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

Evaluación de proyectos de hibridación en Canarias: El caso de La Graciosa

Jesús Manuel de León Izquier

Jefe de Sección, Departamento de 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

CONTENIDO

- Introducción
  - Colaboradores. Convenio Endesa-ITC
  - Generación distribuida. Autoconsumo y balance neto
  - Microrredes. Microrredes conectadas a una red convencional
  - Objetivos Europeos
- La isla de La Graciosa
  - Situación y Emplazamiento. Población
- Recopilación de información
  - Campaña de medidas y adquisición de datos
  - Estudios del recurso renovable. Estudio de fotovoltaica en cubierta
- Sistema eléctrico actual Lanzarote – La Graciosa
- Estudios Técnicos-Económicos
  - Metodología aplicada
  - Evaluación del sistema actual con FV
  - Dimensionamiento de la Microrred. Baterías de ion-Litio
  - Estudios de tiempo largo
  - Análisis de sensibilidad económica
- Conclusiones
- Proyecto FEDER – INNTERCONECTA 2015. LA GRACIOSA

COLABORADORES

CABILDO DE LANZAROTE

Microrred de la isla de La Graciosa

itc
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS

endesa

APRENMAC

PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

CONVENIO

endesa ⟷ itc INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS

- Colaborar a fin de identificar, valorar la viabilidad y, en su caso, llevar a cabo y ejecutar las actuaciones conjuntas, encaminadas a conseguir una óptima utilización de las fuentes de energías renovables y una mayor eficiencia energética, a través del estudio de una microrred inteligente en la isla de La Graciosa.

- ITC y ENDESA DISTRIBUCIÓN ELECTRICA ensayarán las tecnologías necesarias para el control de la demanda y generación de la microrred eléctrica propuesta.

- ENDESA DISTRIBUCIÓN ELECTRICA e ITC se comprometen a buscar financiación conjunta en el marco de convocatorias nacionales o internacionales.

CONVENIO ESPECIFICO DE COLABORACIÓN ENTRE ENDESA Y EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS, S.A. PARA EL ESTUDIO DE UNA MICRORRED ELÉCTRICA INTELIGENTE EN LA ISLA DE LA GRACIOSA

Las Palmas de Gran Canaria a 03 de mayo de 2012

INTERVIENEN

De una parte, **ENDESA**, con C.I.F. A-28023430 y con domicilio en c/ Albareda, 38 y en su representación el **Sr. D. PABLO CASADO REBORIO**, con D.N.I. núm. 43.750.457 - H, en calidad de **Director General de ENDESA en Canarias**.

De otra parte **ENDESA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.L.U.** con C.I.F. B – 82846817 y con domicilio en c/ Albareda, 38 y en su representación el **Sr. D. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ PAZ**, con D.N.I. núm. 42.774.482 – W, en calidad de **Director de ENDESA Distribución en Canarias**, según escritura otorgada el 28 de Febrero de 2003 ante el Notario de Madrid y de su Ilustre Colegio D. Santiago Rubio Linares.

Y de otra parte, el **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS, S.A.** (en adelante ITC), con C.I.F. núm. A-35313170, con domicilio a estos efectos en la calle Cebrián, núm. 3, C.P. 35003 de Las Palmas de Gran Canaria, y en su representación la **Consejera de Empleo Industria y Comercio, Excma. Sra. Dña. MARGARITA ISABEL RAMOS QUINTANA**, en calidad de **Presidenta** del Consejo de Administración del ITC y el **Sr. D. BONIFACIO NICOLÁS DÍAZ CHICO** en calidad de **Consejero Delegado** del ITC, según apoderamiento conferido en escritura de elevación a público de acuerdos sociales núm. 2.675, otorgada con fecha 19 de octubre de dos mil once ante el Notario del Ilustre Colegio de las Islas Canarias, D. Juan Alfonso Cabello Cascajo e inscrita en el Registro Mercantil de Las Palmas de Gran Canaria, tomo 1616, folio 87, hoja GC-4588, inscripción 23.[1].

EXPONEN

PRIMERO: Que ENDESA DISTRIBUCIÓN ELECTRICA, como empresa de distribución de energía eléctrica en el territorio insular canario, está interesada en la optimización y aprovechamiento de todos los recursos energéticos renovables disponibles, y en la búsqueda permanente de una mejora de la calidad del suministro eléctrico.

SEGUNDO: Que el ITC es una Sociedad Mercantil Pública creada por el Gobierno de Canarias mediante Decreto 139/1992 de 30 de julio y adscrita a la Consejería

1

APRENMAC

PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

GENERACIÓN DISTRIBUIDA

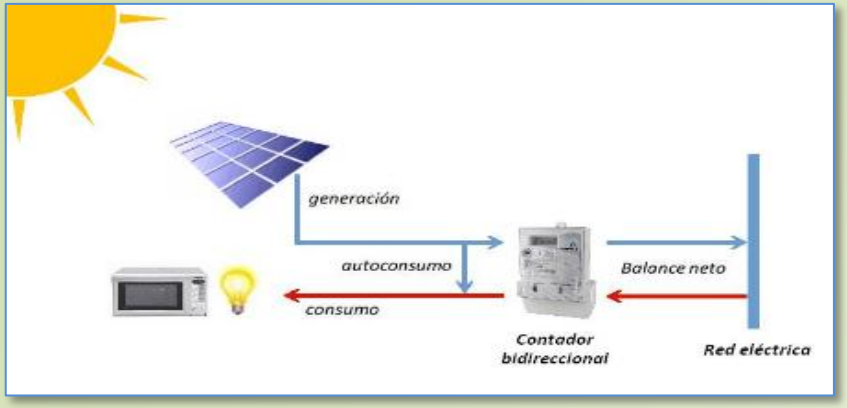
Supone beneficios técnicos, económicos y medioambientales como puede ser:

- ✓ El aumento de la eficiencia energética
- ✓ Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero
- ✓ Disminución de las pérdidas de transporte y distribución de la energía
- ✓ Mejora de la calidad del suministro eléctrico

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

AUTOCONSUMO Y BALANCE NETO

- ✓ El **autoconsumo fotovoltaico** hace referencia a la producción individual de electricidad para el propio consumo, a través de paneles solares fotovoltaicos. Esta práctica puede ser llevada a cabo por: **individuos**, **familias**, **empresas**, **centros públicos**, etc., siempre y cuando la electricidad producida sólo la utilicen los mismos.

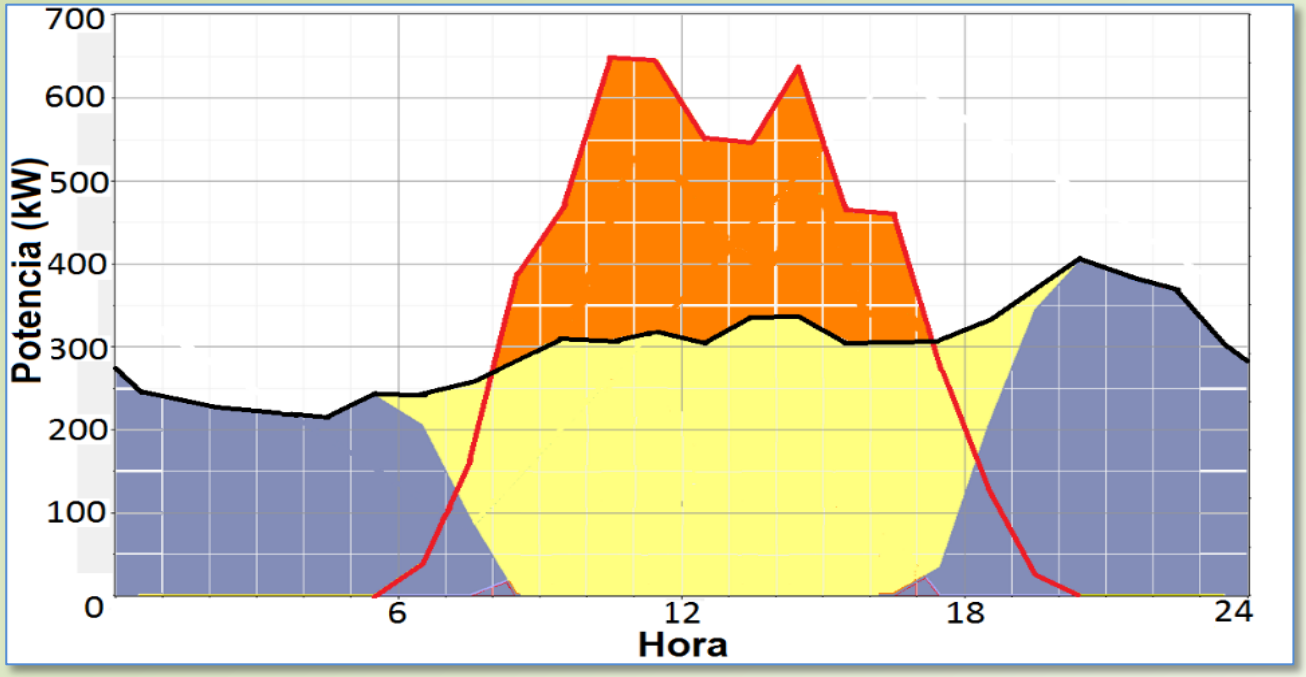


- ✓ La modalidad de suministro eléctrico con **balance neto** es un sistema de compensación de saldos de energía de manera instantánea o diferida, que permite a los consumidores la producción individual de energía para su propio consumo, compatibilizando su curva de producción con su curva de demanda.

AUTOCONSUMO Y BALANCE NETO

Canarias presenta grandes ventajas adicionales para su implantación con respecto a otras regiones:

- ✓ Más horas de irradiación solar
- ✓ Existencia de muchas cubiertas planas
- ✓ Reduce los costes del sistema eléctrico en su conjunto



- Curva de demanda díaria
- Curva de generación fotovoltaica
- Energía fotovoltaica autoconsumida
- Energía fotovoltaica vendida a la red
- Energía comprada a la red

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

MICRORREDES

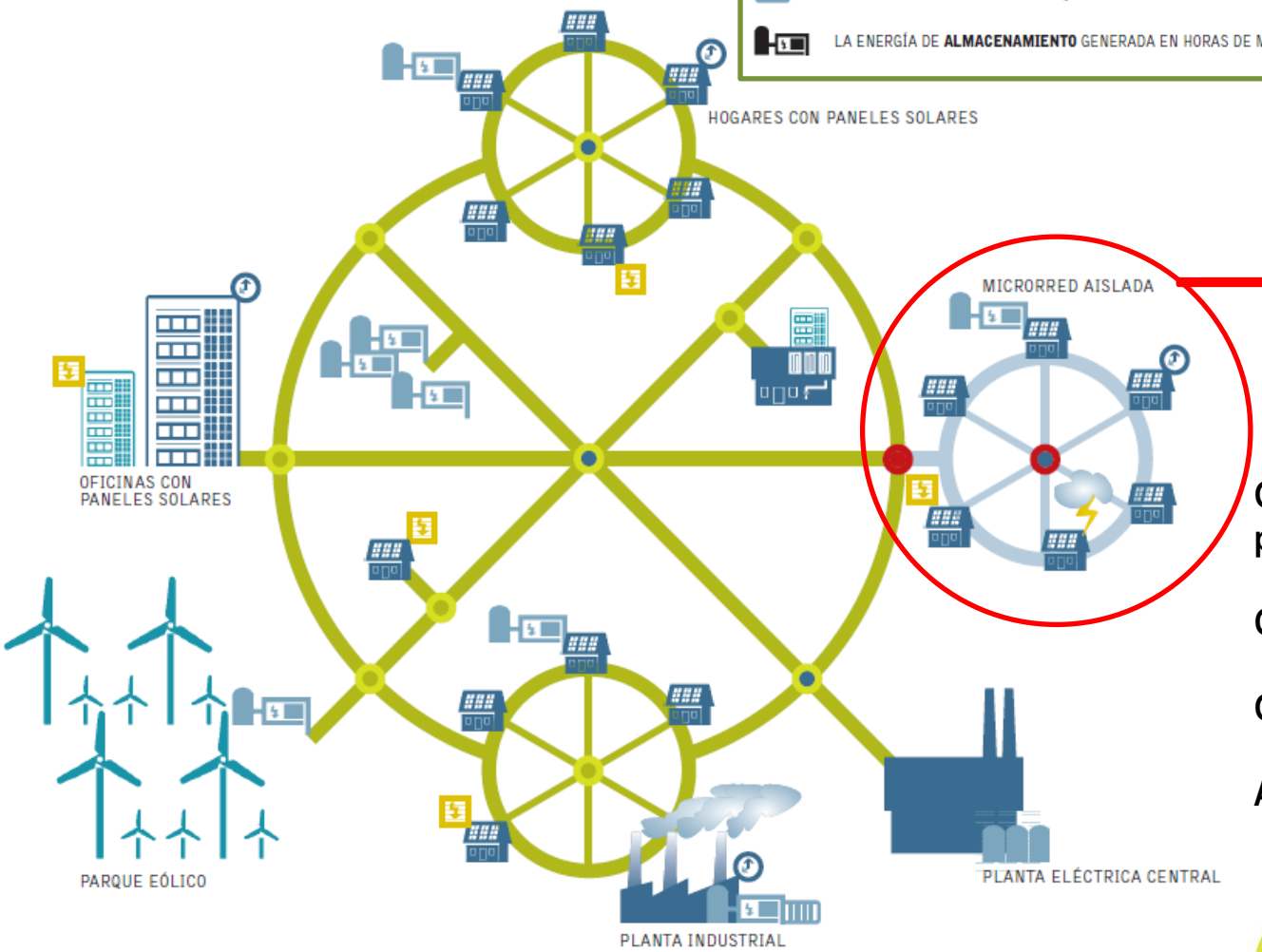
Sistemas eléctricos diseñados para suministrar electricidad y calor a pequeñas comunidades, que además cuenta con sistemas de almacenamiento y con varias cargas conectadas.

- Puede funcionar conectado a la red o en modo aislado.
- Integra varias unidades de microgeneración sin interrumpir la operación de la red.
- Existe una coordinación inteligente de cargas y de generación.
- **Utiliza modelos avanzados de predicción meteorológica.**
- Incorpora contadores inteligentes con telegestión (smart-metering).
- Sistemas de inteligencia en los dispositivos de generación distribuida.
- Gestión activa y pasiva de la demanda.

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

MICRORREDES CONECTADAS A UNA RED CONVENCIONAL

- LOS **PROCESADORES** EJECUTAN ESQUEMAS DE PROTECCIÓN ESPECIALES EN MICROSEGUNDOS
- **SENSORES** EN ESPERA – DETECTAN FLUCTUACIONES Y PERTURBACIONES, Y PUEDEN SEÑALAR ÁREAS PARA SU AISLAMIENTO
- **SENSORES** ACTIVADOS – DETECTAN FLUCTUACIONES Y PERTURBACIONES Y PUEDEN SEÑALAR ÁREAS PARA SU AISLAMIENTO
- **LOS PEQUEÑOS ELECTRODOMÉSTICOS** PUEDEN APAGARSE EN RESPUESTA A FLUCTUACIONES DE FRECUENCIA
- EL USO DE LA **GESTIÓN DE LA DEMANDA** PUEDE CAMBIARSE A HORAS DE MENOS CARGA PARA AHORRAR
- LA ENERGÍA GENERADA POR PEQUEÑOS GENERADORES Y PANELES SOLARES PUEDEN REDUCIR LA DEMANDA TOTAL EN LA RED
- LA ENERGÍA DE **ALMACENAMIENTO** GENERADA EN HORAS DE MENOS CARGA PUEDE ALMACENARSE EN BATERIAS PARA SER USADA MÁS TARDE



MICRORRED AISLADA

Generación distribuida y cercana a los puntos de consumo

Gestión inteligente de la generación

Gestión inteligente de la demanda

Almacenamiento de energía

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

OBJETIVOS EUROPEOS

- ✓ Contribuir con un **20%** de Energías Renovables para el **horizonte 2020**
- ✓ Mayor impacto en las estructuras energéticas
- ✓ Incremento de la eficiencia en el consumo
- ✓ Integración de fuentes de energías renovables y sistemas de cogeneración distribuidos
- ✓ Desarrollo de nuevas arquitecturas de redes y estrategias de gestión de la red

LA ISLA DE LA GRACIOSA: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

Superficie 29 km^2
Caleta de Sebo y Pedro Barba
Parque Natural Archipiélago Chinijo
Reserva de la Biosfera por la UNESCO
Reserva Marina del Archipiélago Chinijo
Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)
Economía basada en la pesca y el turismo

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

LA ISLA DE LA GRACIOSA: POBLACIÓN

- Actualmente cuenta en Caleta de Sebo con 325 casas, 128 de las cuales están habitadas por los 658 residentes permanentes de la isla

- Pedro Barba tiene 17 casas para 120 personas. Segundas residencias que son ocupadas sólo durante festivos y vacaciones

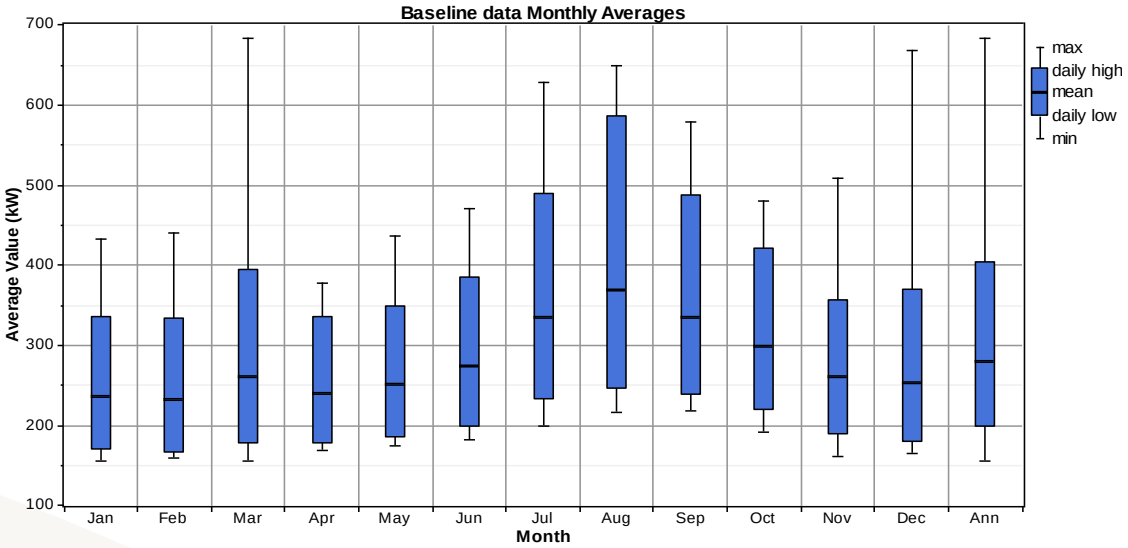
- Cuenta con 400 camas, con una ocupación del 100% en verano

RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN: CAMPAÑA DE MEDIDAS

Demanda eléctrica

Registradores analizadores de potencia Instalados en los centros de transformación

Distribución mensual de la demanda para 2013



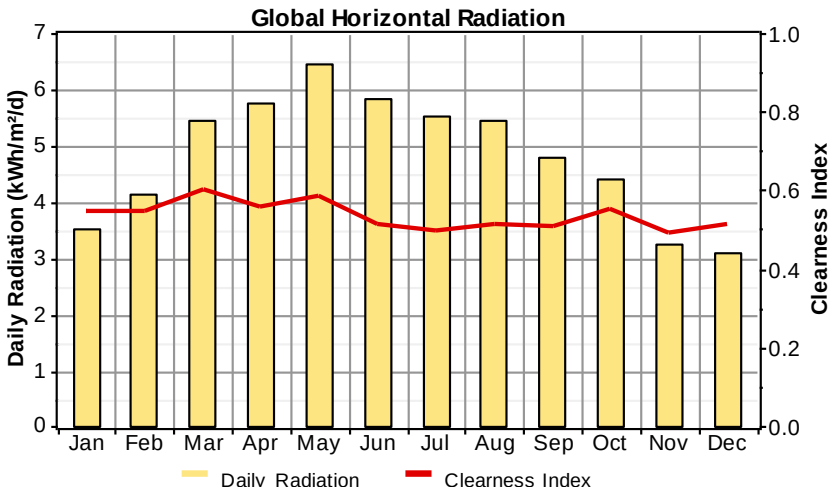
APRENMAC
MAC 2007 - 2013
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

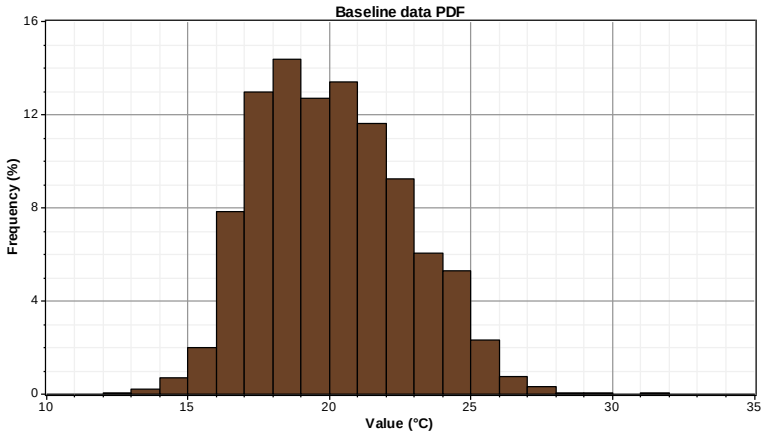
Recurso solar y temperatura ambiente

La estación de medida está ubicada en Caleta de Sebo.

- ✓ Datos de distribución horaria de la radiación solar con una media anual de **4,95 kWh/m²/d**
- ✓ Temperatura media anual en torno a los **20º C**, con valores nunca inferiores a los 15-16º C

Mes	kWh/m² día
Enero	3.504
Febrero	4.137
Marzo	5.448
Abril	5.763
Mayo	6.467
Junio	5.827
Julio	5.548
Agosto	5.445
Septiembre	4.791
Octubre	4.403
Noviembre	3.259
Diciembre	3.084





Distribución anual de la temperatura ambiente

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

ESTUDIO DE FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA

Se analizó la capacidad de implantación de energía solar fotovoltaica en azoteas e infraestructuras públicas de Caleta de Sebo.

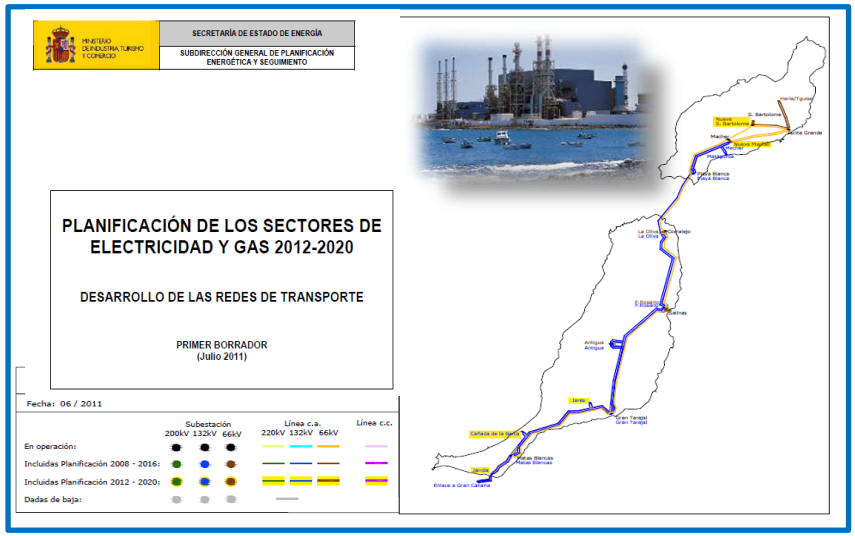
Fotovoltaica instalable
800 -1400 kWp

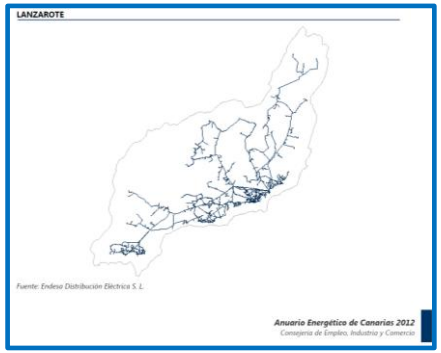
APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

SISTEMA ELECTRICO ACTUAL LANZAROTE – LA GRACIOSA

Red de distribución submarina y subterránea

- ✓ Interconectada con el sistema eléctrico de Lanzarote y Fuerteventura
  - Cable submarino
  - Tensión: **20 kV**

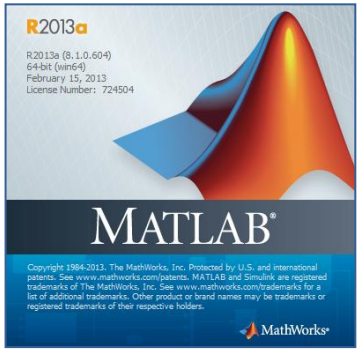


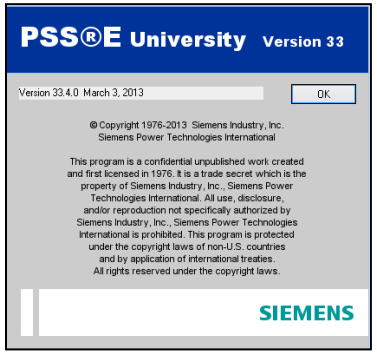


- ✓ **La Graciosa (630 kVA).** 415 clientes. Potencia contratada 2.085 kW.
- ✓ **La Graciosa II (400 kVA).** 147 clientes. Potencia contratada 705,9 kW.

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

ESTUDIOS TECNICO-ECONÓMICOS: METODOLOGÍA APLICADA





HOMER
The Micropower Optimization Model

La metodología seguida en los Estudios eléctricos y de optimización energética económica, para el dimensionamiento de la Microrred de la isla de La Graciosa ha sido:

- ✓ **Recopilación y análisis de los datos de partida:** recurso eólico y solar, costes de la energía y evaluación de la demanda.
- ✓ **Estudio de potencia fotovoltaica instalable en superficies disponible**
- ✓ **Estudios eléctricos de integración de potencia fotovoltaica** mediante softwares de simulación con PSS/E y Matlab/Simulink/Simpowersystem.
- ✓ **Estudios eléctricos de integración de potencia fotovoltaica con baterías de ION-LITIO** mediante softwares de simulación con Matlab/Simulink/Simpowersystem.
- ✓ **Estudios energéticos** con la aplicación de optimización HOMER.
- ✓ **Estudio económico** de análisis coste-beneficio basado en los costes de generación de la energía.
- ✓ **Estudios energéticos mediante la simulación con modelos eléctricos de tiempo largo** para el control y gestión de la microrred mediante softwares de simulación con Matlab/Simulink/Simpowersystem.

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

ESTUDIOS: EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

REGLAMENTACIÓN

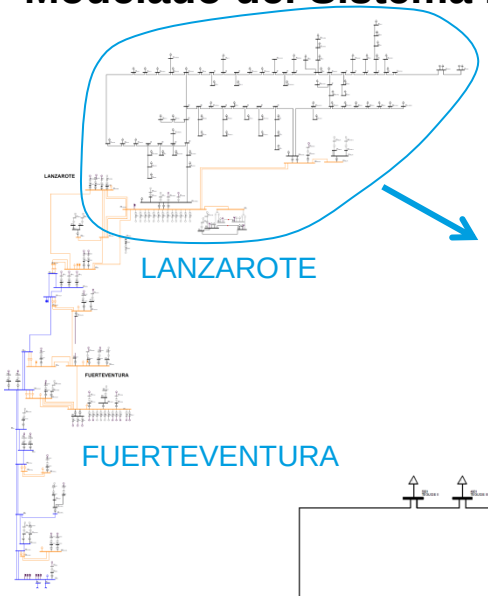
Se toma como referencia para el análisis de las condiciones técnicas de conexión, el documento **"CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DE PUNTO DE CONEXIÓN A PREs EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN", documento DPCR-0061-2008, de septiembre de 2008.**

- ✓ *Criterio 1: +/- 7% de la tensión nominal de la red (conjunto régimen especial)*
- ✓ *Criterio 2: 5% de la tensión (conexión y desconexión de la FV)*
- ✓ *Criterio 3: 50% de la capacidad térmica de la línea*
- ✓ *Criterio 4: 50% de la capacidad del transformador*
- ✓ *Criterio 5: 5% de la potencia de corto en el punto de conexión*
- ✓ *Criterio 6: 5% de la Potencia de corto en la red*

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

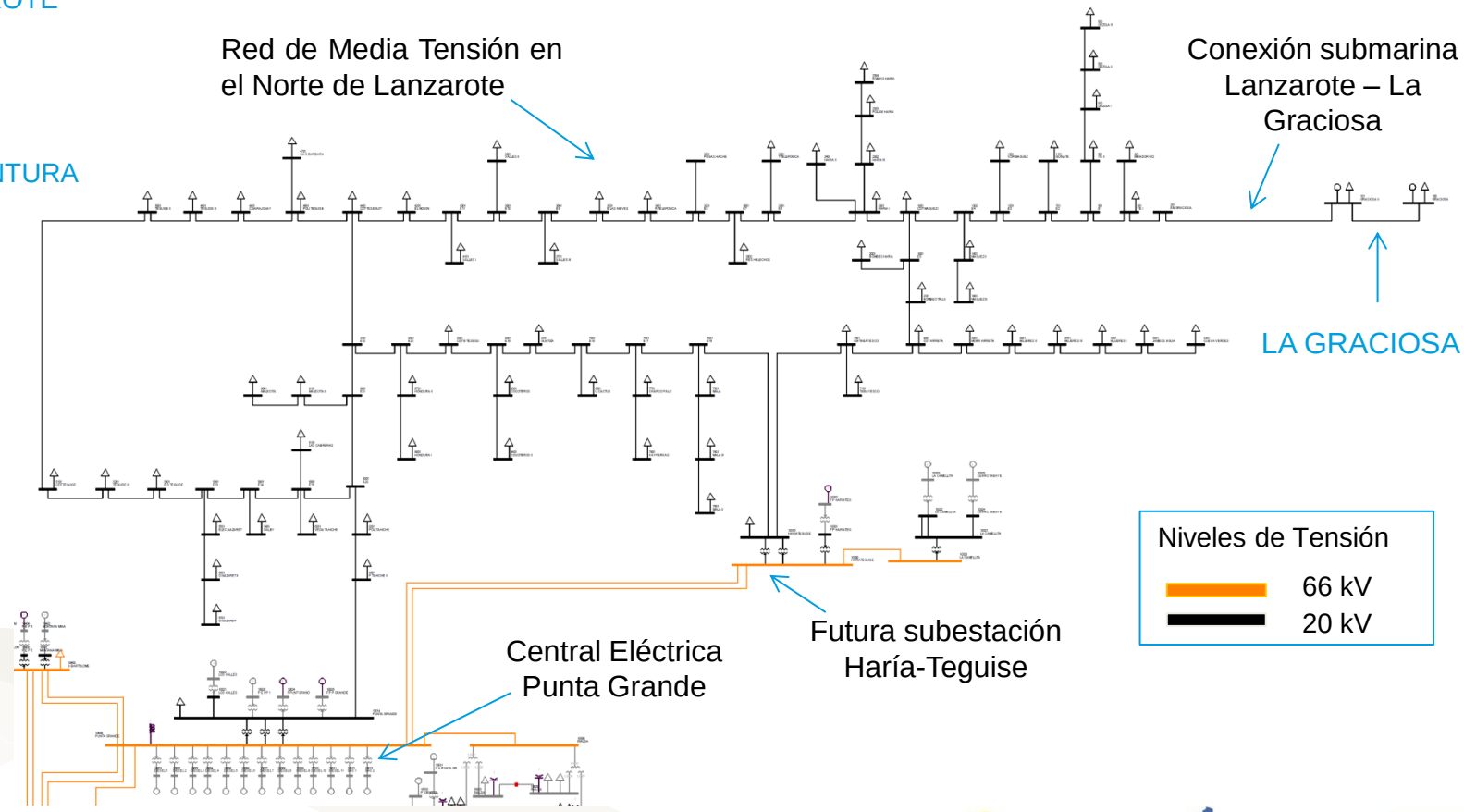
ESTUDIOS: EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

Modelado del Sistema Eléctrico en Media Tensión de La Graciosa, PSSE



Sistema eléctrico Lanzarote-Fuerteventura 2020

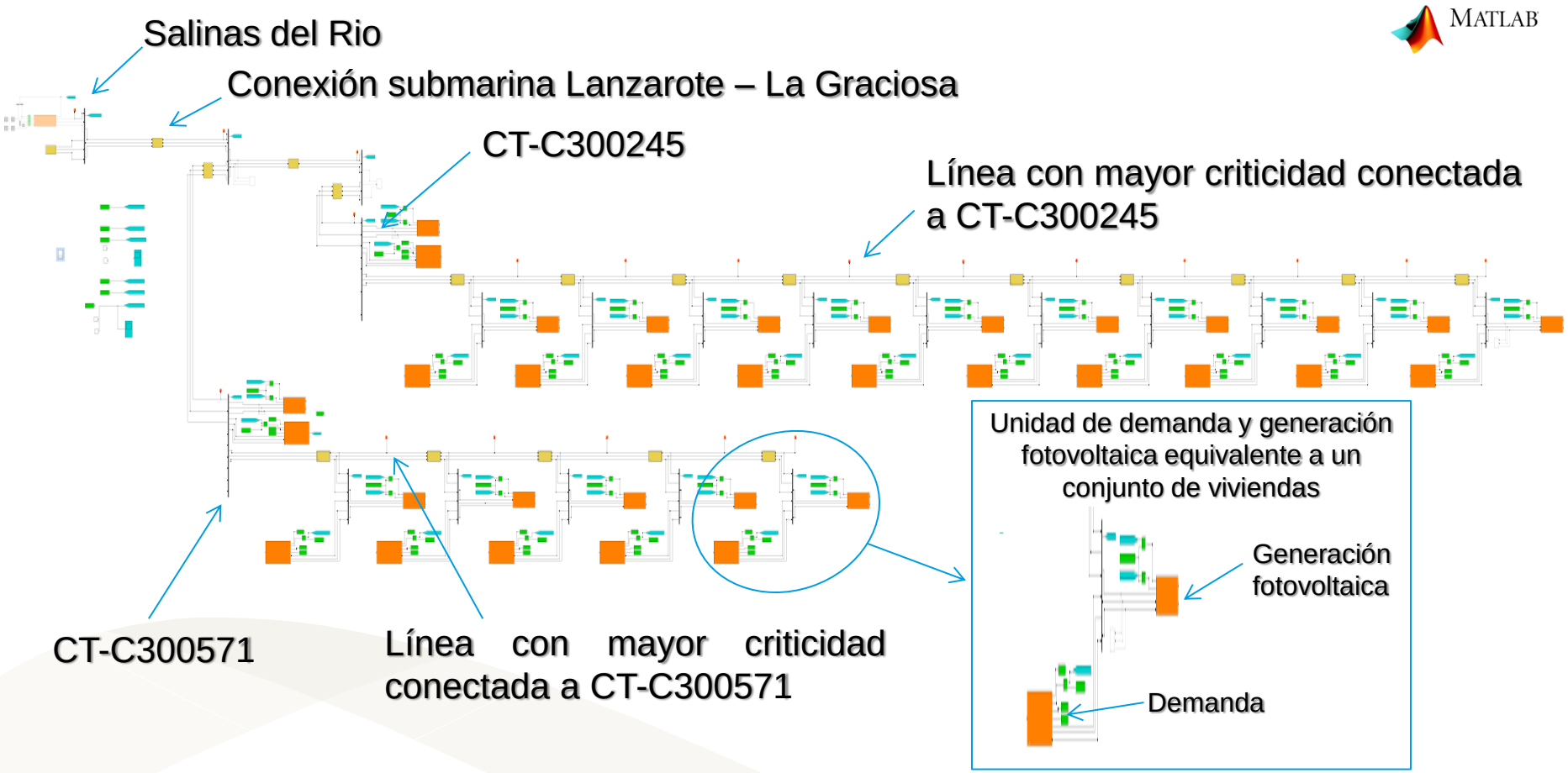
Sistema Eléctrico en el Norte de Lanzarote



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

ESTUDIOS: EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

Modelado del Sistema Eléctrico en Baja Tensión de La Graciosa, Matlab/Simulink



Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

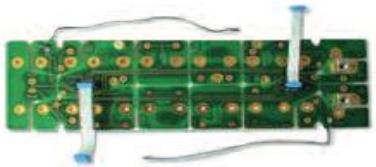
ESTUDIOS: DIMENSIONAMIENTO MICRORRED

Sistema de almacenamiento de energía por baterías de ion-litio

Saft Synerion® Li-ion battery modules integrate a number of cells assembled in series and/or parallel configuration to provide the required voltage and capacity. They are available in 24 V or 48 V versions from 2 to 12 kW.

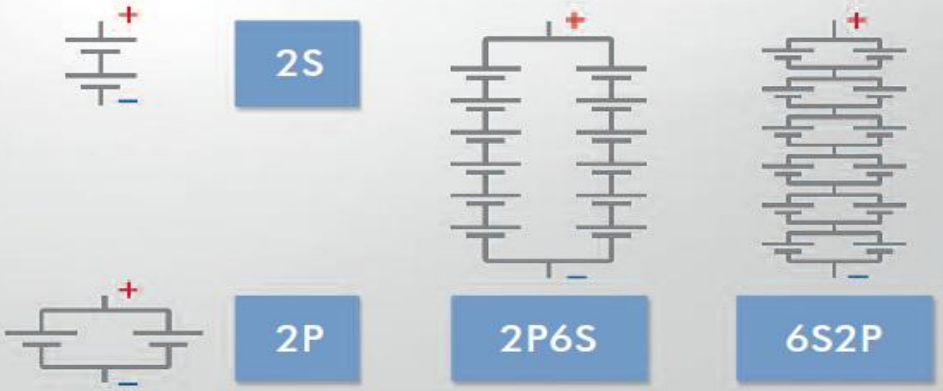
Cutway-view of cell assembly with busbar in a module

The bus bar provides the electrical interconnection between the individual cells and also carries the circuits and components for managing charge/ discharge management (the bus bars often integrate the SMU function as well).



Principles of series and parallel connection of cells in a module

Thanks to the busbar, cells can be connected in parallel or series.



P: Parallel - S: Series

Each module incorporates an electronic contol board known as the SMU (safety monitoring unit). Its finctions are:

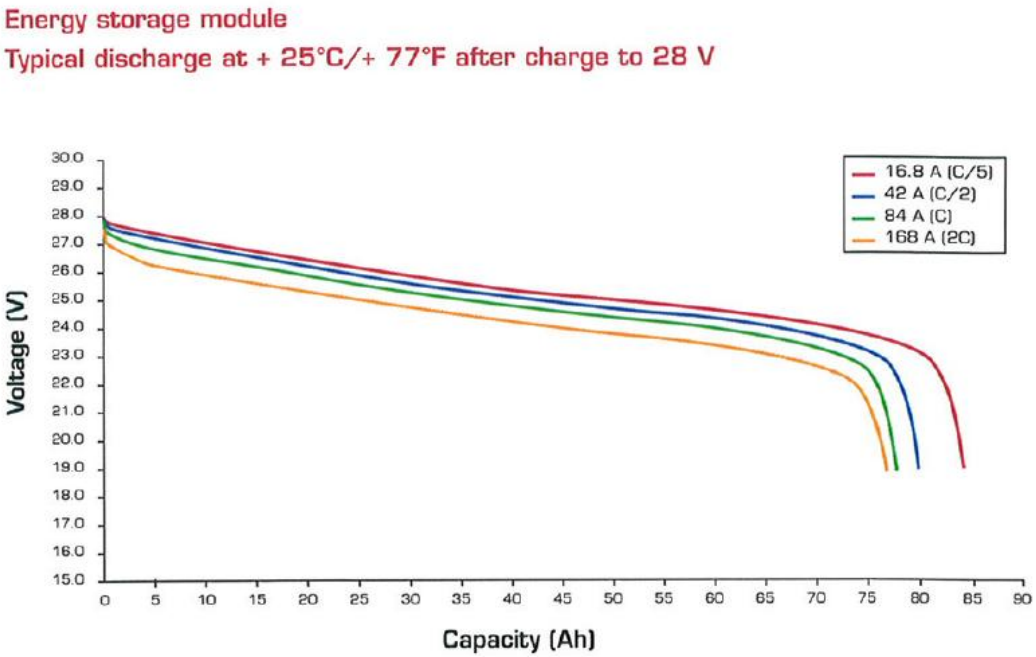
- monitoring the individual cell voltage during charge and discharge
- monitoring battery internal temperature
- balancing cells
- data communication with the BMU (Battery Management Unit)

Fuente: Saft

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

ESTUDIOS: DIMENSIONAMIENTO MICRORRED

Sistema de almacenamiento de energía por baterías de ion-litio



	Energy storage module
Nominal characteristics	
Voltage (V)	24
Capacity* (C/5) (Ah) at + 25°C/+ 77°F	84
Volumetric energy density (Wh/l)	118
Gravimetric energy density (Wh/kg)	104
Mechanical characteristics	
Width (mm)	445 (448 rack mounted)
Height (mm)	131 (128 when stacked)
Depth (mm)	292
Weight (kg)	19.2
Electrical characteristics at + 25°C/+ 77°F	
Rated energy* (C/5) (Wh)	2 000
Voltage (V)	21 to 28
Maximum continuous discharge current (A)	160
Continuous power at 50 % SOC (W)	3 800
Peak power in 5 s at 50 % SOC (W)	13 800
Maximum continuous charge current (A)	34
Recharge time (h)	3
Recharge peak power in 5 s at 50 % SOC (W)	10 000
Faradic charge efficiency	99 %
Energy charge efficiency	96 %
Module consumption (active mode)	24 V – 0.5 W
Insulation resistance (1000 V – DC)	>100 MΩ
Dielectric	3 kV rms
Operating conditions	
Typical lifetime at + 20°C perm (+ 68°F)	20 years
Typical lifetime at + 40°C (+ 104°F)	>10 years
Cycle life (60 % DOD; + 20°C/+ 68°F)	6 000 cycles
Operating temperature	– 25°C/+ 60°C (– 13°F to + 140°F)
Storage time at – 40°C/+ 65°C (– 40°F to + 149°F)	6 months
Cooling	Natural convection
Compliance to standards	
Cell safety	UL 1642
Module safety	EN 50178
Transport regulation compliance	ST/SG/AC.10/11 Rev 5 § 38.3
EMC (module in cabinet)	IEC 62 040 Cat C3
Protection class	IP 20
Transport classification	UN 3480 – Class 9
Environment	IEC 62093
Directives	ROHS, REACH, WEEE

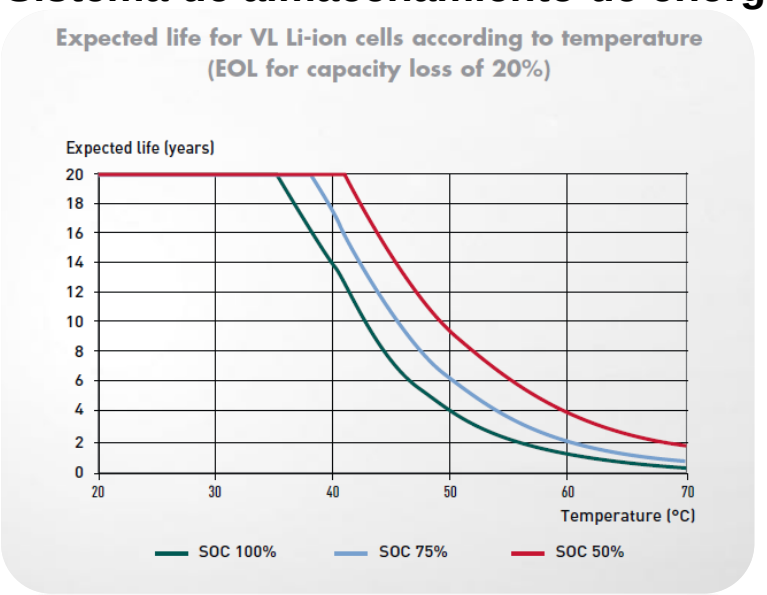
* Ufloat 28 V Ucutoff 21 V, + 20°C/+ 68°F

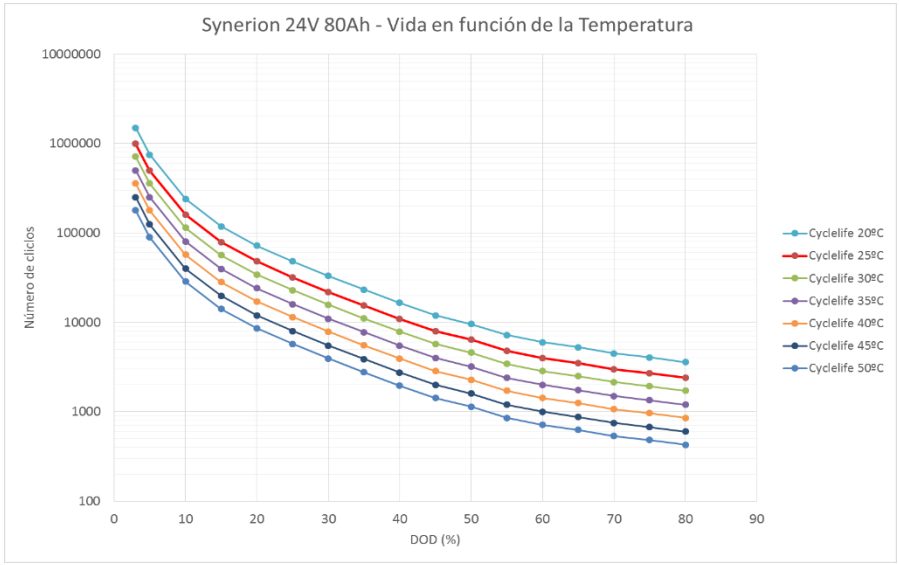
Fuente: Saft

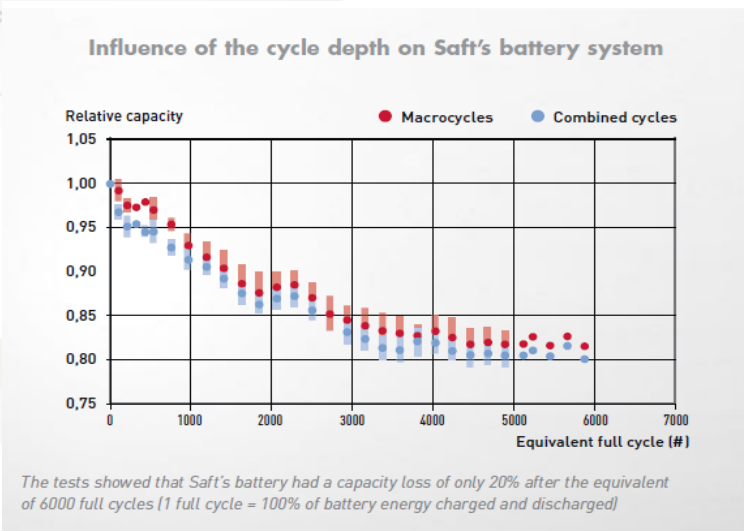
APRENMAC
PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

ESTUDIOS: DIMENSIONAMIENTO MICRORRED

Sistema de almacenamiento de energía por baterías de ion-litio





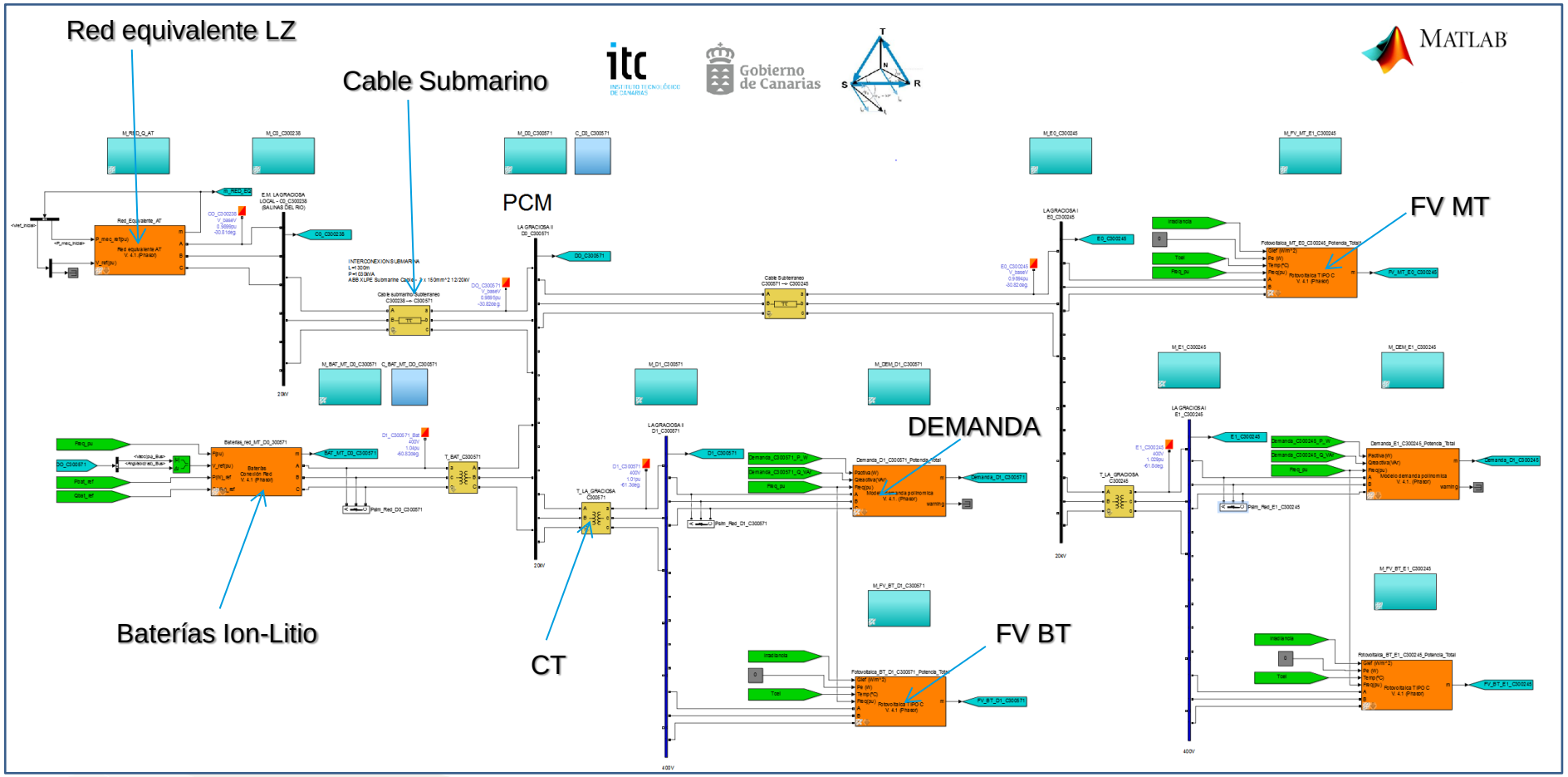


Fuente: Saft

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

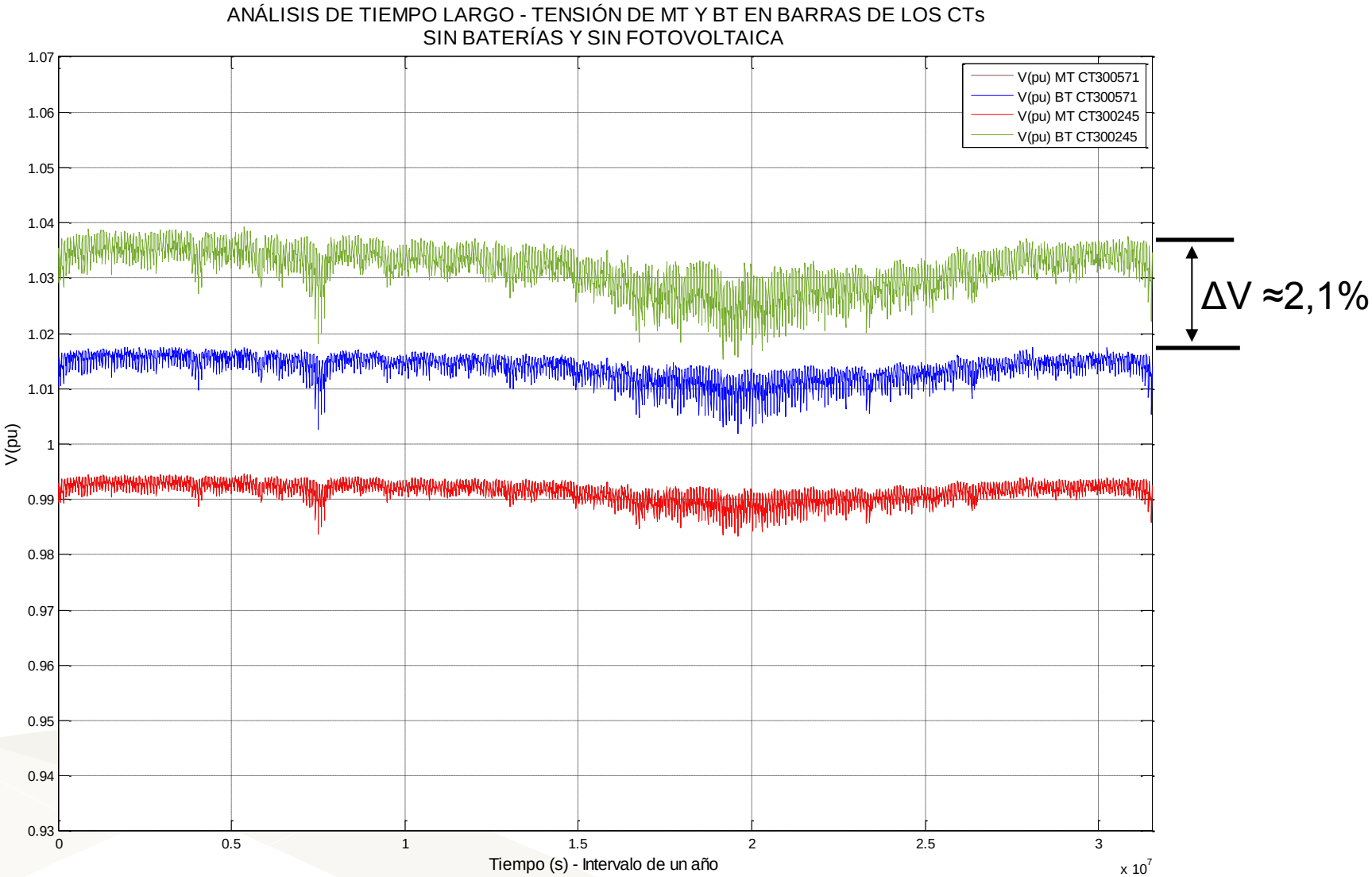
ESTUDIOS: DIMENSIONAMIENTO MICRORRED

Estudios de estabilidad a tiempo largo



ESTUDIOS ELÉCTRICOS: DIMENSIONAMIENTO MICRORRED

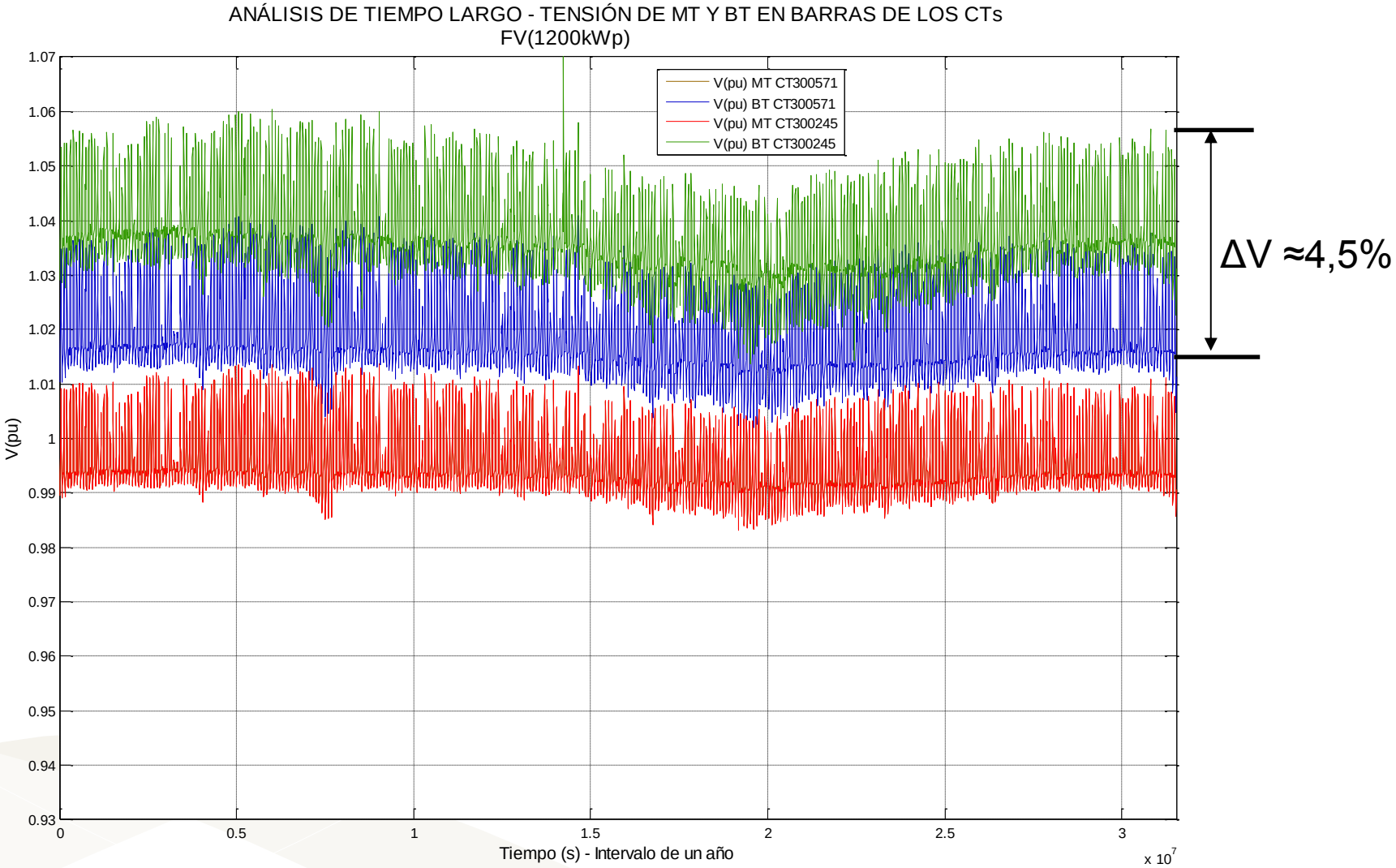
Estudios de estabilidad a tiempo largo



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

ESTUDIOS ELÉCTRICOS: DIMENSIONAMIENTO MICRORRED

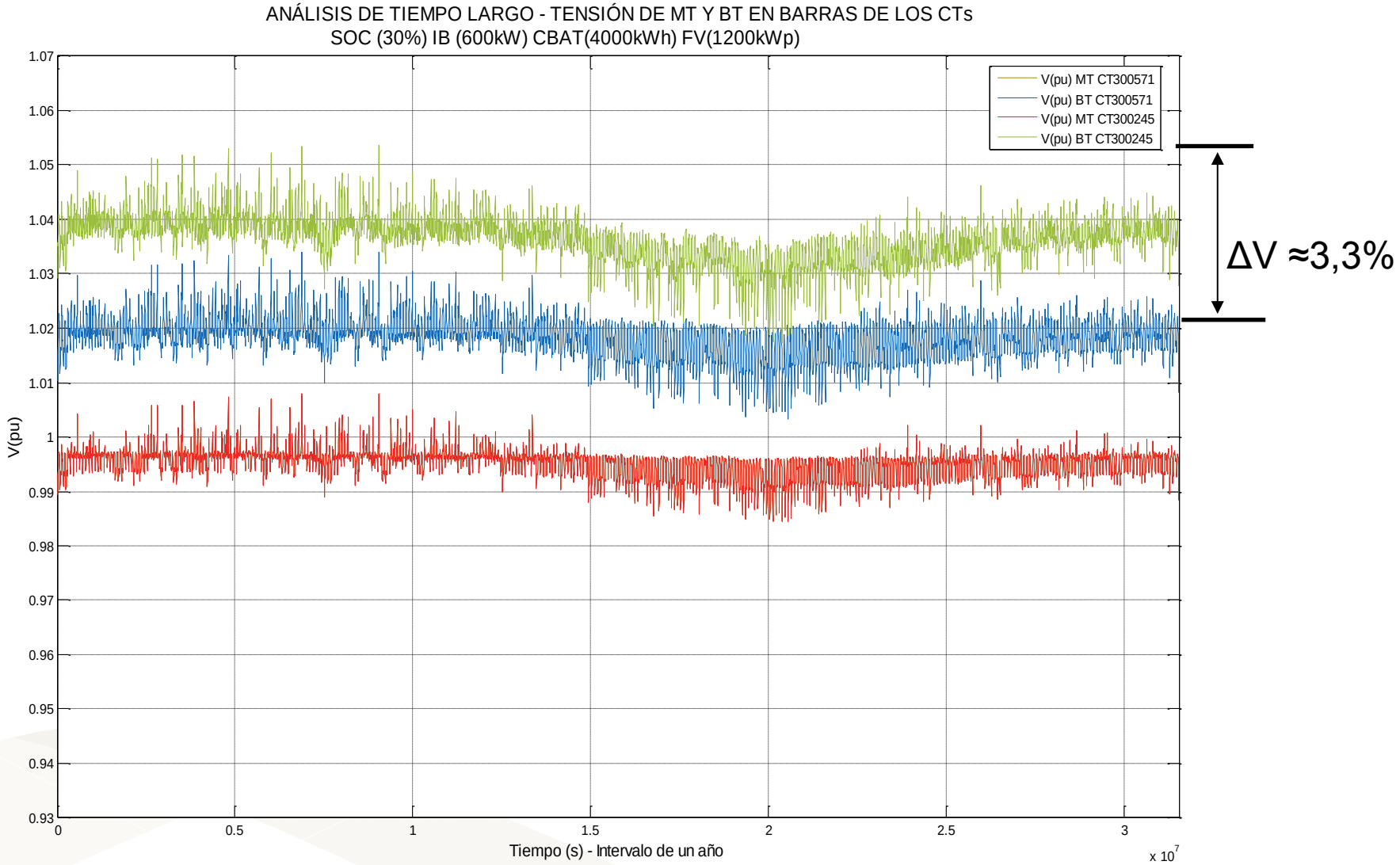
Estudios de estabilidad a tiempo largo



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

ESTUDIOS ELÉCTRICOS: DIMENSIONAMIENTO MICRORRED

Estudios de estabilidad a tiempo largo



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

ESTUDIO ENERGÉTICO ECONÓMICO

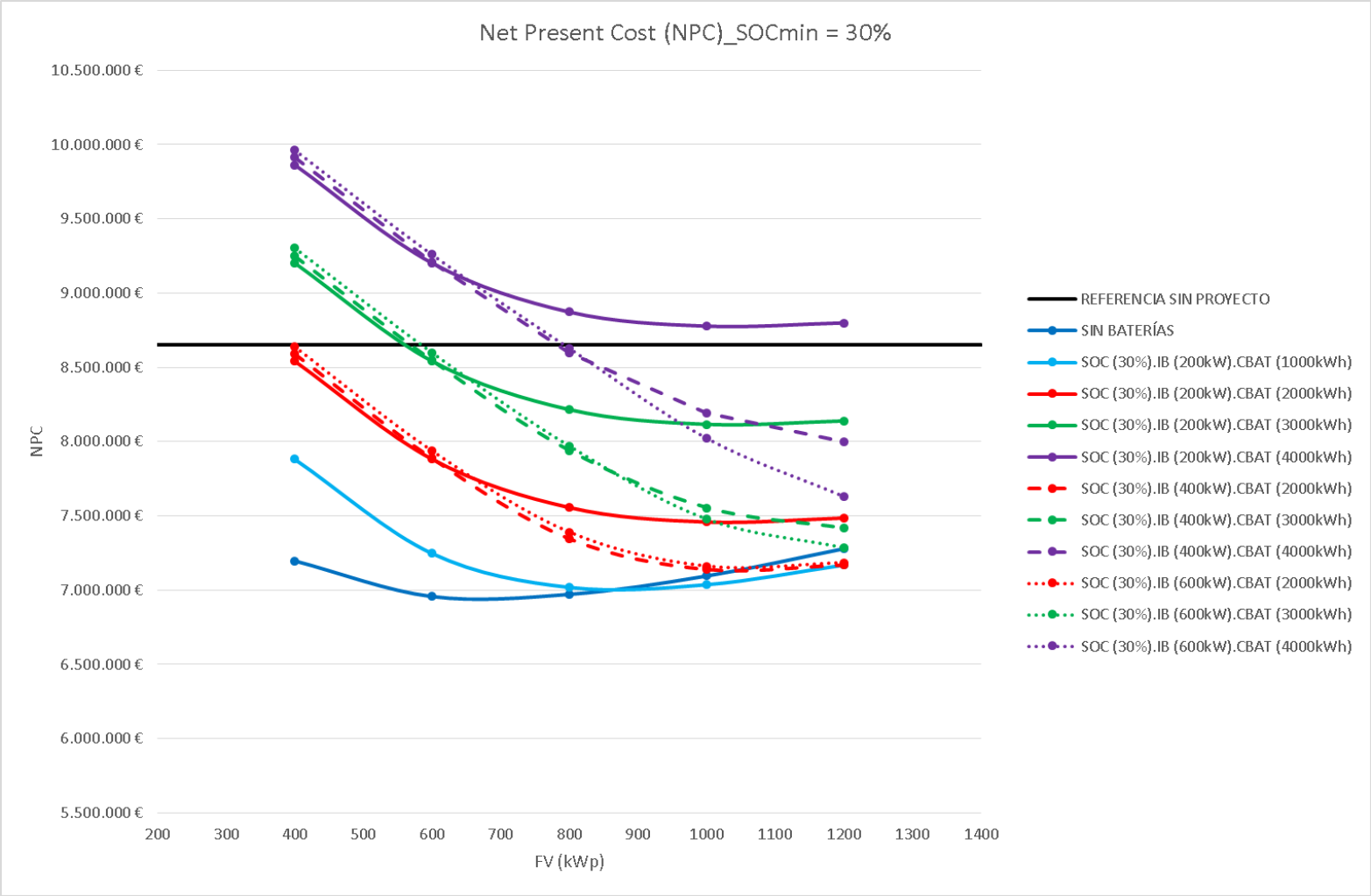
El estudio se ha realizado planteando tres sensibilidades, estudiando los parámetros más sensibles para tres escenarios posibles: pesimista, conservador y optimista.

A partir de los siguientes costes específicos de la instalación para un **escenario conservador** se ha estudiado qué porcentaje de penetración renovable es posible y el ciclo de vida del sistema de almacenamiento.

Por ejemplo, si consideramos los siguientes parámetros de costes:

- Interés de la financiación = 7,1%
- Inflación de la energía = 3%
- Coste específico de la instalación fotovoltaica = 1300€/kWp
- Coste específico del sistema de almacenamiento = 600€/kWh

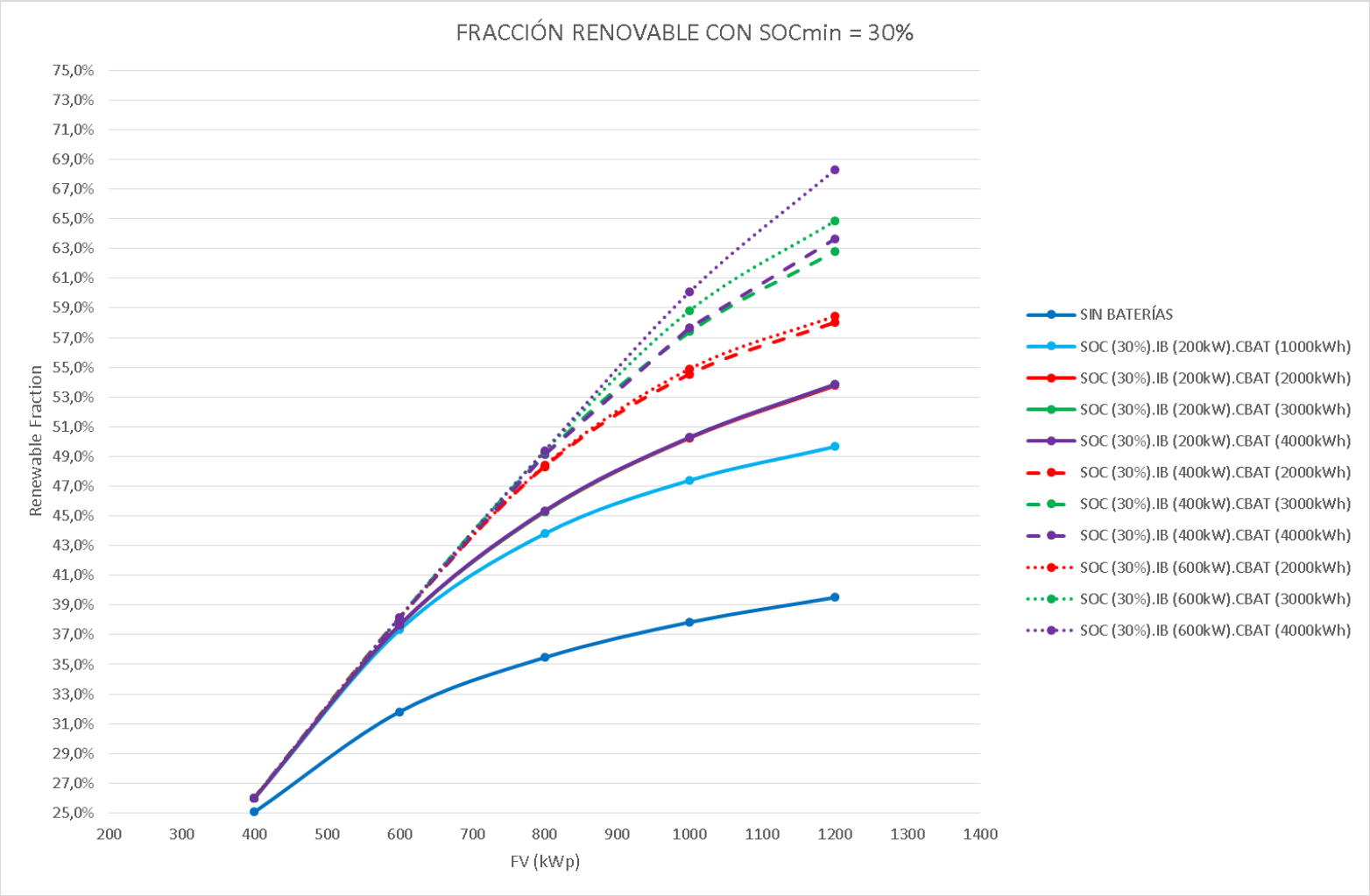
ESTUDIO ENERGÉTICO ECONÓMICO: análisis de sensibilidad



Gráfica del Net Present Cost (NPC) para una SOC del 30%

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

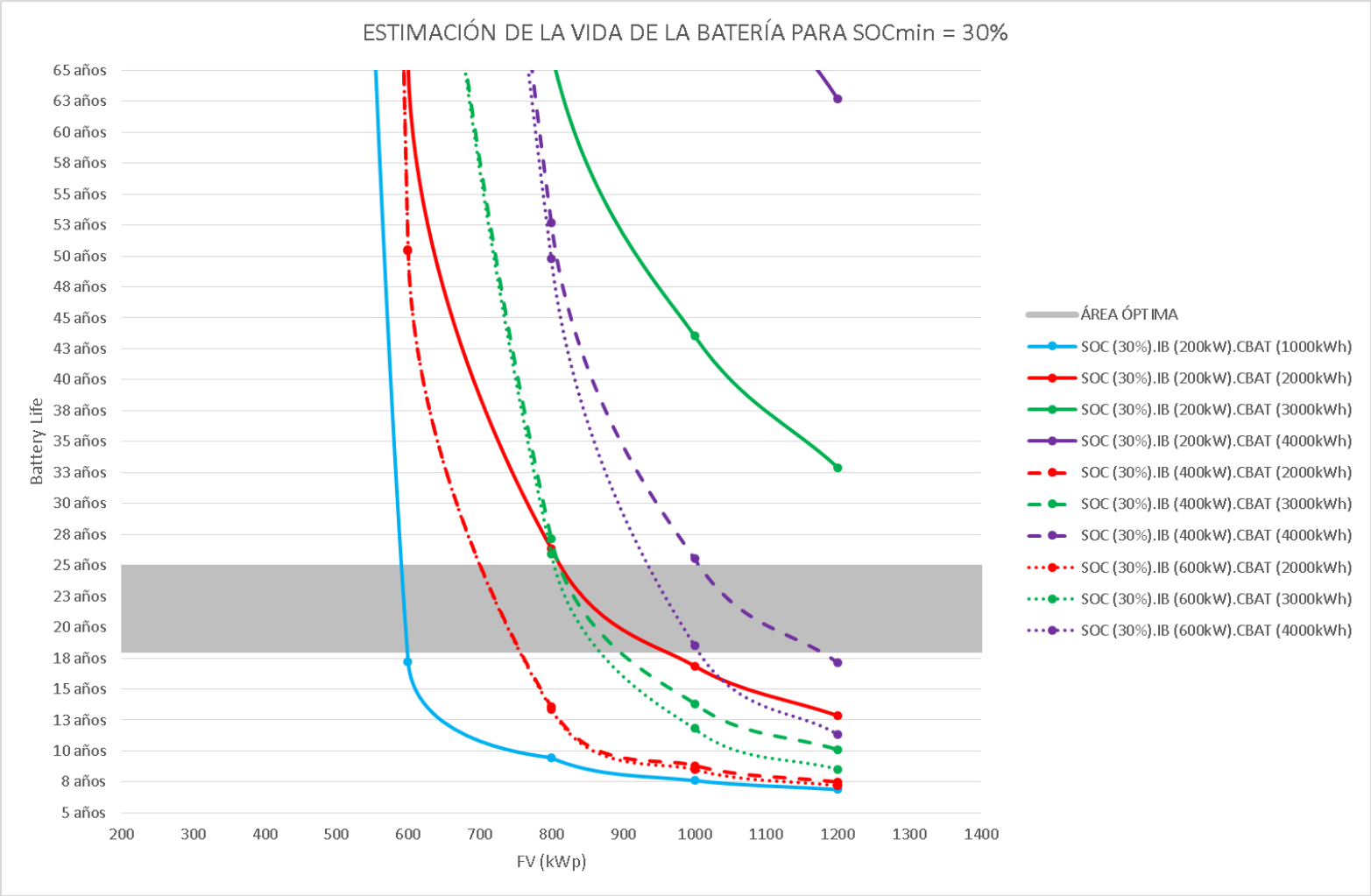
ESTUDIO ENERGÉTICO ECONÓMICO: análisis de sensibilidad



Fracción Renovable para una SOC del 30%

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

ESTUDIO ENERGÉTICO ECONÓMICO: análisis de sensibilidad



Estimación de la vida de la batería para una SOC del 30%

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

FEDER - INNTERCONECTA

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD | SECRETARÍA DE ESTADO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN | CDTI Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial | 2015

Generación Renovable con Almacenamiento y Consumos Inteligentes para la Operación de redes de distribución con Sistemas de Autoconsumo

Proyecto GRACIOSA

G.R.A.C.I.O.S.A

REPRESENTANTE DEL CONSORCIO:
ENDESA DISTRIBUCIÓN, S.A.U. (EDE

MIEMBROS DEL CONSORCIO:
ENDESA DISTRIBUCIÓN, S.A.U. (EDE)

ENDESA ENERGÍA (EE)

INSTITUTO TECNOLOGICO DE CANARIAS S.A. (ITC)

WIN INERTIA (WIN)

endesadistribución

endesaenergía

itc INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS

Win Inertia

APRENMAC

PROGRAMA MAC 2007 - 2013 Cooperación Transnacional

Unión Europea FEDER
Invertimos en su futuro

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Jesús Manuel de León Izquier

- ✓ Jefe de sección de Estudios Eléctricos.
- ✓ Departamento de Energías Renovables.
- ✓ Playa de Pozo Izquierdo, s/n, 35119, Santa Lucía
- ✓ +034 (928) 727-618 jdeleon@itccanarias.org

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro