PROGRAMA MAC 2007 - 2013
Cooperación Transnacional

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

APRENMAC

APROVECHAMIENTO DE RECURSOS ENDOGENOS
PARA EL DESARROLLO DE SECTORES DE ACTIVIDAD
SOSTENIBLE Y DE ALTO VALOR AÑADIDO:
BIOTECNOLOGIA, AGUA Y ENERGIA

Sostenibilidad de microrredes aisladas: el papel de la gestión de la demanda

Daniel Henríquez
Dpto. Energías Renovables
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS

Jornada de Divulgación de Resultados del Proyecto APRENMAC

18 de noviembre de 2015 - Las Palmas de Gran Canaria

SOCIOS ESPAÑOLES

itc INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS (JEFE DE FILA)

Gobierno de Canarias

Mancomunidad del Sur Este Gran Canaria

SOCIOS DE CABO VERDE

Ministério Turismo, Investimentos e Desenvolvimento Empresarial

Ministério Ambiente, Habitação e Ordenamento do Território

Universidade Cabo Verde uni-cv

Câmara Municipal da Praia

APRENMAC. Objetivo 3

- Dinamizar el desarrollo de microrredes en el área de cooperación
- Analizar el marco regulatorio existente
- Promover modelos de gestión innovadores que ayuden a garantizar la sostenibilidad de las microrredes
- Identificar proyectos potenciales, analizando su viabilidad económica.
- Dinamizar la inversión y búsqueda de financiación para la ejecución de los proyectos identificados
- Dinamizar el desarrollo de nueva regulación que potencie la sostenibilidad

ACTIVIDADES

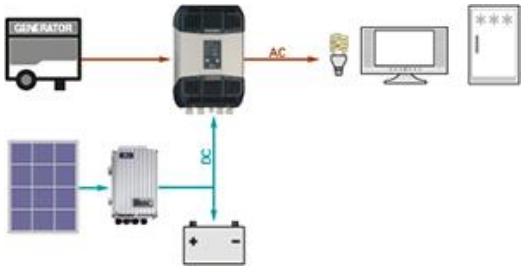
9. Diagnóstico

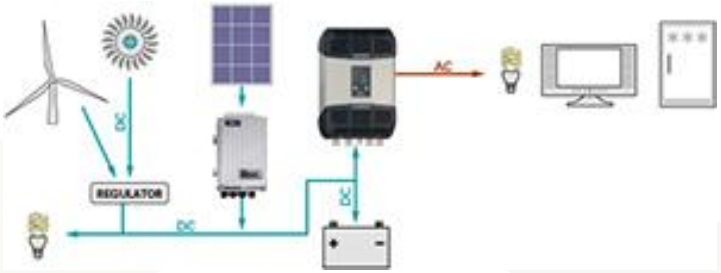
10. Análisis de modelos de gestión energética

11. Identificación y evaluación de proyectos

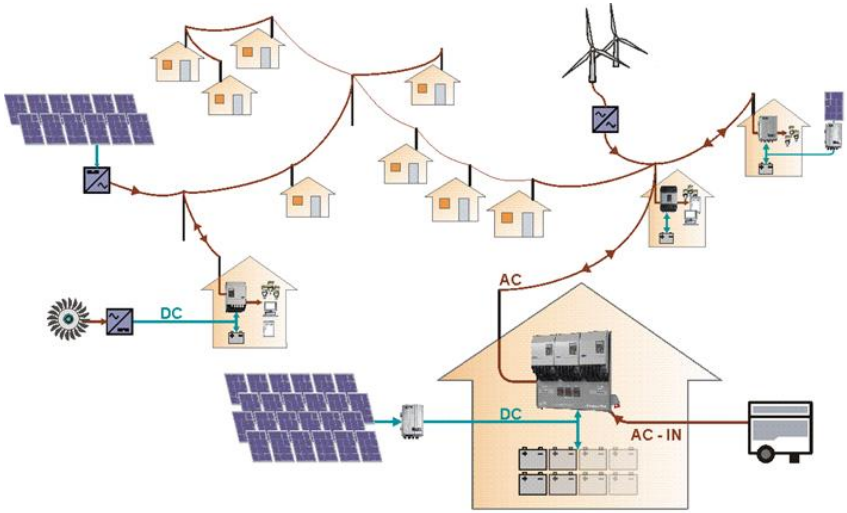
Arquitecturas de sistemas

Acoplados en DC



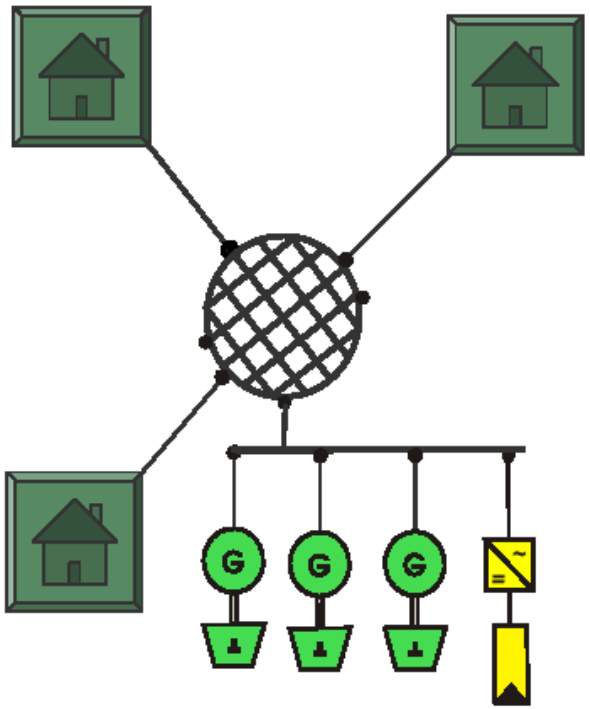


Acoplados en AC

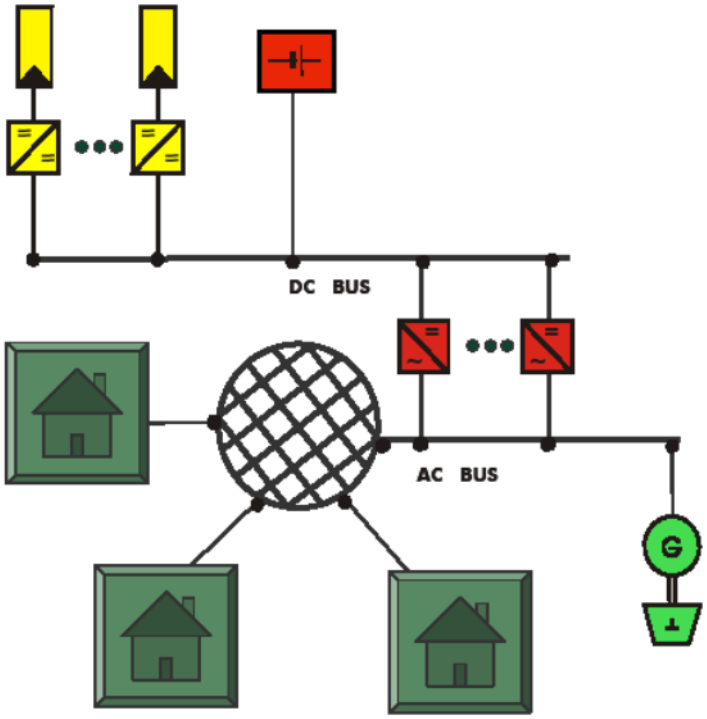


Arquitecturas de sistemas

Dominadas por diesel



Dominadas por inversor (bat) / diesel



Gestión energética de una microrred

- Él sistema de gestión energético de la microrred debe optimizar los flujos de energía de tal manera que la demanda sea cubierta de forma continua

- En una **red aislada:**

  1. La demanda es cubierta directamente por las fuentes renovables
  2. Si la generación renovable es mayor que la demanda, el sobrante se utiliza para cargar baterías. Si la batería está llena, **la energía se pierde** o se utiliza para alguna carga diferible (desalación, bombeo, climatización, hielo …)
  3. Si la generación renovable no es suficiente para satisfacer a la demanda, la energía adicional es suministrada por la batería
  4. Si la batería no puede suministrar la energía necesaria para cubrir la demanda:
     A. Desconexión de cargas no criticas y/o
     B. Arranca el generador diésel: solo para cargar baterías o cargar baterías y suministrar energía a la carga

Gestión energética de una microrred

- Si la microrred está **conectada a la red eléctrica**

1. La demanda es cubierta directamente por las fuentes renovables
2. Si la generación renovable es mayor que la demanda, el sobrante se utiliza para cargar baterías. Si la batería está llena, la energía se inyecta en la red o se utiliza para alguna carga diferible
3. Si la generación renovable no es suficiente para satisfacer a la demanda, la energía adicional es suministrada por la batería o por la red (según costes)
4. Si la batería no puede suministrar la energía necesaria para cubrir la demanda:
   A. Desconexión de cargas no criticas y/o
   B. Se toma energía de la red

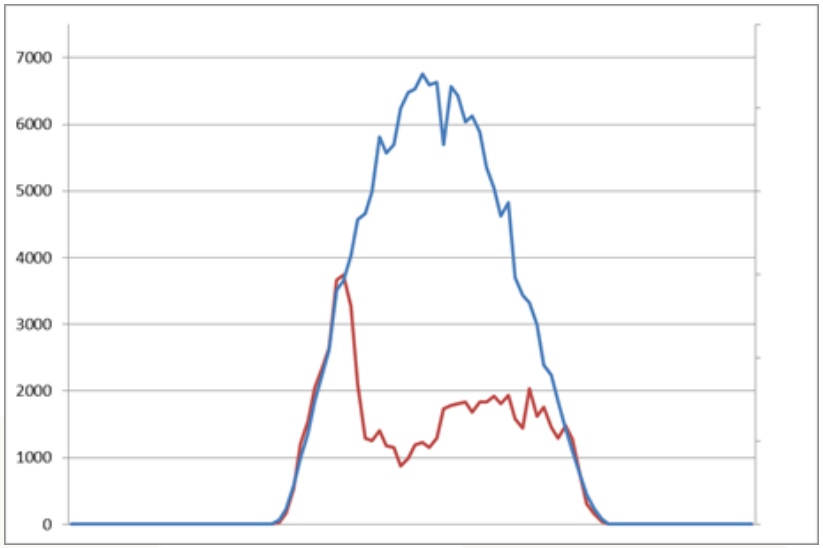
En este caso, disponer de la señal de precios de red y análisis de costes del despacho de la microrred es necesario para realizar una operación óptima del sistema

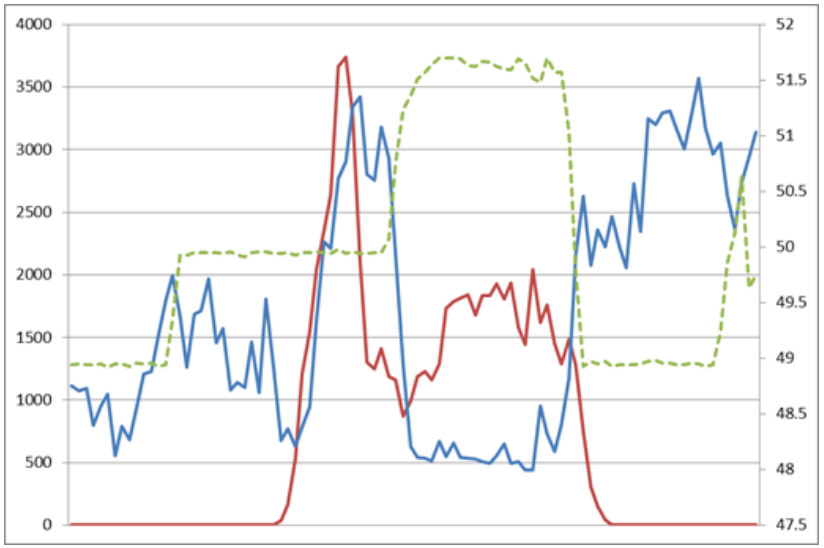
Gestión energética de una microrred

Para controlar el balance energético existen varias formas de hacerlo:

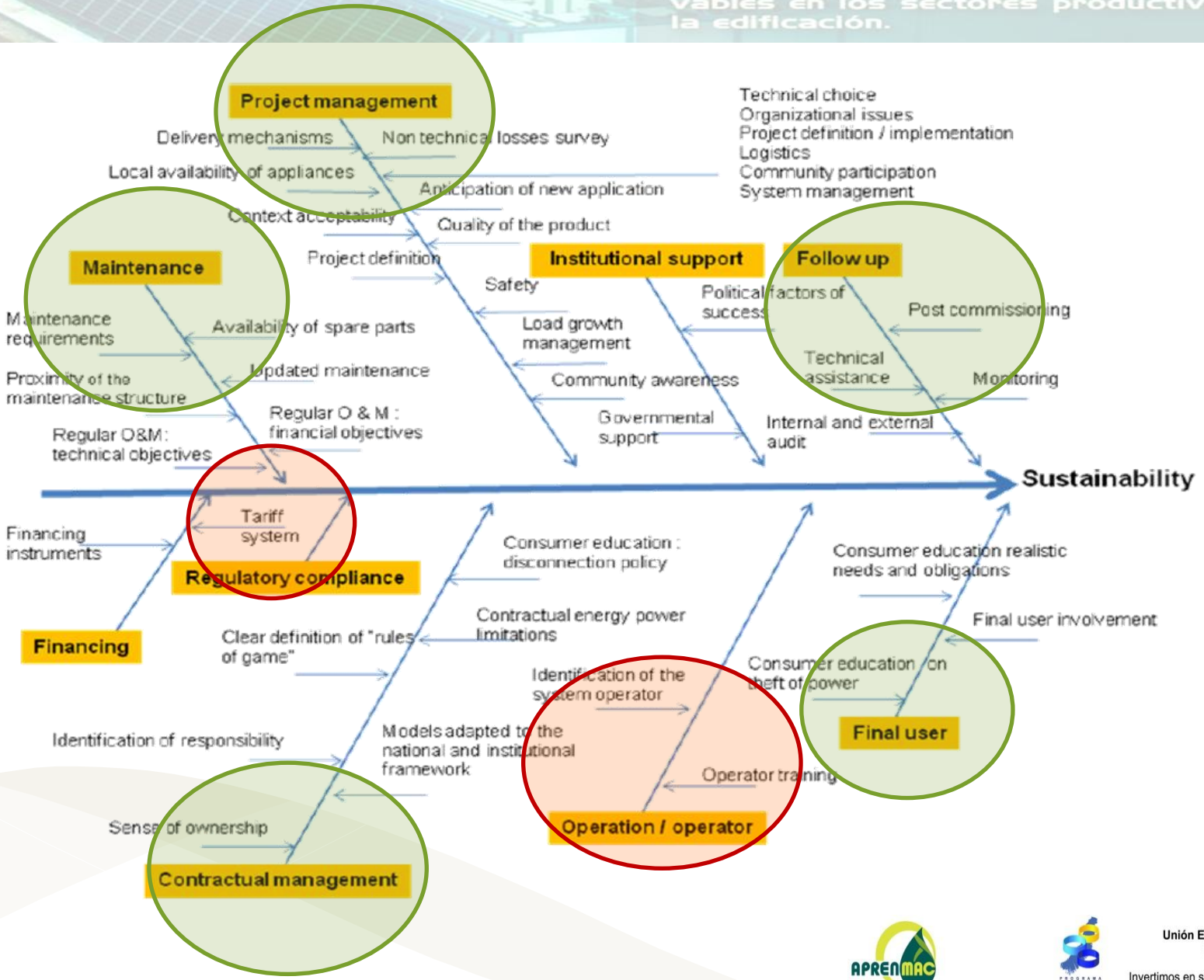
- Microrredes acopladas en DC: La tensión del bus DC “controla” los flujos de energía

- Microrredes acopladas en AC:
  - La frecuencia de la tensión AC
  - Controlador centralizado y envío de consignas por bus de comunicaciones



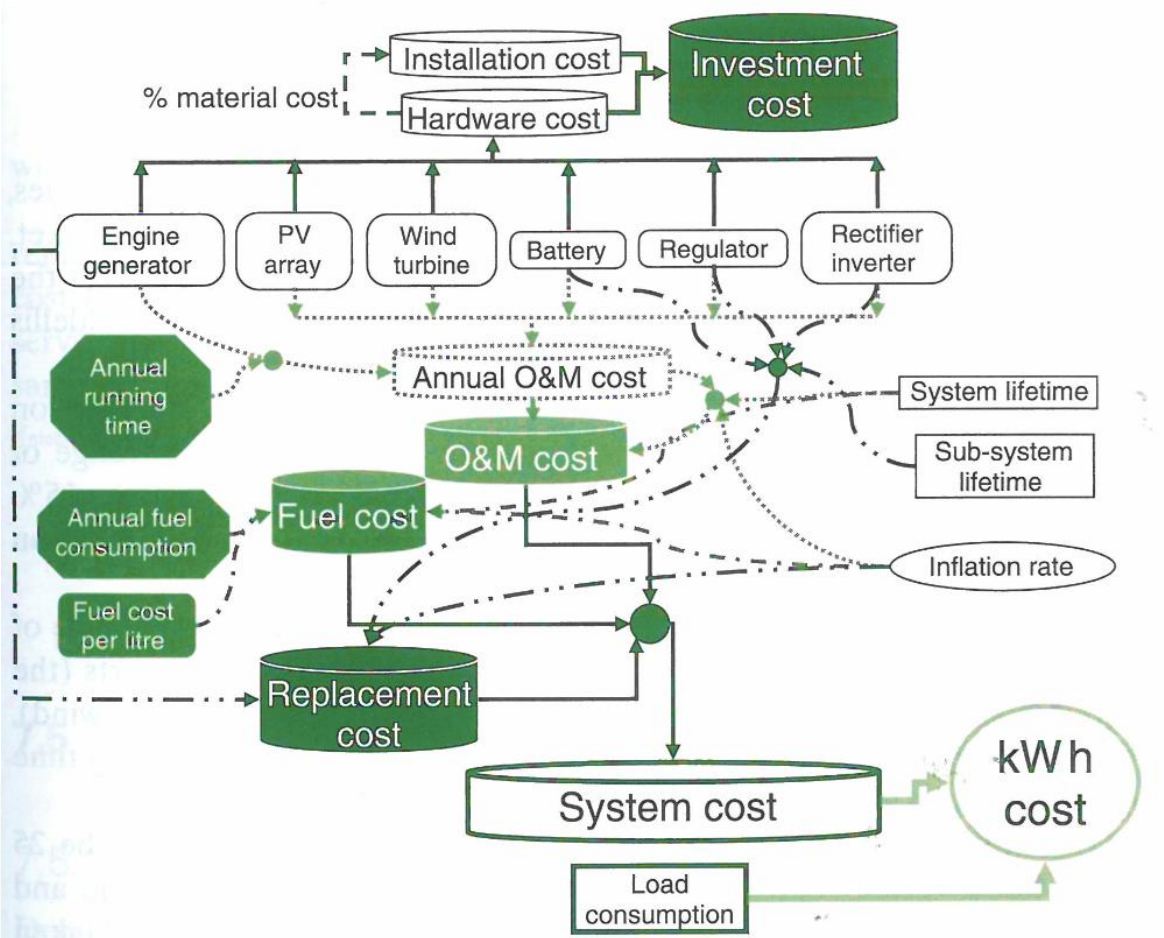


Sostenibilidad de una microrred



Evaluación de costes

Los costes dependen de factores físicos (configuración, estrategia de control, perfil de la demanda, recurso …) y factores económicos (inflación, interés descontado …)



$$LCoE\left(\frac{€}{kWh}\right) = \frac{\sum_{t=1}^{n}\frac{I_t + M_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} E_t}$$

Evaluación de costes

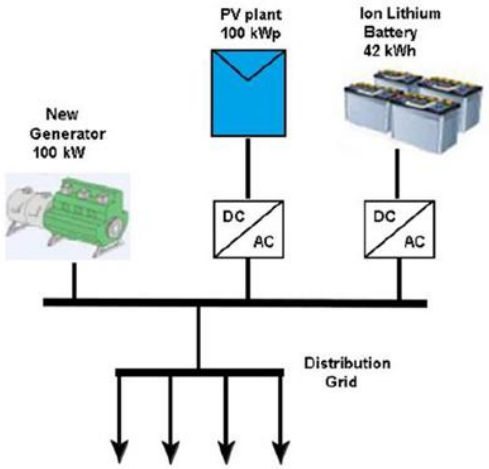
Elementos claves que nos permiten “controlar” el coste:

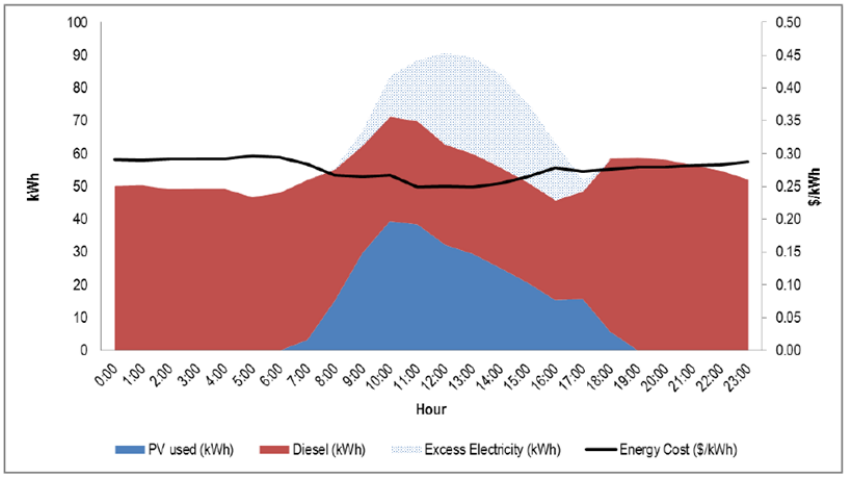
1. **Horas de funcionamiento del grupo diésel**:
   Cuantas más horas mayores costes de operación y mantenimiento y mayor consumo de combustible

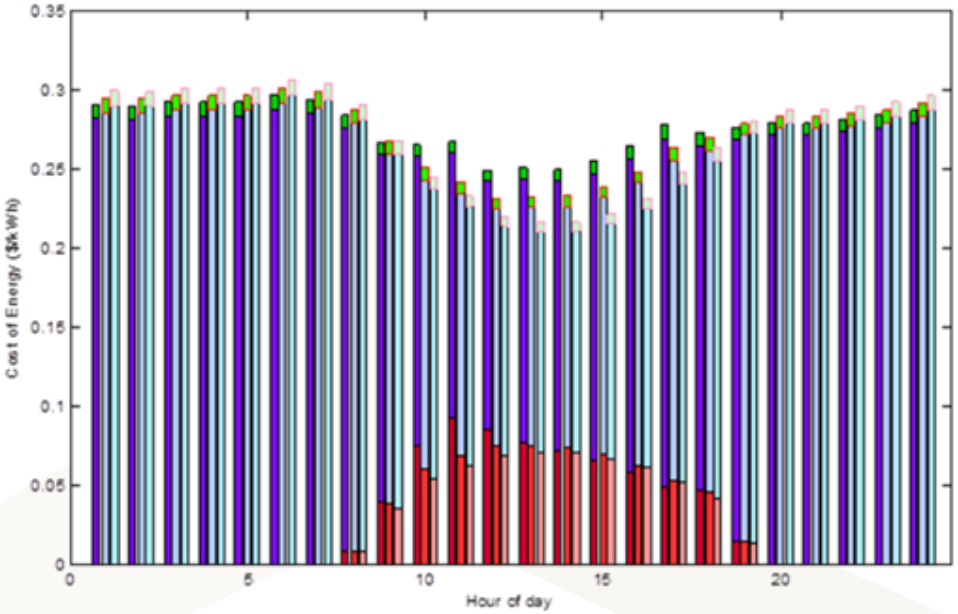
2. **Operación de la batería:**
   Mayores ciclos de carga/descarga, el SoC medio de funcionamiento, las altas temperaturas de operación influyen en su tiempo de vida

3. **Perfil de la demanda:**
   Correlación entre la curva de demanda y la generación renovable.

Impacto del perfil de demanda en el coste energético de una microrred

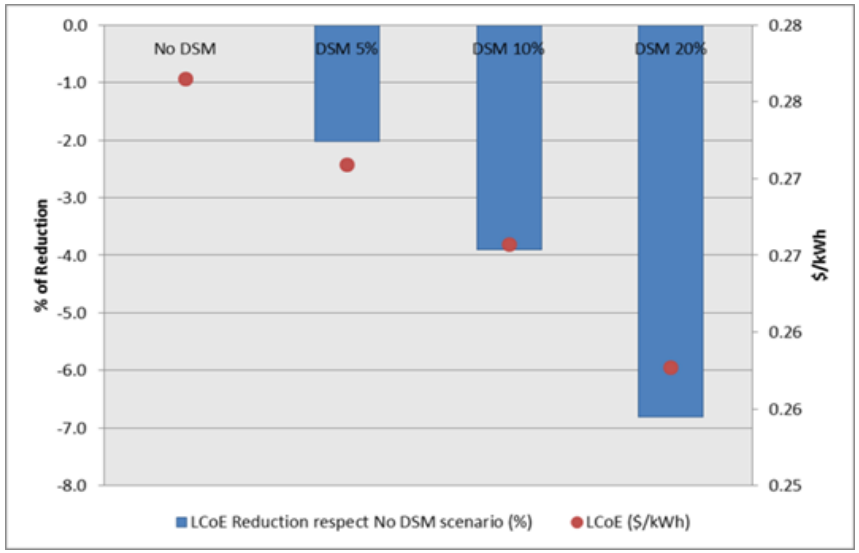






Left bar: No DSM
Middle bar: DSM 5%
Right bar: DSM 10%

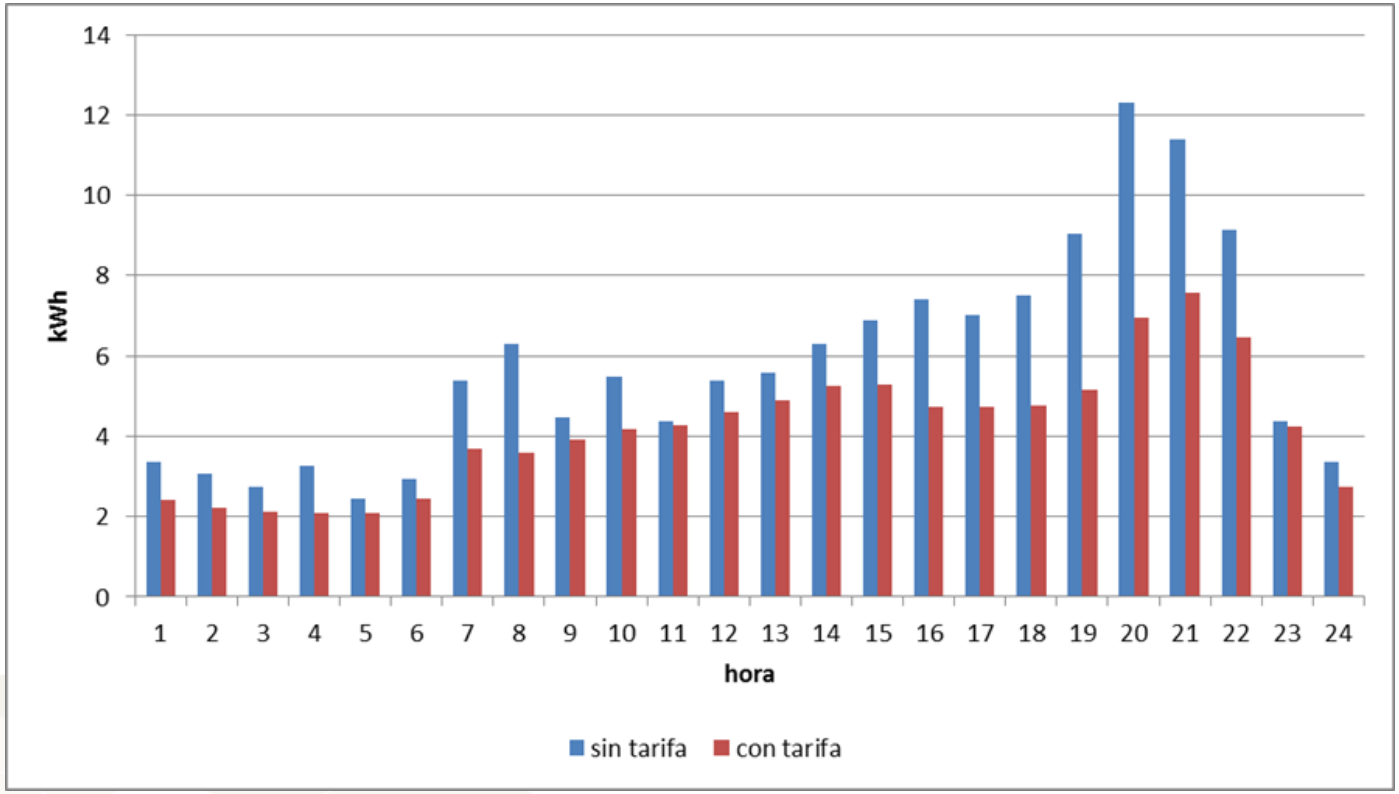
Diesel Cost
PV Cost
Storage Cost



APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Propuesta de gestión para asegurar la sostenibilidad.

Se basa en la capacidad de los consumidores de modificar la demanda en función de la tarifa de la energía (elasticidad de la demanda)



Propuesta de gestión para asegurar la sostenibilidad.

El modelo propuesto en APRENMAC necesita de:

- Una herramienta precisa de perfil de costes horarios.

- Simulador energético ajustado a la realidad de cada microrred

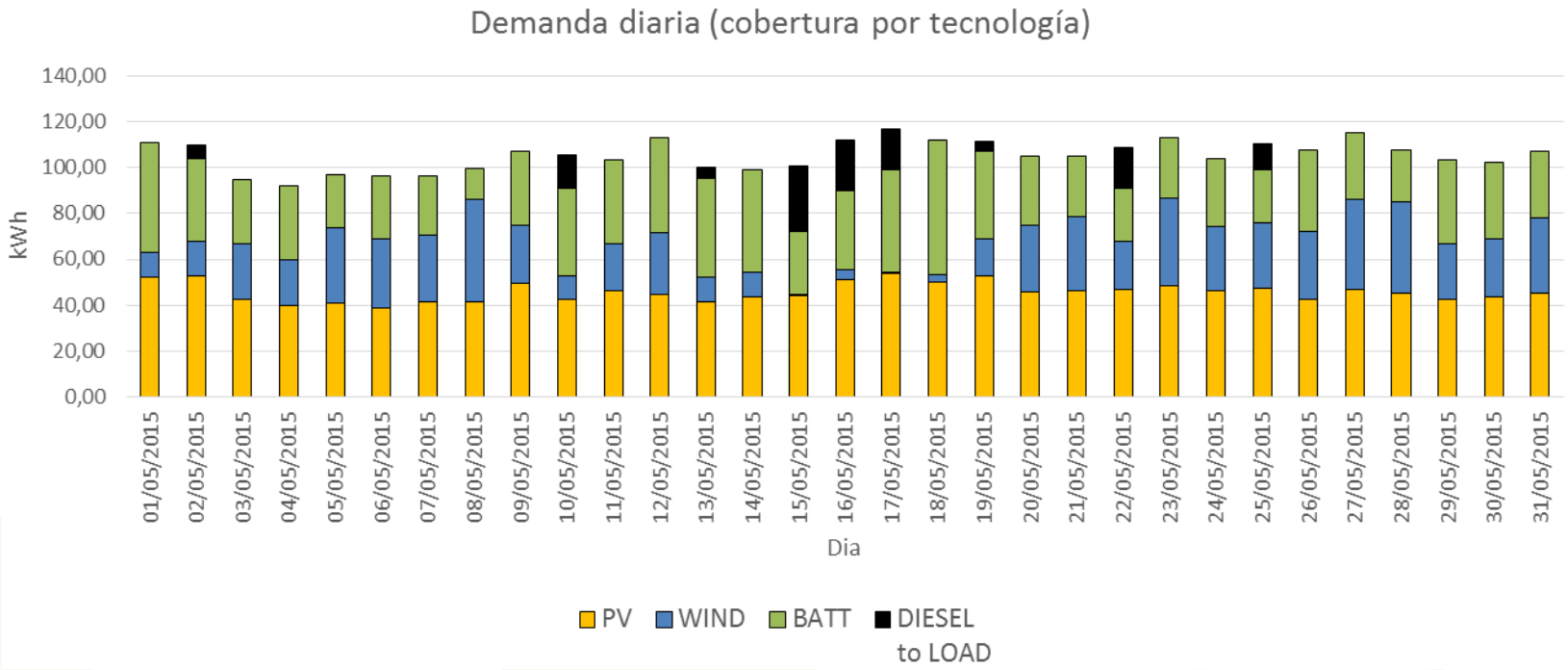
- Marco regulatorio y estructura tarifaria que permita tarifas por Asignación de Energía Diaria y Periodos de bonificación/restricción de consumo (potencia y/o energía)

- Contadores que permitan implementar la tarifa

Propuesta de gestión para asegurar la sostenibilidad.

Procedimiento utilizado

- Determinar el mix de cobertura de la demanda
- Determinar el mix de carga de batería
- Determinar las energía renovable disponible
- Aplicar las ecuaciones de coste para determinar los costes horarios
- Determinar los periodos de bonificación y restricción de uso



Propuesta de gestión para asegurar la sostenibilidad.

Coste horario

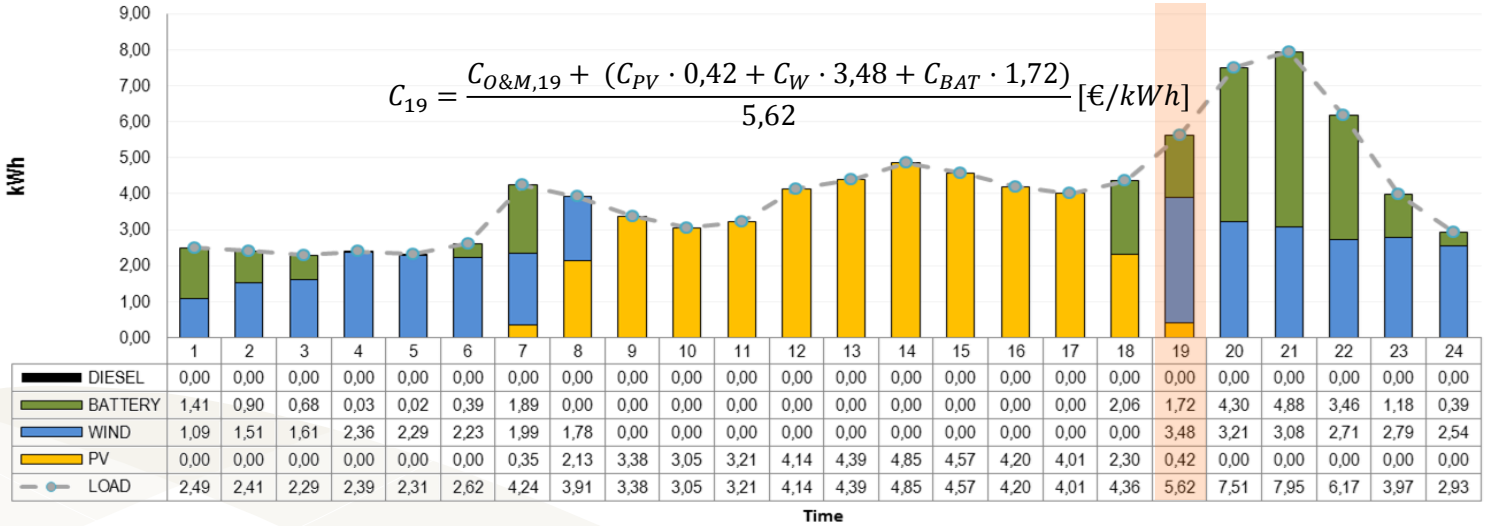
$$C_h = \frac{C_{O\&M,h} + \sum_{g=1}^{N} C_g \cdot E_g}{\sum_{g=1}^{N} E_g}$$

C_h: *Coste horario de la energia servida* $\left[\frac{€}{kWh}\right]$ $C_{O\&M,h}$: *Costes de O&M* [€]

C_g: *Coste horario de la energia generada por el generador g* [€/kWh]

E_g: *Energia servida a la demanda por el generador g* [kWh]

N: *Número de generadores*



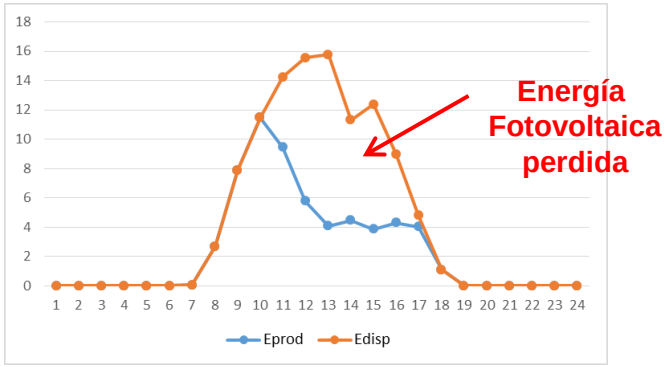
$$C_{19} = \frac{C_{O\&M,19} + (C_{PV} \cdot 0{,}42 + C_W \cdot 3{,}48 + C_{BAT} \cdot 1{,}72)}{5{,}62} [€/kWh]$$

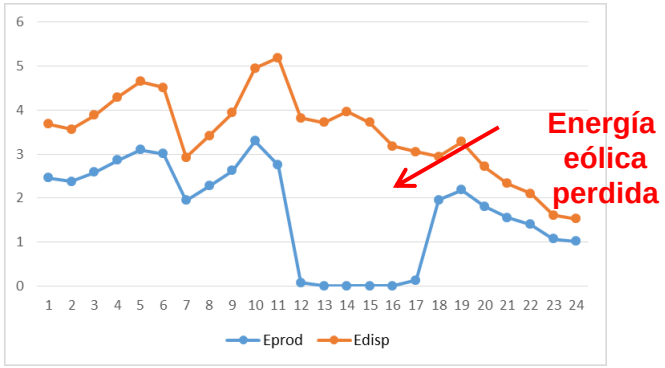
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
DIESEL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BATTERY	1,41	0,90	0,68	0,03	0,02	0,39	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,06	1,72	4,30	4,88	3,46	1,18	0,39
WIND	1,09	1,51	1,61	2,36	2,29	2,23	1,99	1,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,48	3,21	3,08	2,71	2,79	2,54
PV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	2,13	3,38	3,05	3,21	4,14	4,39	4,85	4,57	4,20	4,01	2,30	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LOAD	2,49	2,41	2,29	2,39	2,31	2,62	4,24	3,91	3,38	3,05	3,21	4,14	4,39	4,85	4,57	4,20	4,01	4,36	5,62	7,51	7,95	6,17	3,97	2,93

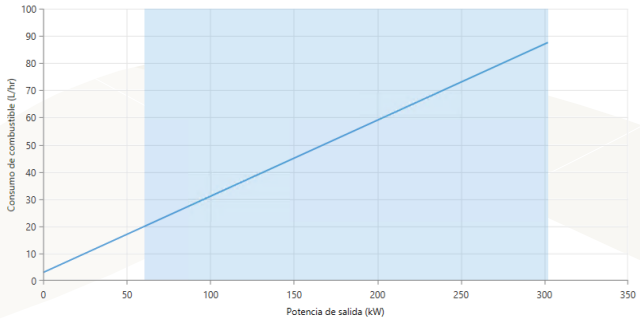
APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Propuesta de gestión para asegurar la sostenibilidad.

Coste horario







$$C_{PV,h} = LCoE_{PV} \cdot \rho_{PV,h}$$

$$C_{W,h} = LCoE_{W} \cdot \rho_{W,h}$$

$$C_{GD,h} = C_{F,H} + P_D \cdot \gamma_h$$

$C_{GD,h}$: Coste horario generación diesel[€/kWh]
$C_{PV,h}$: Coste horario generación fotovoltaica[€/kWh]
$C_{W,h}$: Coste horario generación eólica[€/kWh]
ρ_h: 1/Factor de pérdidas
$LCoE$: LCoE en el periodo de vida de la instalación en condiciones óptimas [€/kWh]
$C_{F,H}$: Costes fijos horarios del generador diesel[€/kWh]
P_D: Precio del combustible [€/L]
γ_H: Consumo específico del grupo diesel [L/kWh]

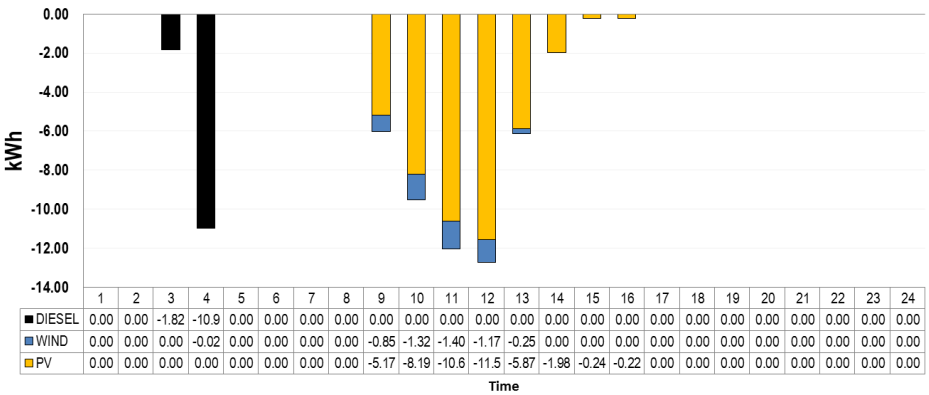
APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea FEDER
Invertimos en su futuro

Propuesta de gestión para asegurar la sostenibilidad.

Coste horario

El coste de la batería depende de:

- Degradación por flujo de energía en condiciones óptimas de operación
- Degradación por las condiciones de operación (temperatura, SoC)
- Coste de la energía utilizada para cargar batería



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
DIESEL	0.00	0.00	-1.82	-10.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WIND	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.85	-1.32	-1.40	-1.17	-0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PV	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5.17	-8.19	-10.6	-11.5	-5.87	-1.98	-0.24	-0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

$$C_{BAT_{CHARGE},h}[€] = E_{CHR_BAT} \cdot C_{BAT_WEAR} \cdot k_{T,h} \cdot k_{SoC,h}$$

$$C_{BAT_{DIS},h}[€] = E_{DIS_{BAT},h} \cdot (C_{BAT_{WEAR}} \cdot k_{T,h} \cdot k_{SoC,h} + C_{MIX_{BAT},h})$$

Propuesta de gestión para asegurar la sostenibilidad.

A partir de los resultados utilizando modelos de predicción o datos históricos se determinan:

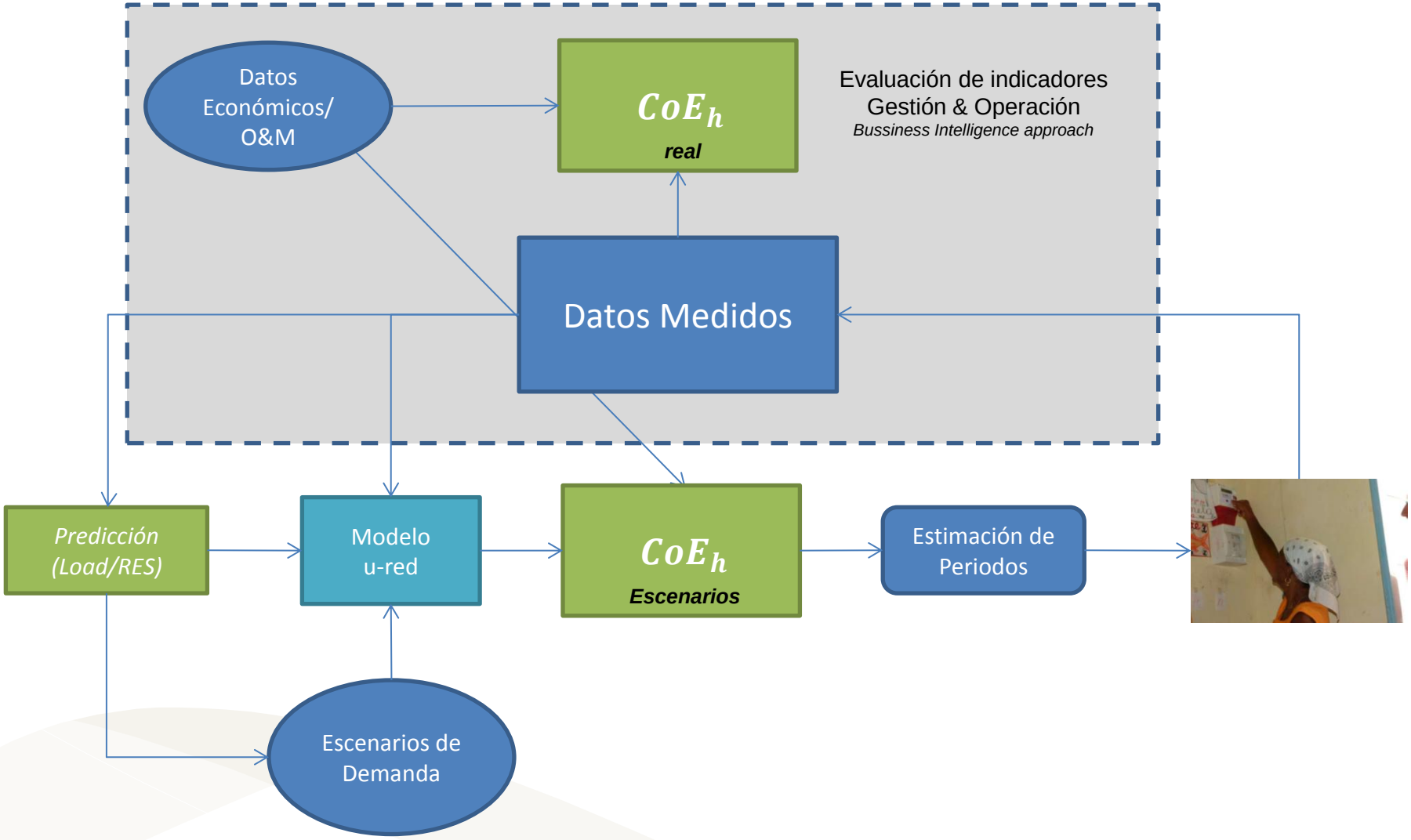
Escenarios de coste y determinación de los periodos de restricción y uso de la energía

Estos periodos se estiman analizando el impacto de la variación demanda en la variación del coste (positivo o negativo):

- Si disminuye la demanda y disminuye el coste es un periodo de restricción
- Si aumenta la demanda y disminuye el coste es un periodo de bonificación

La elasticidad de la demanda depende de los hábitos de consumo y el tipo de consumidor

Propuesta de gestión para asegurar la sostenibilidad.



Propuesta de gestión para asegurar la sostenibilidad.

Caso de estudio: Vale Da Custa

Herramienta para evaluación de KPis

Herramienta basada en estrategias BI que permite el análisis eficiente de datos masivos para obtener mayor conocimiento de los procesos.

Aporta la tecnología necesaria para una estimación eficiente de indicadores de funcionamiento de una microrred (para su gestión y operación óptima)

Pentaho Data Integration: proceso de extracción, transformación y carga de los datos (ETL).

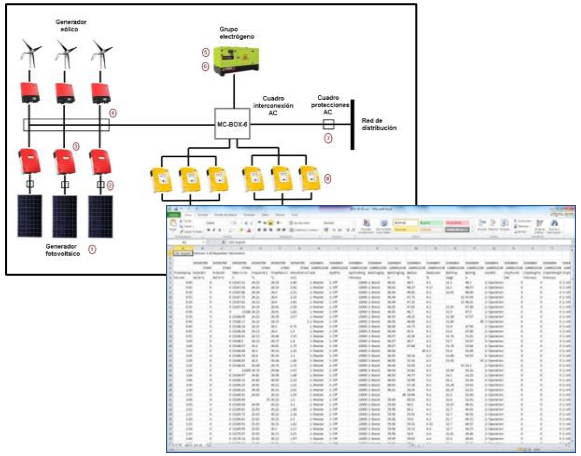
Pentaho Schema Workbench: proceso de creación del cubo OLAP. Definición de las dimensiones, los hechos y las medidas (SW).

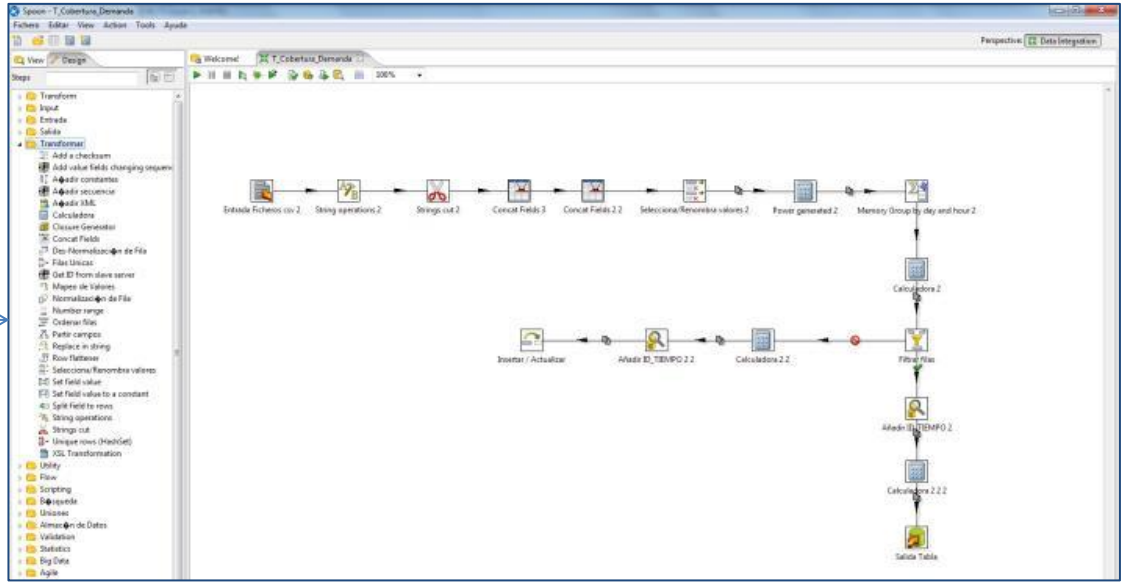
Pentaho Business Analytics: elaboración de los informes y los cuadros de mando (Dashboard).

Propuesta de gestión para asegurar la sostenibilidad.

Caso de estudio: Vale Da Custa

Herramienta para evaluación de KPis

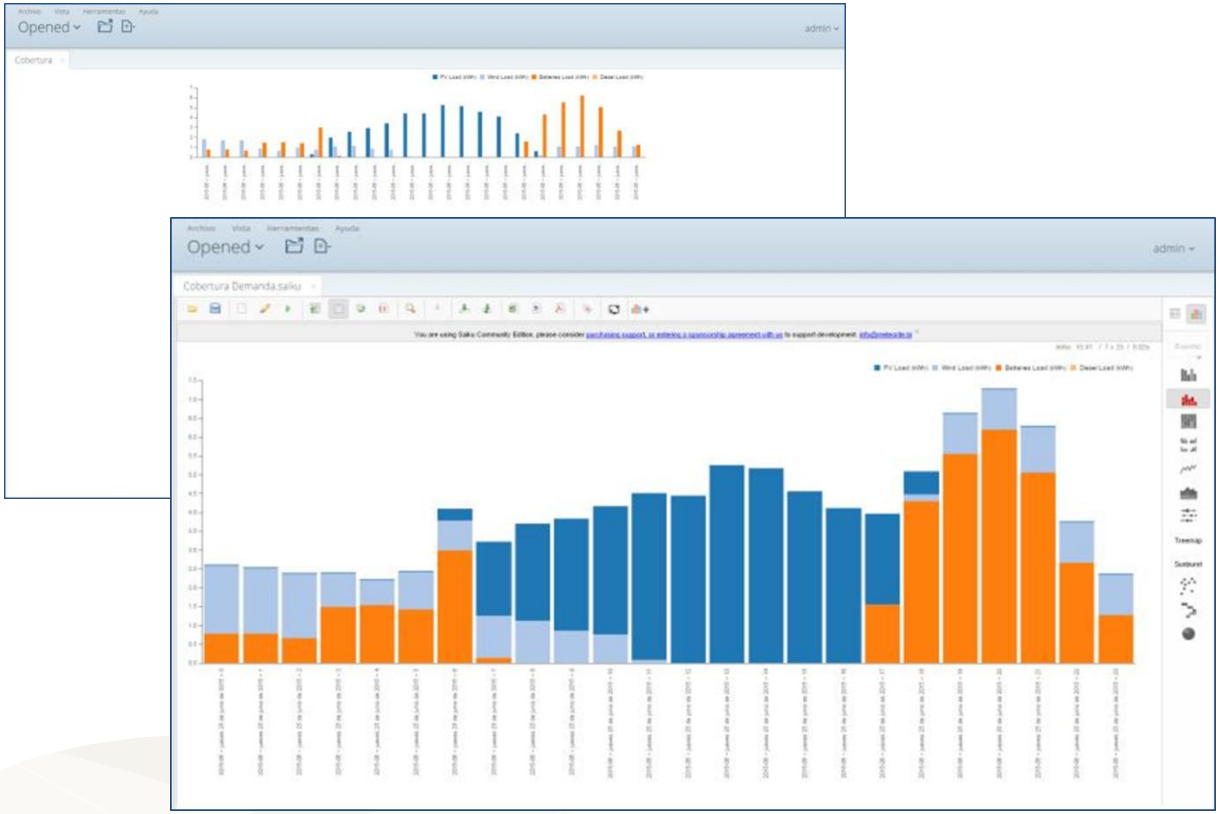




Propuesta de gestión para asegurar la sostenibilidad.

Caso de estudio: Vale Da Custa

Herramienta para evaluación de KPis

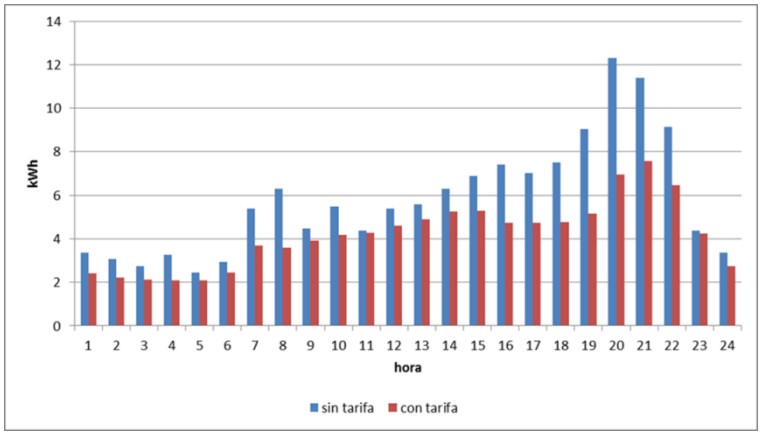


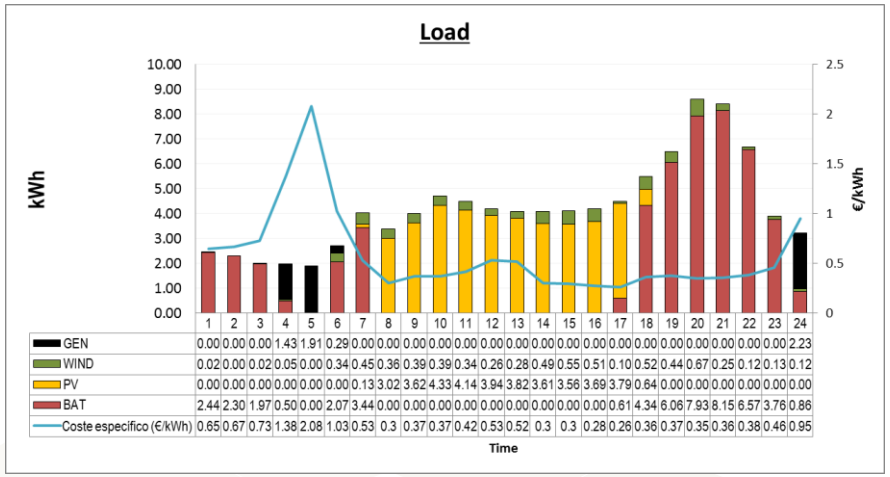
KPIs:

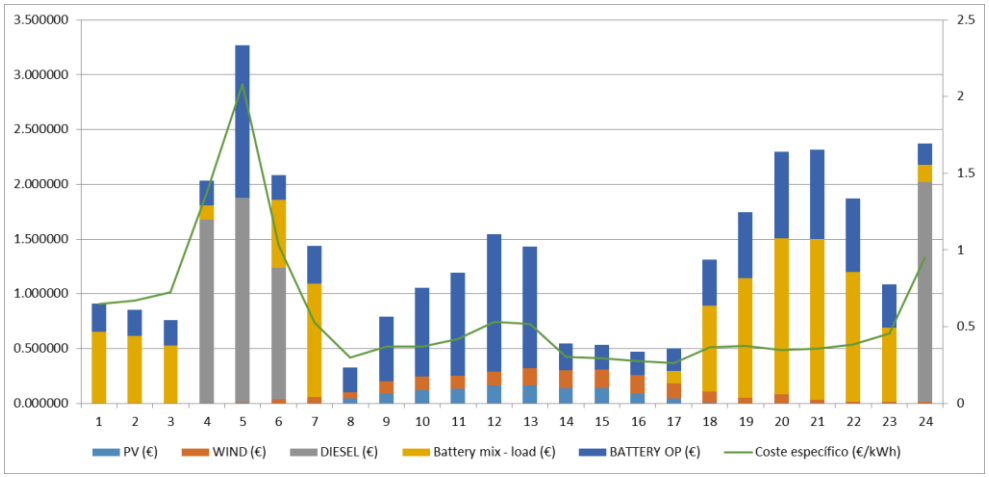
- Costes
- Índices de rendimiento
- Eficiencia generadores
- …

Propuesta de gestión para asegurar la sostenibilidad.

Caso de estudio: Vale Da Custa







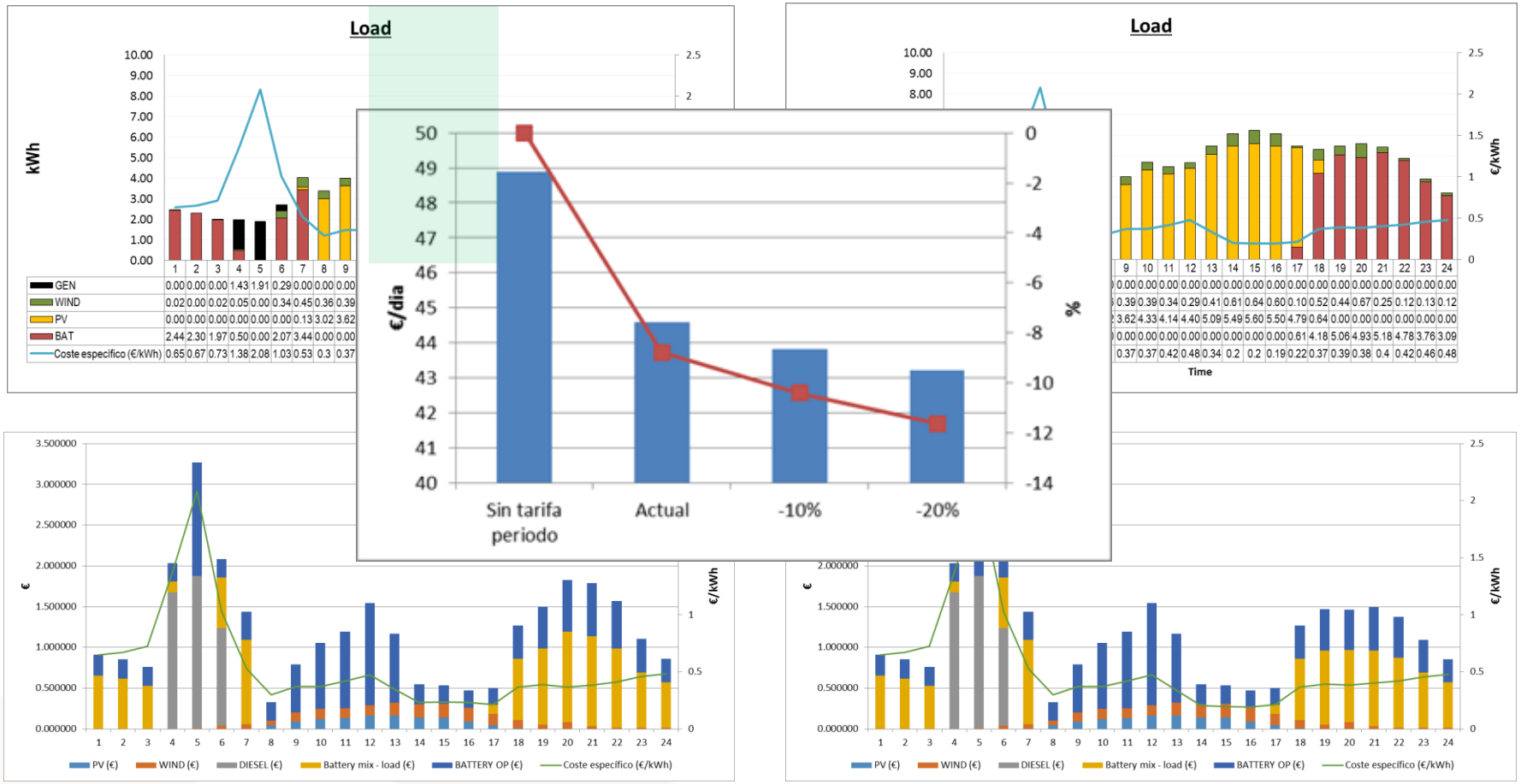
APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Propuesta de gestión para asegurar la sostenibilidad.

Caso de estudio: Vale Da Custa

Situación actual

Escenario -10%



APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

Impacto
El proyecto FORGES

Objetivo 3

Desarrollo de las microrredes eléctricas con alta penetración de energías renovables en los sectores productivos y de la edificación.

Programa EREF2

Direção Geral de Energia Guiné-Bissau

Direção Geral de Energia Cabo-Verde

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro