

Interreg



Cofinanciado por
la Unión Europea
Cofinanciado pela
União Europeia

España – Portugal



E6.12: Guía de recomendaciones y buenas prácticas



Información del documento

Código del entregable	E6.12
Título	Guía de recomendaciones y buenas prácticas
Actividad	A6
Fecha límite de entrega	01/06/2026
Fecha de entrega	14/05/2026
Nivel de difusión	Público
Socio responsable	CTA
Autores	Paula Rosa Álvarez

Historial de versiones

Version	Fecha	Autor(es)
1.0	04/05/2026	Paula Rosa Álvarez
1.1	14/05/2025	Germán López Lara

© AGERAR PLUS, 2023-2026

Se autoriza la reproducción siempre que se reconozca la fuente

Tabla de contenido

Executive Summary	6
1. Introducción	7
2. ¿Por qué microrredes con renovables y almacenamiento?	9
2.1 Integración eficiente de energías renovables	9
2.2 Empoderamiento del prosumidor y nuevas formas de consumo	10
2.3 Mejora de la eficiencia y reducción de costes	10
2.4 Flexibilidad y resiliencia del sistema energético	10
2.5 Impulso a la transición energética y sostenibilidad	11
2.6 Validación en entornos reales	11
3. Factores clave antes de diseñar una microrred	13
3.1 Contexto energético	13
3.2 Marco regulatorio	14
3.3 Modelo de Negocio	15
4. Buenas prácticas en el diseño de microrredes	16
4.1 Dimensionamiento equilibrado	16
4.2 Selección de tecnologías	17
4.3 Integración de la demanda	17
5. Buenas prácticas en la operación	19
5.1 Gestión energética inteligente	19
5.2 Uso del almacenamiento	20
5.3 Coordinación entre activos	20
6. Digitalización y herramientas	22
6.1 Monitorización	22
6.2 Gemelos digitales	23
7. Buenas prácticas en validación y despliegue	25
7.1 Probar antes de escalar	25
7.2 Uso de pilotos	26
8. Barreras y medidas de mitigación	28

8.1	Técnicas	28
8.2	Regulatorias	28
8.3	Económicas	29
9.	Recomendaciones finales	31
9.1	Administraciones	31
9.2	Empresas	31
9.3	Comunidades Energéticas.....	32
9.4	Investigadores	32
10.	Conclusiones.....	34

Listado de Términos y definiciones

Abreviación	Definición
DER	Recursos Energéticos Distribuidos (Distributed Energy Resources)
EMS	Sistema de Gestión Energética (Energy Management System)

Tabla 1: Términos y definiciones

Executive Summary

El presente documento recoge una guía de recomendaciones y buenas prácticas para el diseño, uso y explotación de microrredes con generación de origen renovable y almacenamiento, elaborada en el marco del proyecto AGERAR PLUS. A partir de los resultados obtenidos en el análisis de modelos de negocio, tecnologías, estrategias de gestión y su validación en entornos reales, se identifican los factores clave que condicionan el éxito de estas soluciones. La guía pone de manifiesto que el rendimiento de una microrred no depende únicamente de la tecnología empleada, sino de un enfoque integral que combine un adecuado dimensionamiento, la integración de la flexibilidad de la demanda, una gestión energética eficiente y el uso de herramientas digitales. Asimismo, se destacan las principales barreras técnicas, regulatorias y económicas, junto con recomendaciones prácticas para superarlas, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones por parte de administraciones, empresas, comunidades energéticas y otros agentes implicados. En conjunto, este documento pretende servir como una herramienta útil para impulsar el despliegue de microrredes, promoviendo soluciones sostenibles, eficientes y adaptadas a las necesidades reales del sistema energético.

1. Introducción

La transición hacia un modelo energético más sostenible, descentralizado y participativo está impulsando la adopción de soluciones innovadoras basadas en generación renovable distribuida, almacenamiento energético y gestión inteligente de la demanda. En este contexto, las microrredes se consolidan como una herramienta clave para facilitar la integración eficiente de recursos energéticos distribuidos y fomentar la participación activa de los consumidores en el sistema energético.

El proyecto AGERAR PLUS se enmarca en este escenario, abordando los retos asociados a la gestión y almacenamiento de energía renovable en entornos de prosumidores y comunidades energéticas. A lo largo del proyecto se han analizado aspectos regulatorios, modelos de negocio, tecnologías de almacenamiento, estrategias de control y herramientas digitales, así como su validación en entornos experimentales y reales.

El presente documento constituye el entregable E6.12 y tiene como objetivo principal recopilar, sintetizar y trasladar los conocimientos generados durante el proyecto en forma de una guía práctica de recomendaciones y buenas prácticas para el diseño, uso y explotación de microrredes con generación renovable y almacenamiento.

A diferencia de otros documentos técnicos desarrollados en el marco del proyecto, esta guía no pretende profundizar en aspectos de modelado, simulación o análisis detallado de tecnologías. Por el contrario, su finalidad es ofrecer orientaciones claras, accesibles y aplicables que faciliten la toma de decisiones por parte de los distintos agentes implicados en el desarrollo de microrredes.

En este sentido, la guía está dirigida a un amplio espectro de usuarios, entre los que se incluyen:

- Administraciones públicas responsables de planificación energética y regulación
- Empresas del sector energético interesadas en el desarrollo de soluciones distribuidas
- Comunidades energéticas y prosumidores que desean implementar sistemas de autoconsumo colectivo
- Entidades técnicas y agentes intermedios que participan en el diseño y operación de estos sistemas

El enfoque adoptado se basa en la identificación de lecciones aprendidas a partir de los resultados del proyecto, incluyendo el análisis de modelos de negocio, la evaluación de tecnologías de almacenamiento, la implementación de estrategias de gestión energética

y su validación en infraestructuras experimentales y casos reales de comunidades energéticas.

De este modo, el documento busca contribuir a reducir las barreras existentes para la implantación de microrredes, promoviendo soluciones robustas, eficientes y adaptadas a las necesidades reales de los usuarios, así como facilitando su replicabilidad en distintos contextos territoriales.

En definitiva, esta guía pretende servir como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, proporcionando criterios prácticos que ayuden a maximizar los beneficios técnicos, económicos y sociales de las microrredes basadas en energías renovables y sistemas de almacenamiento.

2. ¿Por qué microrredes con renovables y almacenamiento?

El sistema energético está experimentando una transformación profunda hacia un modelo más descentralizado, sostenible y participativo. En este contexto, las microrredes que integran generación renovable y sistemas de almacenamiento emergen como una solución clave para dar respuesta a los retos actuales y futuros del sistema eléctrico.

Las microrredes permiten agrupar generación, consumo y almacenamiento a escala local, facilitando una gestión más eficiente de la energía y reduciendo la dependencia de infraestructuras centralizadas. Esta configuración resulta especialmente relevante en entornos donde existe una alta penetración de energías renovables, cuya naturaleza variable e intermitente requiere nuevas estrategias de gestión.

2.1 Integración eficiente de energías renovables

Uno de los principales desafíos de las energías renovables de carácter intermitente, como la solar fotovoltaica, es su variabilidad, ya que la producción depende de condiciones externas como la radiación solar o las condiciones meteorológicas. Las microrredes permiten gestionar esta variabilidad de forma más eficaz al integrar sistemas de almacenamiento y mecanismos de control que equilibran la generación y el consumo en tiempo real.

El almacenamiento energético desempeña un papel fundamental en este contexto, ya que permite:

- Almacenar excedentes de energía renovable para su uso posterior
- Reducir vertidos a red
- Mejorar la estabilidad y calidad del suministro

De este modo, se maximiza el aprovechamiento local de la energía generada, aumentando la eficiencia global del sistema.

2.2 Empoderamiento del prosumidor y nuevas formas de consumo

Las microrredes facilitan la evolución del consumidor tradicional hacia el prosumidor, es decir, un usuario que no solo consume energía, sino que también la produce, almacena y gestiona activamente.

Este cambio de paradigma permite:

- Mayor control sobre el consumo energético
- Reducción de costes energéticos
- Participación en modelos colaborativos como comunidades energéticas

Además, favorece la aparición de nuevos modelos de negocio basados en el intercambio local de energía y la gestión colectiva de recursos energéticos.

2.3 Mejora de la eficiencia y reducción de costes

Al gestionar la energía a nivel local, las microrredes permiten optimizar el uso de los recursos disponibles, reduciendo pérdidas asociadas al transporte y distribución de electricidad.

El uso combinado de generación renovable, almacenamiento y gestión inteligente de la demanda permite:

- Incrementar el autoconsumo
- Reducir la dependencia de la red eléctrica
- Minimizar el coste energético, especialmente en contextos con tarifas variables

La implementación de estrategias de gestión energética adecuadas puede tener un impacto significativo en el rendimiento económico del sistema, incluso superior al derivado de la elección de una tecnología concreta.

2.4 Flexibilidad y resiliencia del sistema energético

Las microrredes aportan una mayor flexibilidad al sistema eléctrico, al permitir adaptar el consumo a la disponibilidad de energía y gestionar de forma activa los recursos energéticos distribuidos.

Asimismo, contribuyen a mejorar la resiliencia del sistema, es decir, su capacidad para responder y recuperarse ante situaciones adversas, como fallos en la red, picos de demanda o eventos climáticos extremos.

En determinados casos, las microrredes pueden operar de forma autónoma (modo aislado), garantizando el suministro eléctrico en situaciones de emergencia o en zonas con infraestructuras limitadas.

2.5 Impulso a la transición energética y sostenibilidad

El desarrollo de microrredes basadas en fuentes de energías renovables y sistemas de almacenamiento de energía contribuye directamente a los objetivos de descarbonización y transición energética, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y promoviendo un uso más sostenible de los recursos energéticos.

Además, estas soluciones favorecen:

- La generación distribuida
- La reducción de la huella de carbono
- La integración de tecnologías limpias en el entorno local

En este sentido, las microrredes no solo representan una solución tecnológica, sino también un instrumento clave para avanzar hacia un modelo energético más sostenible, inclusivo y eficiente.

2.6 Validación en entornos reales

Los resultados del proyecto AGERAR PLUS han demostrado que las microrredes con generación renovable y almacenamiento son soluciones viables tanto desde el punto de vista operativo, especialmente cuando se combinan con herramientas de gestión avanzada y validación en entornos reales.

Las experiencias piloto han puesto de manifiesto que:

- La coordinación entre generación, almacenamiento y demanda es esencial
- La validación en condiciones reales permite identificar limitaciones y oportunidades de mejora
- La participación activa de los usuarios y la comunidad es un factor determinante para el éxito

Estas lecciones refuerzan el papel de las microrredes como una solución madura y replicable en distintos contextos.

3. Factores clave antes de diseñar una microrred

El diseño de una microrred no debe comenzar por la selección de tecnologías, sino por el análisis del contexto en el que se va a implementar. Una planificación adecuada permite evitar errores comunes, optimizar la inversión y garantizar un funcionamiento eficiente a largo plazo.

Antes de abordar el dimensionamiento o la selección de equipos, es fundamental tener en cuenta una serie de factores clave relacionados con el entorno energético, el marco regulatorio y el modelo de explotación.

3.1 Contexto energético

El primer paso en el diseño de una microrred consiste en comprender en detalle el entorno energético en el que se va a implantar. Esto incluye tanto el perfil de consumo como el potencial de generación renovable disponible.

Un análisis adecuado de estos aspectos permite adaptar la solución a las necesidades reales y evitar sobredimensionamientos o infrautilización de los recursos.

Entre los aspectos más relevantes a considerar se encuentran:

- El perfil de demanda eléctrica (diaria, estacional, picos de consumo)
- La coincidencia entre generación renovable y consumo
- La disponibilidad de recurso renovable (principalmente solar)
- La existencia de cargas flexibles (vehículos eléctricos, climatización, etc.)

Comprender cómo y cuándo se consume la energía es tan importante como conocer cuánto se consume. Este análisis permite identificar oportunidades para optimizar el autoconsumo y mejorar el rendimiento global del sistema.

Buenas prácticas:

- Analizar datos reales de consumo antes de diseñar la instalación
- Identificar picos de demanda y patrones de uso
- Evaluar el potencial de autoconsumo

Errores a evitar:

- Diseñar la microrred sin conocer el perfil energético real
- Basar el dimensionamiento en estimaciones genéricas

- Ignorar la variabilidad del consumo

3.2 Marco regulatorio

El marco regulatorio es un factor determinante en la viabilidad de una microrred, ya que condiciona tanto su diseño como su modelo de explotación. Las normativas pueden afectar aspectos clave como el autoconsumo, la compartición de energía, el acceso a la red o la participación en mercados energéticos.

En el contexto actual, existen avances significativos en el reconocimiento de figuras como el autoconsumo compartido o las comunidades energéticas, lo que abre nuevas oportunidades para el desarrollo de microrredes. Sin embargo, también persisten barreras que deben ser consideradas desde las fases iniciales del diseño.

Aspectos clave a tener en cuenta:

- Regulación del autoconsumo individual y colectivo
- Condiciones para compartir energía entre usuarios
- Limitaciones en la participación en mercados eléctricos
- Requisitos administrativos y de conexión a red

El conocimiento del marco regulatorio permite seleccionar el modelo más adecuado y evitar limitaciones que puedan comprometer la rentabilidad o el funcionamiento del sistema.

Buenas prácticas:

- Analizar la normativa vigente antes de definir el modelo de microrred
- Adaptar el diseño a las posibilidades regulatorias existentes
- Considerar la evolución normativa futura

Errores a evitar:

- Diseñar soluciones que no encajan en el marco legal actual
- Ignorar restricciones en la compartición de energía
- No considerar trámites administrativos y tiempos asociados

3.3 Modelo de Negocio

La definición del modelo de negocio es un elemento clave para asegurar la viabilidad económica y la sostenibilidad de la microrred a largo plazo. No existe un modelo único válido para todos los casos, sino que debe adaptarse al contexto, al tipo de usuario y a los objetivos del proyecto.

Las microrredes pueden operar bajo diferentes esquemas, entre los que destacan:

- Autoconsumo individual
- Autoconsumo compartido
- Comunidades energéticas
- Modelos gestionados por terceros o agregadores

Cada uno de estos modelos presenta ventajas y limitaciones en términos de inversión, gestión, reparto de beneficios y complejidad operativa.

La elección del modelo debe tener en cuenta:

- El número y tipo de usuarios involucrados
- El grado de colaboración entre ellos
- Los objetivos (ahorro, independencia energética, sostenibilidad, etc.)
- Las condiciones regulatorias aplicables

Además, es importante considerar desde el inicio cómo se va a gestionar la microrred una vez esté en funcionamiento, incluyendo aspectos como la operación, el mantenimiento y la toma de decisiones.

Buenas prácticas:

- Definir claramente los objetivos del proyecto (económicos, sociales, ambientales)
- Seleccionar el modelo de negocio más adecuado al contexto
- Establecer mecanismos claros de gestión y reparto de beneficios

Errores a evitar:

- No definir un modelo de explotación desde el inicio
- Elegir modelos demasiado complejos para el contexto
- No considerar la gestión a largo plazo

4. Buenas prácticas en el diseño de microrredes

El diseño de una microrred es una fase crítica que condiciona su rendimiento técnico, económico y operativo a lo largo de toda su vida útil. Una buena planificación permite maximizar el aprovechamiento de los recursos energéticos disponibles, reducir costes y facilitar una operación eficiente.

A diferencia de un enfoque puramente tecnológico, el diseño de una microrred debe abordarse de forma integral, considerando no solo los equipos a instalar, sino también cómo interactúan entre sí y cómo se adaptan a las necesidades reales de los usuarios.

4.1 Dimensionamiento equilibrado

Uno de los errores más frecuentes en el diseño de microrredes es el sobredimensionamiento de los sistemas de generación o almacenamiento, lo que incrementa innecesariamente la inversión sin aportar beneficios proporcionales.

El dimensionamiento debe basarse en el equilibrio entre generación, consumo y almacenamiento, teniendo en cuenta el perfil energético real del sistema.

Un diseño adecuado permite:

- Maximizar el autoconsumo de la energía generada
- Reducir la dependencia de la red
- Optimizar la inversión inicial

En este sentido, es importante considerar que no siempre es óptimo cubrir el 100% de la demanda con generación local, sino encontrar un punto de equilibrio entre autosuficiencia y viabilidad económica.

Buenas prácticas:

- Dimensionar la generación en función del consumo real y no de máximos teóricos
- Ajustar la capacidad de almacenamiento a las necesidades de desplazamiento energético (no a la producción total)
- Evaluar diferentes escenarios antes de tomar decisiones

Errores a evitar:

- Sobredimensionar baterías sin un análisis previo de su uso real
- Diseñar sistemas para cubrir casos extremos poco frecuentes

- No considerar la variabilidad de la generación renovable

4.2 Selección de tecnologías

La elección de tecnologías es un aspecto clave del diseño, pero debe realizarse en función del uso previsto y no únicamente en base a criterios técnicos o tendencias del mercado.

Existen diferentes tecnologías de almacenamiento y gestión energética, cada una con características específicas en términos de capacidad, respuesta, coste y vida útil. No existe una solución única válida para todos los casos, sino que la selección debe adaptarse al contexto de la microrred.

De forma general:

- Las baterías son adecuadas para almacenamiento de energía a medio plazo
- Los sistemas de alta potencia (como supercondensadores) son útiles para respuestas rápidas
- Las soluciones híbridas permiten combinar ventajas de distintas tecnologías

La clave está en entender qué papel debe desempeñar cada tecnología dentro del sistema.

Buenas prácticas:

- Seleccionar tecnologías en función del uso
- Priorizar soluciones adaptadas a las necesidades del sistema y validadas para el uso previsto
- Evaluar el coste total a lo largo de la vida útil, no solo la inversión inicial

Errores a evitar:

- Elegir tecnologías por moda sin validar su aplicabilidad
- No considerar el mantenimiento y la degradación
- Apostar por una única tecnología sin evaluar alternativas

4.3 Integración de la demanda

Uno de los aspectos más relevantes en el diseño de microrredes modernas es la integración de la demanda como un elemento activo del sistema. Tradicionalmente, el

diseño energético se centraba en adaptar la generación al consumo, pero en la actualidad es igualmente importante adaptar el consumo a la generación.

La incorporación de flexibilidad permite mejorar significativamente el rendimiento del sistema sin necesidad de incrementar la capacidad instalada.

Entre los principales elementos que aportan flexibilidad se encuentran:

- Vehículos eléctricos y sistemas de recarga
- Sistemas de climatización
- Equipos programables o desplazables en el tiempo

La gestión inteligente de estas cargas permite desplazar el consumo hacia momentos de mayor generación renovable, aumentando el autoconsumo y reduciendo costes.

Buenas prácticas:

- Identificar cargas flexibles desde la fase de diseño
- Incorporar sistemas de control que permitan gestionar la demanda
- Priorizar el uso de la energía en el momento de su generación

Errores a evitar:

- Diseñar el sistema sin considerar la flexibilidad de la demanda
- Compensar falta de gestión con mayor capacidad de almacenamiento
- No integrar sistemas de control desde el inicio

5. Buenas prácticas en la operación

Una vez diseñada e implementada, la operación de la microrred es el factor que más influye en su rendimiento real ya que una misma instalación puede obtener resultados muy diferentes en función de cómo se gestione.

La operación debe centrarse en optimizar el uso de los recursos disponibles, adaptarse a condiciones cambiantes (demanda, generación, precios) y garantizar un funcionamiento estable y eficiente a lo largo del tiempo. En este sentido, la gestión energética, el uso adecuado del almacenamiento y la coordinación entre los distintos elementos del sistema son aspectos fundamentales para optimizar la operación.

5.1 Gestión energética inteligente

La gestión energética consiste en decidir en cada momento cómo utilizar la energía disponible: cuándo consumirla, cuándo almacenarla y cuándo recurrir a la red eléctrica.

Una gestión adecuada permite maximizar el autoconsumo, reducir costes y mejorar la eficiencia global del sistema, sin necesidad de modificar la infraestructura existente.

En la práctica, esto implica:

- Adaptar el consumo a la generación renovable disponible
- Priorizar el uso de energía local frente a la importación desde la red
- Aprovechar periodos de menor coste energético cuando sea posible

La experiencia demuestra que la forma en la que se gestiona la energía tiene un impacto directo en los resultados, en muchos casos superior al de la propia tecnología instalada.

Buenas prácticas:

- Priorizar el consumo de energía renovable en el momento de su generación
- Ajustar la operación a los perfiles reales de consumo y producción
- Revisar y adaptar periódicamente las estrategias de gestión

Errores a evitar:

- Operar el sistema con reglas fijas sin adaptarse a las condiciones reales
- No aprovechar la información disponible (datos de consumo, generación, precios)
- Dependier excesivamente de la red cuando existen recursos locales disponibles

5.2 Uso del almacenamiento

El almacenamiento es un recurso clave dentro de la microrred, si bien su uso debe ser gestionado cuidadosamente para maximizar su vida útil y su rendimiento.

Un uso inadecuado puede provocar una degradación acelerada de los equipos, reduciendo su capacidad y aumentando los costes a largo plazo.

El almacenamiento debe utilizarse principalmente para:

- Desplazar energía en el tiempo (de momentos de excedente a momentos de déficit)
- Reducir picos de demanda
- Apoyar la estabilidad del sistema

No se trata de utilizar los sistemas de almacenamiento de forma intensiva en todo momento, sino de hacerlo de manera estratégica.

Buenas prácticas:

- Utilizar el almacenamiento cuando aporte un beneficio claro (económico o energético)
- Evitar ciclos innecesarios de carga y descarga
- Operar dentro de rangos adecuados para prolongar la vida útil

Errores a evitar:

- Usar las baterías sin criterio, provocando desgaste prematuro
- Intentar maximizar el uso del almacenamiento sin considerar su degradación
- No ajustar su operación a los objetivos del sistema (coste, autoconsumo, resiliencia)

5.3 Coordinación entre activos

Una microrred eficiente no se basa en el funcionamiento independiente de sus componentes, sino en la coordinación entre ellos. La generación, el almacenamiento y la demanda deben operar de forma integrada para obtener el máximo rendimiento.

La falta de coordinación puede provocar:

- Pérdidas de energía

- Uso ineficiente del almacenamiento
- Incremento de costes

Por el contrario, una operación coordinada permite:

- Aprovechar mejor la energía generada localmente
- Reducir el uso innecesario de la red
- Mejorar la estabilidad del sistema

En la práctica, esto implica establecer reglas claras de funcionamiento que definan cómo interactúan los distintos elementos en cada situación.

Buenas prácticas:

- Definir prioridades claras en el uso de la energía (consumo, almacenamiento, red)
- Integrar todos los elementos del sistema bajo una misma estrategia de control
- Revisar el comportamiento conjunto del sistema, no solo de cada componente

Errores a evitar:

- Gestionar generación, almacenamiento y demanda de forma independiente
- No establecer criterios claros de operación
- Ignorar la interacción entre los distintos elementos del sistema

Destacado

Una microrred bien operada puede mejorar significativamente su rendimiento sin necesidad de invertir en una nueva infraestructura.

6. Digitalización y herramientas

La digitalización es un elemento fundamental para garantizar el funcionamiento eficiente de una microrred. Permite monitorizar el sistema, analizar su comportamiento y tomar decisiones informadas en tiempo real o de forma anticipada.

En un contexto energético cada vez más complejo, caracterizado por la integración de múltiples tecnologías y la variabilidad de las fuentes renovables, disponer de herramientas digitales adecuadas facilita la gestión y optimización del sistema sin necesidad de aumentar la infraestructura física.

El uso de sistemas de monitorización y herramientas avanzadas como los gemelos digitales permite mejorar el rendimiento, anticipar problemas y validar decisiones antes de su aplicación.

6.1 Monitorización

La monitorización es la base de cualquier estrategia de gestión energética eficiente. Conocer en tiempo real cómo se comporta la microrred permite detectar desviaciones, identificar oportunidades de mejora y optimizar la operación.

Un sistema de monitorización adecuado debe proporcionar información clara y accesible sobre:

- Producción de energía renovable
- Consumo energético
- Estado del almacenamiento
- Flujos de energía entre los distintos elementos del sistema

El acceso a estos datos permite tomar decisiones informadas, tanto de forma manual como automática, y adaptar el funcionamiento del sistema a las condiciones reales.

Además, el análisis histórico de datos facilita:

- Identificar patrones de consumo y generación
- Evaluar el rendimiento del sistema
- Ajustar estrategias de operación

Buenas prácticas:

- Monitorizar todos los elementos relevantes del sistema (generación, consumo, almacenamiento)

- Utilizar herramientas que permitan visualizar la información de forma sencilla
- Analizar los datos de forma periódica para mejorar la operación

Errores a evitar:

- No disponer de sistemas de monitorización adecuados
- Recoger datos pero no utilizarlos para la toma de decisiones
- Limitarse a análisis puntuales sin seguimiento continuo

6.2 Gemelos digitales

Los gemelos digitales son representaciones virtuales de un sistema físico que permiten simular su comportamiento y analizar diferentes escenarios sin intervenir directamente en la instalación real.

En el contexto de las microrredes, estas herramientas permiten:

- Evaluar el impacto de distintas estrategias de operación
- Analizar situaciones futuras (picos de demanda, cambios en generación, etc.)
- Detectar posibles problemas antes de que ocurran
- Optimizar la toma de decisiones

Una de sus principales ventajas es que permiten probar soluciones en un entorno seguro, reduciendo riesgos y mejorando la eficiencia de la operación.

Además, pueden integrarse con sistemas de control y monitorización, facilitando una gestión más avanzada y adaptativa del sistema energético.

No es necesario que todas las microrredes dispongan de herramientas complejas, pero sí es recomendable incorporar soluciones que permitan, al menos, analizar el comportamiento del sistema y anticipar su evolución.

Buenas prácticas:

- Utilizar herramientas de simulación para evaluar decisiones antes de aplicarlas
- Integrar datos reales en las herramientas digitales para mejorar su precisión
- Aprovechar la digitalización para optimizar la operación y el mantenimiento

Errores a evitar:

- Considerar la digitalización como un elemento opcional o secundario

- Implementar herramientas complejas sin un objetivo claro
- No integrar las herramientas digitales con la operación real del sistema

Destacado

La digitalización permite mejorar significativamente el rendimiento de una microrred sin necesidad de aumentar su tamaño o complejidad física.

7. Buenas prácticas en validación y despliegue

El desarrollo de una microrred no finaliza con su diseño e instalación. La validación y el despliegue son fases esenciales para asegurar que el sistema funciona correctamente en condiciones reales y cumple con los objetivos previstos.

En la práctica, muchas de las limitaciones y oportunidades de mejora solo se identifican cuando el sistema se prueba en entornos reales o representativos. Por ello, es fundamental adoptar un enfoque progresivo, que combine pruebas controladas, validación experimental y despliegue gradual.

7.1 Probar antes de escalar

Antes de la puesta en marcha definitiva, es recomendable validar el comportamiento de la microrred en entornos controlados o mediante herramientas de simulación. Este proceso permite detectar problemas, ajustar estrategias de operación y reducir riesgos.

La validación puede realizarse en diferentes niveles:

- Simulación de escenarios de operación
- Pruebas en laboratorio o infraestructuras experimentales
- Evaluación de estrategias de gestión energética

Este enfoque permite comprobar cómo responde el sistema ante distintas condiciones, como variaciones en la demanda, cambios en la generación renovable o diferentes estrategias de control.

Uno de los principales aprendizajes es que las soluciones que funcionan en teoría pueden comportarse de forma distinta en la práctica, debido a factores como pérdidas, limitaciones de equipos o condiciones reales de operación.

Buenas prácticas:

- Validar las estrategias de operación antes de su aplicación real
- Probar diferentes escenarios (alta demanda, baja generación, etc.)
- Ajustar el sistema en base a los resultados obtenidos

Errores a evitar:

- Implementar el sistema sin una fase previa de validación
- Confiar únicamente en resultados teóricos o simulaciones

- No considerar condiciones reales de funcionamiento

7.2 Uso de pilotos

Una vez validado el sistema, el siguiente paso es su despliegue en condiciones reales. Esta fase permite evaluar el comportamiento de la microrred en un entorno operativo completo, incluyendo aspectos técnicos, económicos y sociales.

Los proyectos piloto y demostradores desempeñan un papel fundamental en este proceso, ya que permiten:

- Validar el funcionamiento del sistema en condiciones reales
- Identificar limitaciones no detectadas en fases anteriores
- Evaluar la aceptación por parte de los usuarios
- Ajustar el modelo de operación y gestión

Además, estos casos reales proporcionan información valiosa para la replicación de soluciones en otros contextos, facilitando la transferencia de conocimiento y la escalabilidad de las microrredes.

Un aspecto especialmente relevante es la implicación de los usuarios y la comunidad. La participación activa de los actores locales contribuye a mejorar el funcionamiento del sistema y favorece su aceptación.

Buenas prácticas:

- Implementar proyectos piloto antes de un despliegue a gran escala
- Involucrar a los usuarios desde las fases iniciales
- Documentar resultados y lecciones aprendidas para facilitar la replicabilidad

Errores a evitar:

- Escalar soluciones sin haberlas probado en entornos reales
- No considerar factores sociales y organizativos
- No aprovechar la experiencia adquirida para futuros proyectos

Destacado

La validación en entornos reales es imprescindible para garantizar el éxito y la replicabilidad de las microrredes.

8. Barreras y medidas de mitigación

A pesar del potencial de las microrredes con generación renovable y almacenamiento, su despliegue todavía se enfrenta a diferentes barreras que pueden dificultar su implementación y desarrollo.

Estas barreras no son únicamente de carácter técnico, sino que también incluyen aspectos regulatorios, económicos y sociales. Identificarlas y abordarlas desde las fases iniciales del proyecto es clave para garantizar el éxito de la microrred.

A continuación, se presentan las principales barreras detectadas y recomendaciones prácticas para superarlas.

8.1 Técnicas

Las barreras técnicas están relacionadas principalmente con la integración de diferentes tecnologías y la gestión de sistemas energéticos cada vez más complejos.

Entre los principales desafíos se encuentran:

- Integración de generación renovable, almacenamiento y demanda
- Interoperabilidad entre equipos de distintos fabricantes
- Complejidad en los sistemas de control y gestión
- Limitaciones en la calidad y disponibilidad de datos

Además, el comportamiento real de los sistemas puede diferir de lo previsto, especialmente en entornos con alta variabilidad de generación y consumo.

Cómo superarlas:

- Apostar por soluciones tecnológicas probadas y compatibles entre sí
- Incorporar sistemas de monitorización desde el inicio
- Simplificar la arquitectura del sistema siempre que sea posible
- Validar el funcionamiento en entornos controlados antes del despliegue

8.2 Regulatorias

El marco regulatorio puede limitar el desarrollo de microrredes, especialmente en lo relativo a la compartición de energía, la participación en mercados eléctricos o la definición del papel del prosumidor.

Aunque se han producido avances en los últimos años, todavía existen aspectos que generan incertidumbre o dificultan la implantación de estos sistemas.

Entre las principales barreras se encuentran:

- Limitaciones en el autoconsumo compartido
- Restricciones en la participación en mercados energéticos
- Complejidad administrativa y trámites de conexión
- Falta de claridad en algunas figuras regulatorias

Estas barreras pueden afectar tanto al diseño como a la viabilidad económica de las microrredes.

Cómo superarlas:

- Diseñar soluciones adaptadas al marco regulatorio vigente
- Analizar la normativa desde las fases iniciales del proyecto
- Colaborar con administraciones y entidades reguladoras
- Anticipar posibles cambios normativos y su impacto

8.3 Económicas

Las barreras económicas y sociales son igualmente relevantes, ya que condicionan la aceptación y sostenibilidad de las microrredes a largo plazo.

Desde el punto de vista económico, uno de los principales retos es la inversión inicial necesaria, especialmente en sistemas de almacenamiento. A esto se suma la incertidumbre en el retorno económico, que depende de factores como los precios de la energía o la regulación.

Desde el punto de vista social, pueden surgir dificultades relacionadas con:

- La falta de conocimiento sobre estas soluciones
- La complejidad en la gestión colectiva (en el caso de comunidades energéticas)
- La percepción de riesgo o falta de confianza

La aceptación por parte de los usuarios es un factor clave para el éxito de cualquier microrred.

Cómo superarlas:

- Realizar análisis económicos realistas y adaptados al contexto
- Apostar por soluciones escalables y modulares
- Informar y formar a los usuarios desde el inicio
- Fomentar la participación activa de la comunidad

Destacado

El éxito de una microrred no depende solo de la tecnología, sino de la capacidad de anticipar y gestionar las barreras técnicas, regulatorias y sociales.

9. Recomendaciones finales

El desarrollo e implantación de microrredes con generación renovable y almacenamiento implica a múltiples actores, cada uno con un papel específico en el diseño, implementación y operación de estas soluciones.

A partir de las lecciones aprendidas en el proyecto AGERAR PLUS, se presentan a continuación una serie de recomendaciones prácticas adaptadas a los principales perfiles implicados, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones y promover el despliegue efectivo de microrredes.

9.1 Administraciones

Las administraciones públicas desempeñan un papel clave como facilitadoras del desarrollo de microrredes, a través de la regulación, la planificación energética y el apoyo a iniciativas locales.

Recomendaciones:

- Simplificar los marcos regulatorios para facilitar el autoconsumo y la compartición de energía
- Impulsar el desarrollo de comunidades energéticas mediante programas de apoyo e incentivos
- Fomentar la integración del almacenamiento como elemento clave del sistema energético
- Promover proyectos piloto y demostradores en entornos reales
- Facilitar el acceso a información y asesoramiento técnico a ciudadanos y entidades

Aspectos clave:

- La estabilidad regulatoria es fundamental para atraer inversión
- La simplificación administrativa puede acelerar significativamente la implantación

9.2 Empresas

Las empresas tienen un papel fundamental en el desarrollo, implementación y operación de soluciones energéticas distribuidas, así como en la creación de nuevos modelos de negocio.

Recomendaciones:

- Apostar por soluciones integradas que combinen generación, almacenamiento y gestión energética
- Desarrollar modelos de negocio adaptados a microrredes y comunidades energéticas
- Incorporar herramientas digitales para optimizar la operación y el mantenimiento
- Priorizar la flexibilidad y la adaptabilidad de las soluciones
- Ofrecer servicios que simplifiquen la gestión para el usuario final

Aspectos clave:

- La diferenciación no está solo en la tecnología, sino en el modelo de servicio
- La digitalización es un elemento clave para mejorar la competitividad

9.3 Comunidades Energéticas

Los usuarios y comunidades energéticas son el eje central de las microrredes, ya que participan activamente en la generación, consumo y gestión de la energía.

Recomendaciones:

- Analizar el perfil energético antes de implementar soluciones
- Priorizar el autoconsumo y el aprovechamiento local de la energía
- Incorporar almacenamiento de forma equilibrada y adaptada a las necesidades
- Fomentar la colaboración entre usuarios para optimizar recursos
- Participar activamente en la gestión y toma de decisiones

Aspectos clave:

- La implicación de los usuarios mejora el rendimiento del sistema
- La gestión colectiva requiere organización y acuerdos claros

9.4 Investigadores

Las entidades técnicas y el ámbito investigador desempeñan un papel esencial en el desarrollo de soluciones innovadoras y en la transferencia de conocimiento hacia aplicaciones reales.

Recomendaciones:

- Orientar la investigación hacia soluciones aplicables y escalables
- Validar tecnologías y estrategias en entornos reales
- Facilitar la transferencia de conocimiento hacia empresas y usuarios
- Desarrollar herramientas que simplifiquen la toma de decisiones
- Promover la interoperabilidad y estandarización de soluciones

Aspectos clave:

- La validación en condiciones reales es fundamental para garantizar la aplicabilidad
- La colaboración entre actores acelera la innovación y su implementación

Destacado

El éxito de las microrredes depende de la colaboración entre todos los actores implicados, combinando soluciones técnicas, marcos adecuados y una participación activa de los usuarios.

10. Conclusiones

Las microrredes con generación renovable y almacenamiento se consolidan como una solución clave para avanzar hacia un sistema energético más sostenible, descentralizado y centrado en el usuario. A lo largo de esta guía se ha puesto de manifiesto su capacidad para mejorar la eficiencia energética, incrementar el autoconsumo, reducir costes y reforzar la resiliencia del sistema eléctrico.

Los resultados y experiencias del proyecto AGERAR PLUS demuestran que estas soluciones son técnica y operativamente viables, tanto en entornos experimentales como en condiciones reales. Sin embargo, también evidencian que su éxito depende de múltiples factores que van más allá de la tecnología, incluyendo el contexto energético, el marco regulatorio, el modelo de explotación y la implicación de los usuarios.

Uno de los principales aprendizajes es que el rendimiento de una microrred está fuertemente condicionado por su diseño y, especialmente, por su operación. La integración adecuada de generación, almacenamiento y demanda, junto con el uso de herramientas de gestión y digitalización, permite optimizar el funcionamiento del sistema y maximizar sus beneficios.

Asimismo, se ha constatado la importancia de validar las soluciones en entornos reales, donde es posible identificar limitaciones, ajustar estrategias y garantizar la aplicabilidad de los desarrollos. La replicabilidad de estas soluciones depende en gran medida de este proceso de validación y de la capacidad de adaptar los modelos a distintos contextos.

Por otro lado, persisten barreras técnicas, regulatorias y económicas que deben ser abordadas para facilitar el despliegue de microrredes a mayor escala. La colaboración entre los distintos actores implicados —administraciones, empresas, comunidades energéticas y entidades técnicas— resulta fundamental para superar estos retos y aprovechar plenamente el potencial de estas soluciones.

En definitiva, las microrredes representan una herramienta estratégica para la transición energética, siempre que se diseñen y operen con un enfoque integral, práctico y adaptado a las necesidades reales. La experiencia acumulada en el marco del proyecto AGERAR PLUS constituye una base sólida para impulsar su desarrollo y aplicación en nuevos entornos.

Destacado

Las microrredes no son únicamente una solución tecnológica, sino un nuevo modelo de gestión energética que sitúa al usuario en el centro del sistema.



@AgerarPlus



Agerar Plus