and EN 50470-3)**



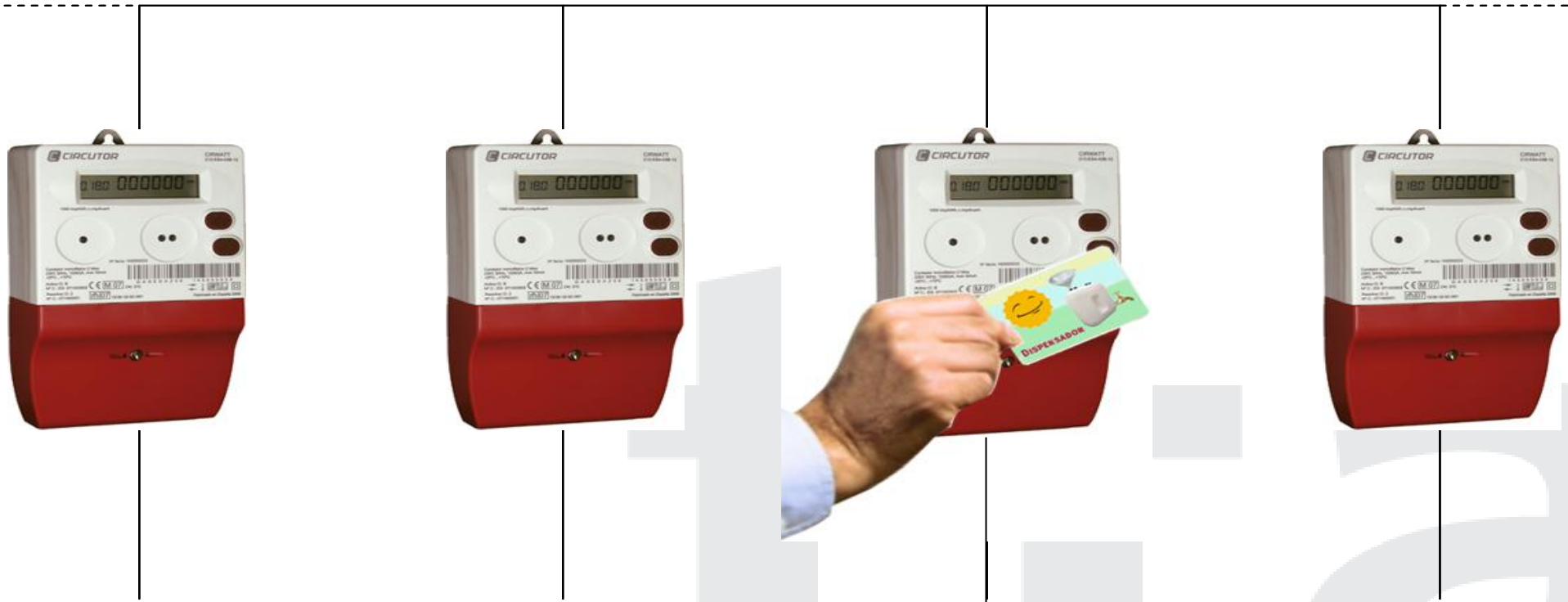
Dispensador-comptador d'electricitat

- Pauta del consum diari d'energia al valor contractat
- L'usuari paga una preu fix (igual) per el servei d'energia
- Flexibilitat de gestió i de punt de consum

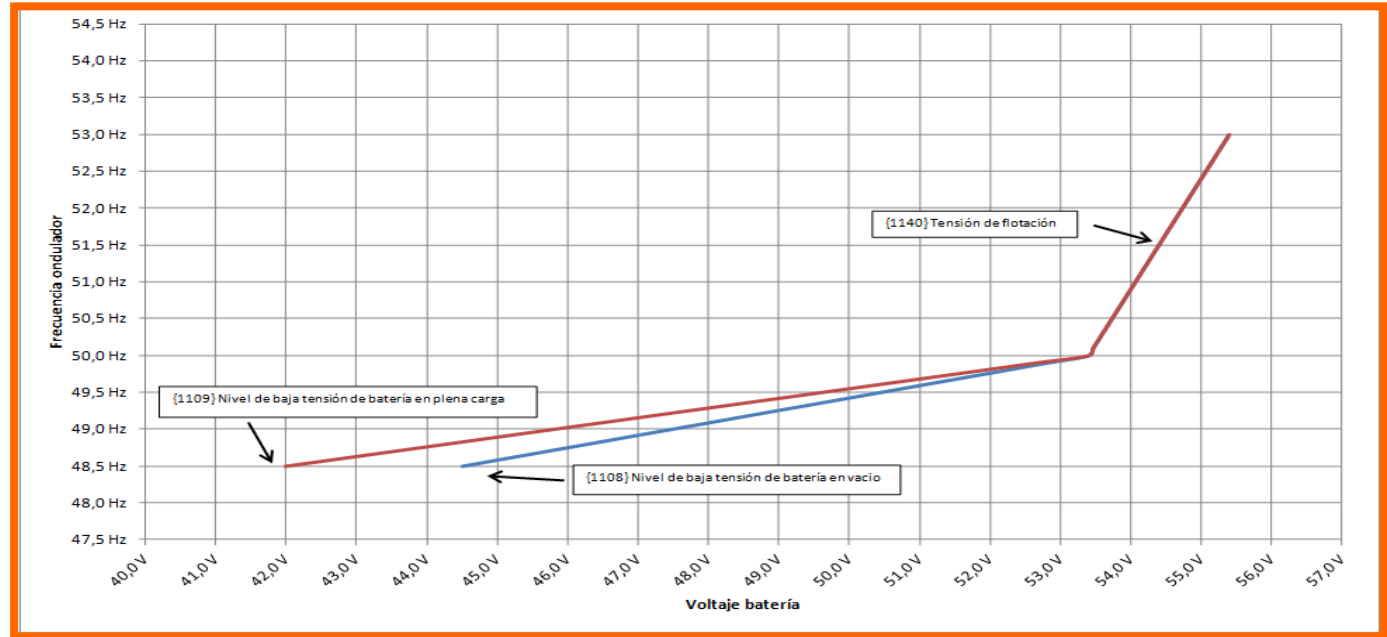


Dispensador-comptador d'electricitat

- Pauta del consum diari d'energia al valor contractat
- L'usuari paga una preu fix (igual) per el servei d'energia
- Flexibilitat de gestió i de punt de consum



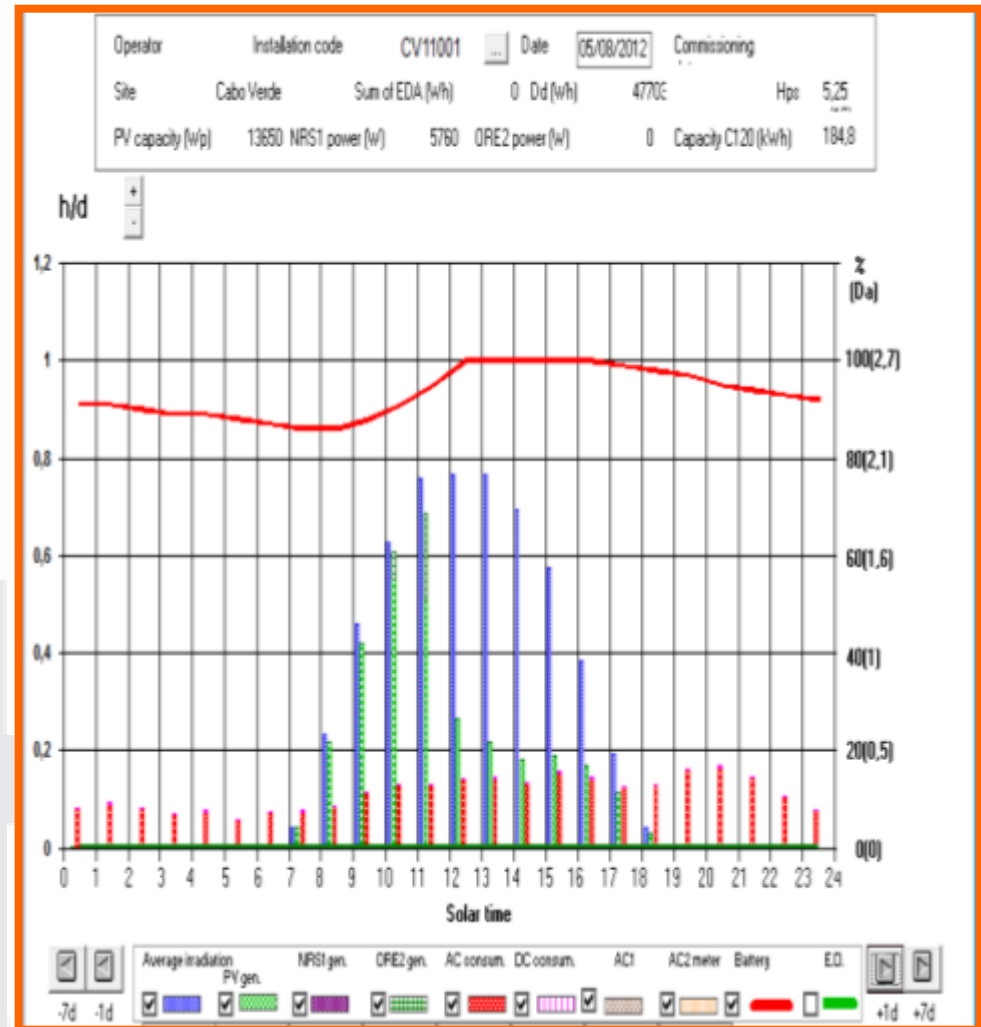
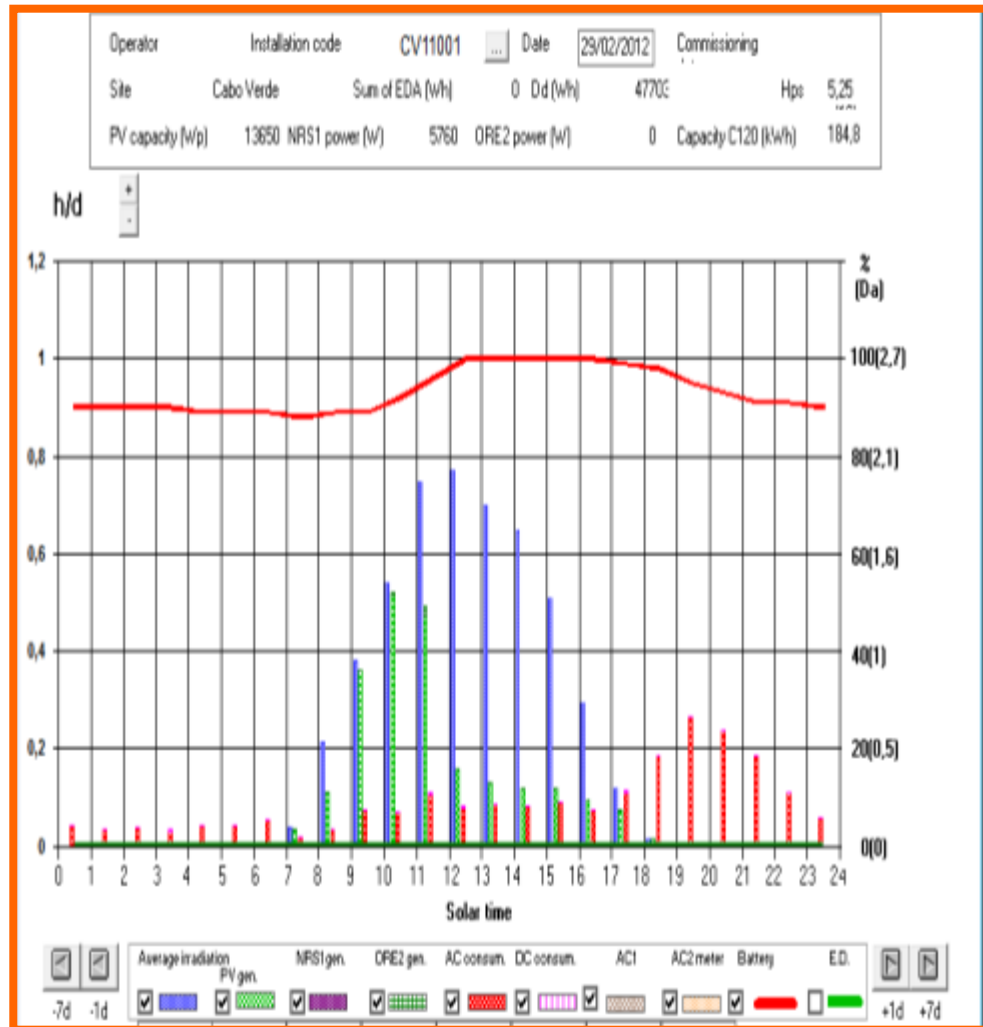
Senyal de preu sobre el Dispensador-comptador



Mode	Descripció	Factor de preu	Activació
Normal	EDA i potència segons valors nominals	1	Energia en el rang normal
Bonificació	Preu instantani de l'energia consumida és inferior al "normal"	0,5	Controlador de càrrega FV regulant
Restricció	Preu instantàneo de l'energíi consumida és superior al "normal"	2	Nivell de càrrega de bateria baix
Limitació de Potència	Potència màxima permesa reduida	0,8	Potència de l'ondulador excedeix els nivells màxims configurats

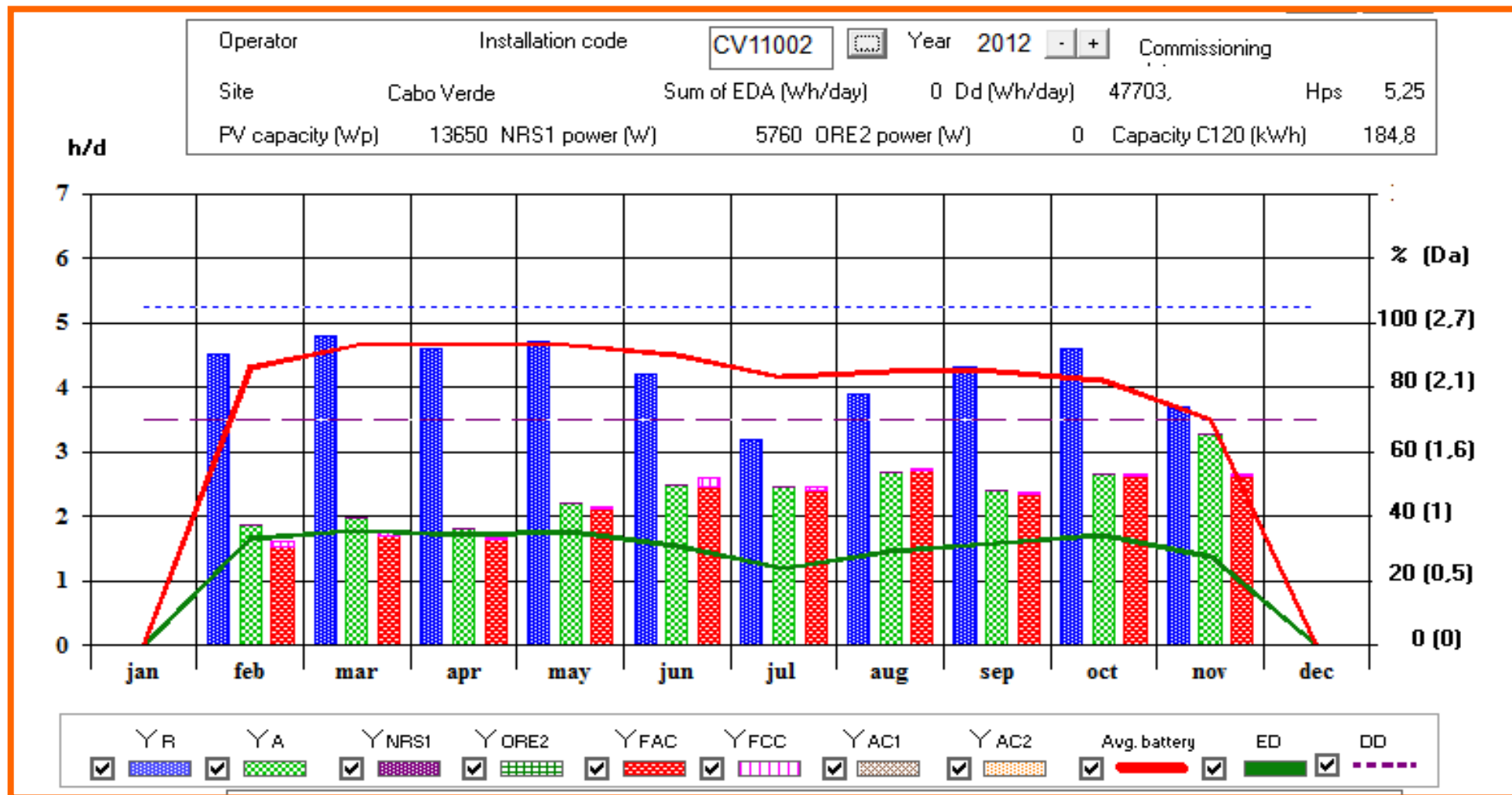
Efectes del Dispensador d'electricitat

Sobre pautes de consum



Efectes del Dispensador d'electricitat

Sobre limits de consum



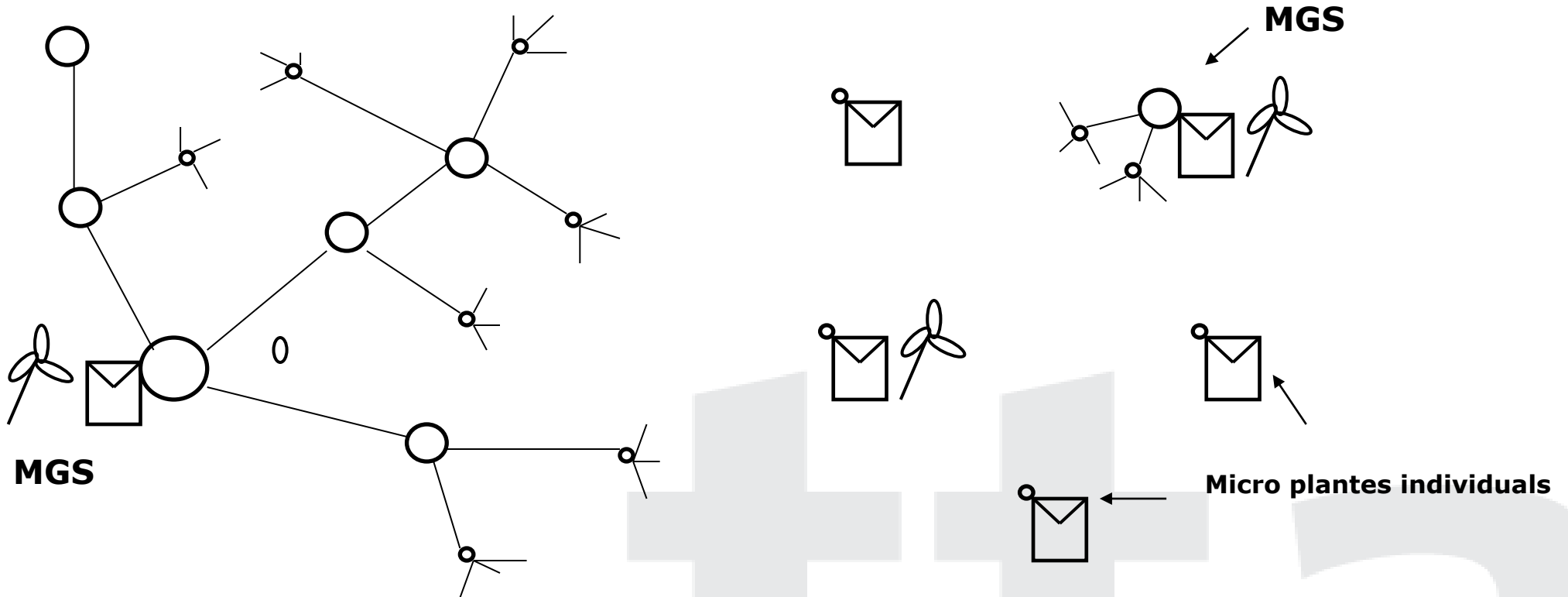
Factors Crítics pel succés

- **Aspectes financers:**
 - Model de gestió
 - Estructura tarifaria
 - Marc reglamentari

ttta

VISIÓ:

Electrificació universal amb operadors de plantes individuals o microxarxes i una concessió geogràfica



Models de gestió

- **Necessitats:** gestió, manteniment i capacitat de resposta davant l'augment de la demanda, innovacions tecnològiques, etc.

Model local (comunitat)

- El propietari i operador es la pròpia comunitat beneficiària



Model Privat

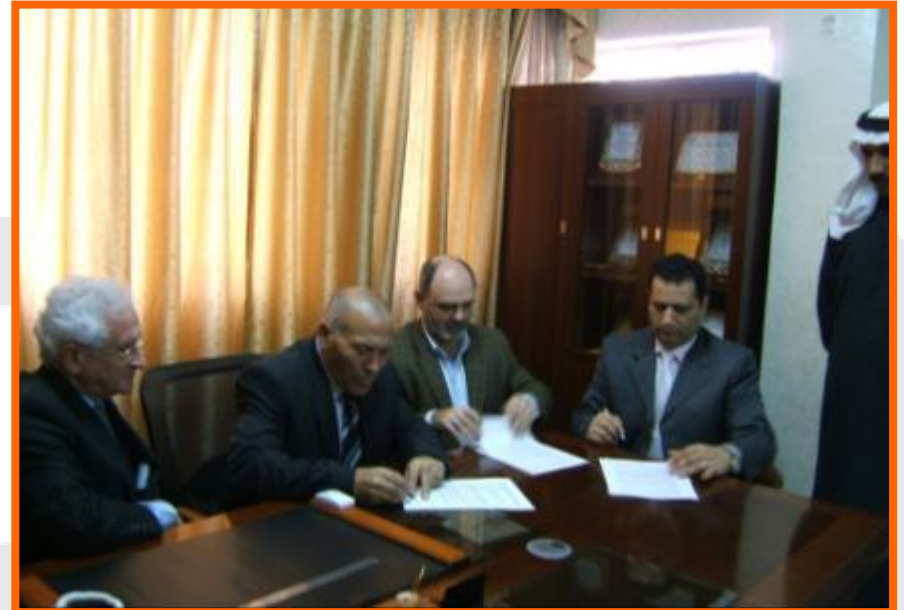
- El sector privat entra en el mercat incentivat per mecanismes de subsidi i/o de concessions a llarg termini

Model empresa elèctrica

- Empreses elèctriques distribuïdores diversificades

Model mixt

- Basats en la col·laboració pública i privada



Esquemes tarifaris

Sostenibilitat financera :

- Tarifes dissenyades per assegurar prou ingressos per satisfer com a mínim els costos d'O&M&G, reposició d'actius i imprevistos, incloent o no, la recuperació de la inversió

Esquemes tarifaris:

- Plana
- Per Potència contractada
- Base Energia
- Base Servei
- Combinació

Pre-pagament o post-pagament

ttta


























Exemple pràctic de tarifa basada en el concepte EDA

- Tradicionalment el consumidor paga per kWh sense límits (excepte capacitat de pagament)
- En els models d'electrificació amb EERR autònom o en microxarxa existeix una limitació física a la disponibilitat d'energia
- Paguem per disponibilitat i no per consum
- Tarifa basada en la **Energia Diària Assignada** (tarifa plana)
- Clar per el consumidor i senzill per a l'operador de la microxarxa

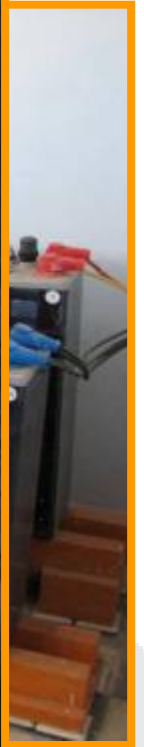
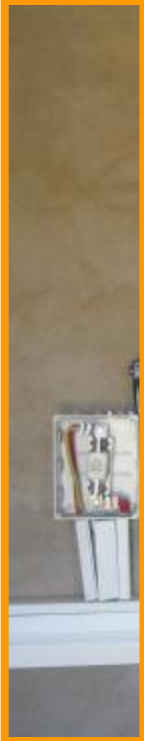
ttta

Exemple de Tarifa EDA

Més habituals a un poble del Txad

Tarifes										
Codi (Txy)	Cost mensual (CFA)	EDA (Wh/dia)	Potència màxima (kW)							
T11	4.100	550	0,5							
T21	11.200	1.100	0,5							
T41	22.000	2.200	0,5							
T72	38.600	3.850	1,0							 24h
T82	43.900	4.400	1,0							 24h

Exemples de Microxarxa: Akane, Marroc



Exemple microxarxa rural: Monte Trigo (Cap Verd)

17°01'N , 25°19'O , 00 m s.n.m., municipio de Porto Novo



Esquema tarifari i quota d'energia

Selecció de tarifes per al projecte de Monte Trigo (Cabo Verde)

EDA escollida segons voluntat de pagament dels usuaris i la sostenibilitat del servei

Tarifa fixa mensual segons nivell de EDA, límit de potència i emmagatzematge virtual

Categoría	EDA (Wh)	Limit Potencia (kW)	Max. Capacidad días de EDA	Importe Mensual (€)
T0301	825	0,55	3	13,36
T0401	1100	0,55	3	16,58
T0602	1650	1,1	3	24,74
T0802	2200	1,1	3	31,57
T1203	3300	1,65	3	46,16

Solució Tecnològica i social



Solució de valor afegit: participació dels usuaris



Solució de valor afegit: pèrgola fotovoltaica al pati de l'escola



Solució: sala tècnica



Solució: distribució monofàsica en BT



Sostenibilitat: Formació als usuaris i cuidadors



Producció de gel en horari de "bonificació"



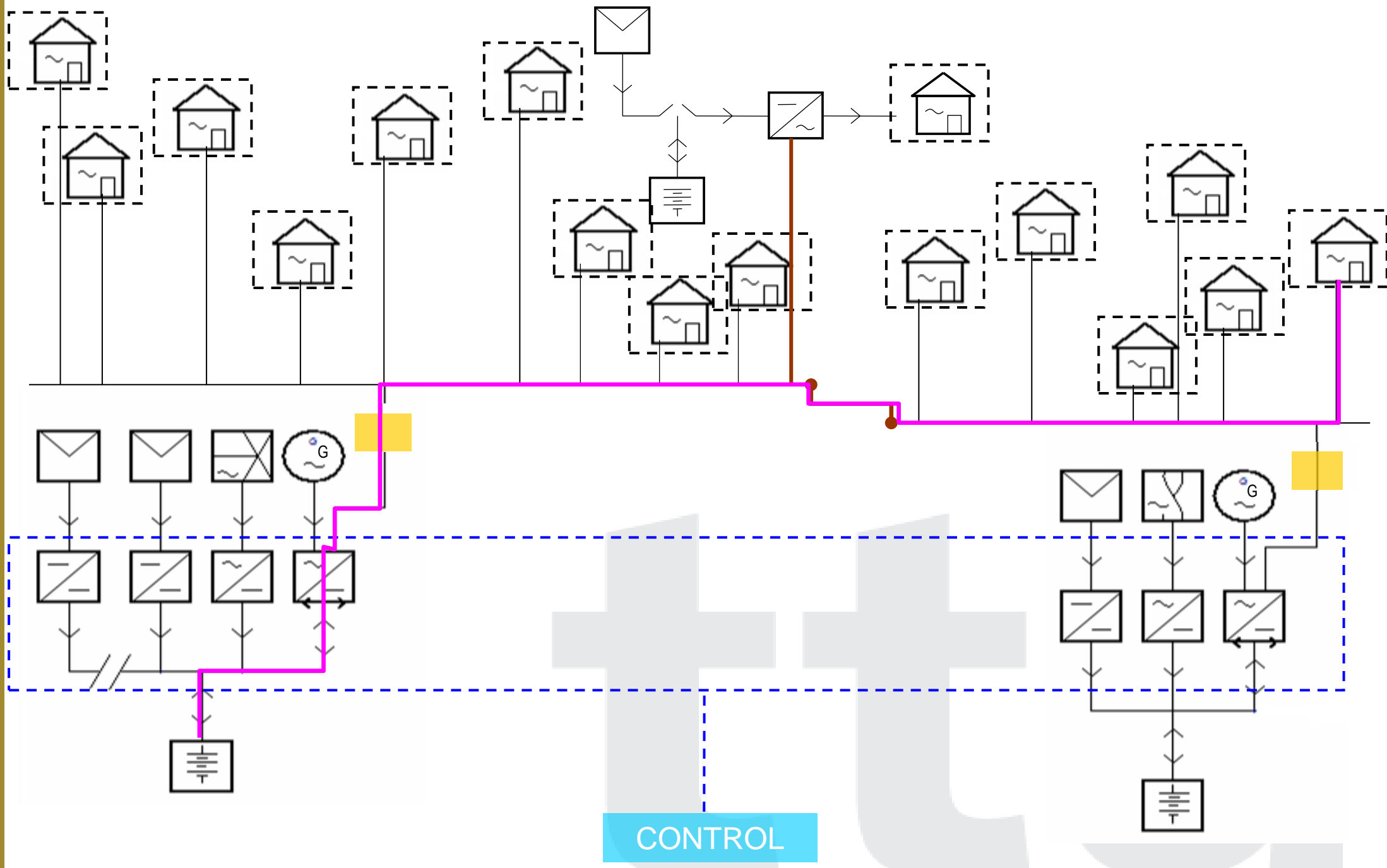
Configuració Tecnològica – Ampliable



2012

2013





CONTROL

Gràcies !

xavier.vallve@tta.com.es

www.tta.com.es

An aerial night photograph of a city, likely TTA, showing a dense cluster of buildings illuminated by streetlights and building lights. In the foreground, a large, modern building with a curved facade is visible, also lit up. The background shows a dark sky and a body of water on the right side.