

# Lab Hot-EC

Estudio de necesidades de espacio, tecnologías de medición, sensores, equipamiento, conectividad y metodologías de análisis de datos para impulsar la medición en tiempo real en el Living Lab.

Ángel Peiró Signes  
Marival Segarra Oña  
Óscar Trull Domínguez

Mayo 2025

Lab Hot-EC 

UPV



GENERALITAT  
VALENCIANA

IVACE   
INSTITUTO VALENCIANO  
DE COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN



Financiado por  
la Unión Europea

Estudio de necesidades de espacio, tecnologías de medición, sensores, equipamiento, conectividad y metodologías de análisis de datos para impulsar la medición en tiempo real en el Living Lab.

<b>1. Resumen ejecutivo .....</b>	<b>4</b>
1.1. Objetivo del estudio y del Living Lab .....	4
1.2. Alcance (tipologías de hotel, zonas piloto, horizonte temporal).....	5
1.3. Beneficios esperados.....	7
1.4. Principales resultados y hoja de ruta. ....	8
<b>2. Contexto y alineamiento estratégico .....</b>	<b>9</b>
2.1. Marco del proyecto .....	9
2.2. Alineación con la herramienta de medición de economía circular en hoteles .....	9
2.3. Normativa y estándares relevantes .....	10
<b>3. Alcance, supuestos y metodología del estudio.....</b>	<b>12</b>
3.1. Supuestos de partida .....	12
3.2. Metodología de trabajo.....	13
3.3. Criterios de selección de hoteles y zonas piloto .....	15
<b>4. Marco de indicadores del Living Lab .....</b>	<b>16</b>
4.1. Taxonomía de indicadores por dimensión.....	17
4.2. Unidades de medida y estandarización .....	18
4.3. Niveles de desempeño.....	19
4.4. Diccionario de indicadores.....	19
Tabla 1. Diccionario de indicadores .....	20
<b>5. Diseño espacial del Living Lab.....</b>	<b>23</b>
5.1. Habitaciones y pasillos .....	23
5.2. Zona Restauración .....	23
5.3. Zonas técnicas .....	24
5.4. Lavandería y housekeeping .....	24
5.5. Espacios exteriores y piscinas/jardinería .....	25
Tabla 2. Inventario de puntos de medida Habitaciones y pasillos.....	25
Tabla 3. Inventario de puntos de medida Zona Restauración .....	26
Tabla 4. Inventario de puntos de medida Zonas técnicas .....	27
Tabla 5. Inventario de puntos de medida Lavandería y housekeeping .....	28
Tabla 6. Inventario de puntos de medida Exteriores y piscinas/jardinería .....	28
<b>6. Tecnologías de medición y sensórica .....</b>	<b>29</b>
6.1. Energía.....	29
6.1.1. Contadores principales y contadores eléctricos por cuadros, circuitos y equipos críticos ....	29
6.1.2. Medición térmica (calderas, intercambiadores, ACS, piscina) .....	30
6.1.3. Confort/ocupación .....	31
Tabla 7. Indicador Sensor KPI energía .....	32
Tabla 8. Indicador Sensor KPI (agua) .....	33

Tabla 9. Indicador Sensor KPI residuos .....	34
Tabla 10. Indicador Sensor KPI desperdicio alimentario .....	34
Tabla 11. Seguridad alimentaria apoyo a desperdicio alimentario.....	35
Tabla 12. Confort y calidad ambiental interior.....	35
Tabla 13. Consumos específicos lavandería y piscinas .....	36
<b>7. Conectividad e integración.....</b>	<b>36</b>
7.1. Protocolos.....	36
7.2. Gateways y edge computing .....	37
7.3. Integración con BMS, PMS y otras plataformas hoteleras .....	37
Tabla 14. Matriz de integración (sistema origen ↔ destino, protocolo, frecuencia, custodia) .....	38
<b>8. Arquitectura de datos, dashboards y gobierno del dato .....</b>	<b>38</b>
8.1. Pipeline de datos .....	38
8.2. Data lake/ warehouse y retención .....	39
8.3. Diseño de dashboards .....	39
8.3.1. Operativo .....	39
8.3.2. Ejecutivo .....	40
<b>9. Estimación de inversión .....</b>	<b>40</b>
9.1. Supuestos de precio y rangos .....	40
9.2. Habitación tipo .....	41
Tabla 15. BOM habitación tipo (orientativa) .....	41
9.3. Cocina / Restaurante .....	42
Tabla 16. BOM cocina/restaurante (orientativa) .....	42
9.4. Zonas técnicas .....	42
Tabla 17. BOM Zonas técnicas (orientativa) .....	42
9.5. Agua y residuos (hotel) .....	43
Tabla 18. BOM agua y residuos (orientativa) .....	43
9.6. Gastos operativos .....	43
<b>Lista de abreviaturas y glosario técnico .....</b>	<b>44</b>

## 1. Resumen ejecutivo

### 1.1. Objetivo del estudio y del Living Lab

El objetivo de este estudio es dotar al sector hotelero valenciano de un marco operativo, verificable y escalable para medir y gestionar, en tiempo real, los indicadores clave de circularidad en hoteles. El estudio articula ese marco en cuatro ejes:

- I. definición del espacio experimental (Living Lab) y de los puntos de medida por zona del hotel
- II. selección de tecnologías de sensorización y conectividades capaces de alimentar los indicadores de la herramienta de evaluación de circularidad
- III. diseño de la arquitectura de datos y del cuadro de mando que permita la toma de decisiones diaria
- IV. estimación de inversiones y retorno asociado a la implantación en habitaciones y áreas de alto consumo (energía, agua, residuos y desperdicio alimentario).

Este propósito se enmarca en la propuesta **“Impulso de un Living Lab para promover la transformación verde del Sector Turístico Valenciano a través de la incorporación de tecnologías circulares”** y en los objetivos operativos O.E.1–O.E.5 ya definidos en la memoria del proyecto, que incluyen el perfeccionamiento de la herramienta, el despliegue del Living LabHot-EC, la cooperación con agentes sectoriales y la preparación de una guía y un sello autonómico de circularidad.

El Living Lab se concibe como un entorno real (un hotel) donde se ponen a prueba, con datos, tecnologías eco-innovadoras y métodos de gestión circular. Su razón de ser es doble. Por un lado, cerrar la brecha entre la disponibilidad de indicadores y su uso efectivo en decisiones de operación y de inversión. Y por otro, generar evidencias para los planes de circularidad y para la evaluación (benchmark y seguimiento), algo que la iniciativa InnoEcoTur ya había identificado como necesidad crítica del sector.

En este marco, la medición en tiempo real permite detectar patrones, anticipar desviaciones y actuar de forma inmediata, integrando la información con los sistemas de gestión del hotel (por ejemplo, el motor de reservas) y estandarizando los indicadores por ocupación o servicio.

Concretamente, el estudio persigue:

1. Precisar el “dónde” medir. Esto supone mapear habitaciones, pasillos, cocinas y zonas de servicio de comida, cámaras frigoríficas, plantas y salas técnicas, lavandería y espacios exteriores (piscinas/jardines) como unidades de análisis, estableciendo para cada área los puntos de medida, frecuencias, requisitos de precisión y latencia, así como restricciones de instalación y mantenimiento. La elección de zonas debe responder a su peso en los consumos y a su capacidad de mejora.
2. Establecer el “qué” y el “cómo” medir. Para este estudio tomamos como referencia la Herramienta Básica de medición de Circularidad en Hoteles creada por el propio proyecto. Para ello, partiendo de cada indicador de la herramienta se determina la posibilidad de su medición mediante un sensor, una técnica de captura y se define método de cálculo de KPI. El resultado es un conjunto de variables con unidades,

calidad esperada y procedimiento de recopilación de datos y cálculo de indicador para cada dimensión de energía, agua, residuos y alimentación.

3. Diseñar el sistema de captura del dato. Desde el sensor hasta el dashboard, definiendo los protocolos, sistema para su almacenamiento y APIs para explotar los datos en cuadros operativos (tiempo real y alertas) y ejecutivos (tendencias, objetivos, benchmarking). Esta arquitectura deberá integrarse con el Property Management System (PMS) y con otros sistemas del hotel para calcular los consumos por habitación ocupada, por huésped o por servicio, que permita realizar un seguimiento de estos basado en el nivel de ocupación y no utilizando medidas globales que puedan distorsionar los resultados.
4. Valorar inversiones y retornos. Se estimarán rangos de inversión necesaria y costes de mantenimiento del sistema por habitación tipo y por área relevante (cocina/restaurante, zonas técnicas, agua y residuos). El análisis económico se completará con el ahorro estimado y plazos de recuperación, no solo justificar la inversión, sino permitir a los hoteleros priorizar medidas según su impacto y facilidad de implantación.
5. Proveer un camino de escalado. A partir del piloto, el estudio fijará criterios para ampliar la medición a todo el establecimiento y otros hoteles de la cadena.

Este objetivo técnico se alinea con el contexto regulatorio y estratégico que empuja la transición. El estudio aportará el soporte técnico para traducir las directrices reflejadas en la Estrategia de Sostenibilidad Turística en Destinos y las líneas europeas sobre economía circular, en datos y en decisiones de gestión, con evidencia recogida en un entorno real y replicable. La herramienta de autodiagnóstico, base metodológica del proyecto, ya anticipa una evolución hacia niveles con más peso de indicadores cuantitativos y resultados. El Living Lab pretende acelerar esa evolución porque convierte la medición continua en decisiones operativas diarias que permitan el ahorro, la reducción del impacto y la mejora de la reputación del hotel.

En términos de impacto, el estudio persigue tres beneficios tangibles:

- Primero, eficiencia de recursos: reducción de consumo energético e hídrico, de generación de residuos y de mermas alimentarias, con ahorros directos y menor huella ambiental.
- Segundo, capacidad de gestión: detección temprana de incidencias.
- Tercero, creación de conocimiento transferible: casos y patrones comparables entre hoteles que sean útiles para empresas y administración.

Estos beneficios son coherentes con los resultados esperados en la iniciativa LabHot-EC y con las prioridades RIS3CV para turismo sostenible y hábitat.

## 1.2. Alcance (tipologías de hotel, zonas piloto, horizonte temporal)

El alcance del estudio se define con tres escenarios complementarios que representan la diversidad hotelera de la Comunitat Valenciana:

- a) un hotel de sol y playa en Benidorm
- b) un hotel urbano en la ciudad de València y
- c) un hotel rural de interior en la provincia de Castellón.

La selección responde a la lógica del proyecto y se apoya en la propia memoria, que prevé la elección de establecimientos, la integración de sistemas de reserva/ocupación y la colaboración con actores locales (p. ej., Smart City Benidorm, HOSBEC) para asegurar transferencia y escalabilidad.

## Tipologías y zonas piloto propuestas

### 1) Hotel de sol y playa (Benidorm).

**Perfil:** establecimiento vacacional con alta estacionalidad, ocupación concentrada, piscina exterior/interior, producción térmica relevante para ACS y climatización, Restauración con buffet en media pensión o pensión completa, y mayor presión hídrica en picos estivales.

**Necesidades:** submedición eléctrica por zonas (climatización, bombeo de piscinas, cocinas), contadores térmicos en ACS, monitor de fotovoltaica si aplica, y red hídrica con telelectura por ramales y alarmas de fuga. En la parte de Restauración, medición de desperdicio alimentario por procesos (preparación, pase, retorno de buffet) y pesaje por fracción en residuos.

**Zona piloto propuesta:** 2 habitaciones en dos plantas con exposición solar distinta, conjunto de cocinas y buffets, sala técnica (calderas/ACS/piscina), y área de piscinas y riego. La memoria del proyecto subraya la integración con el motor de reservas para normalizar indicadores por ocupación, pieza clave en hoteles vacacionales con fuertes variaciones diarias y semanales (InnoEcoTur, 2023).

#### Actuaciones clave (fase piloto):

- Energía: analizadores de red en cuadros de climatización y cocinas; control de consignas del sistema de acondicionamiento de aire por ocupación real; seguimiento de bombeos de piscina/SPA.
- Agua: telelectura y alarmas en ramales de plantas con mayor rotación, balance hídrico piscina (aportes/evaporación) o riego eficiente vinculado a clima.
- Residuos: pesaje y trazabilidad por fracción con objetivo de reducción de impropios.
- Desperdicio alimentario: sistema de pesaje en línea de buffet con tipificación de mermas y feedback a producción.

### 2) Hotel urbano (València).

**Perfil:** establecimiento con demanda más estable, sin piscina en la mayoría de casos, oferta principal de desayuno y restaurante a la carta, cargas dominadas por climatización, ACS y ascensores, agua con patrones más constantes, generación de residuos y orgánica en desayunos y restaurante.

**Necesidades:** submedición por planta y por usos críticos (climatización e iluminación), control de ventilación según ocupación en salas de reuniones, y enfoque de desperdicio alimentario centrado en emplatado y devoluciones de sala.

**Zona piloto propuesta:** habitaciones en dos tipologías (estándar y superior), cocina/office de desayunos y restaurante, y sala técnica central.

### **Actuaciones clave (fase piloto):**

- Energía: subcontaje por planta y sistema de control de habitación (por ocupación); optimización de ventilación por demanda (ej. CO<sub>2</sub>).
- Agua: telelectura en montantes de habitaciones y alarma de consumos anómalos.
- Residuos: pesaje selectivo y mejora de segregación de residuos en habitaciones.
- Desperdicio alimentario: control en desayunos (oferta/consumo) y carta (porciones/retornos).

### **3) Hotel rural de interior (Castellón).**

**Perfil:** menor escala, mayor diversidad de usos (calderas de biomasa o gas, ACS con picos por actividades, posible lavandería propia, huerto o jardines con riego eficiente), estacionalidad ligada a fines de semana y temporadas de turismo activo.

**Necesidades:** priorizar agua (fugas en red interna, depósitos, pozos si existen), energía térmica (rendimiento y horarios de caldera), y residuos ligados a cocina de proximidad, en residuo alimentario, foco en porciones.

**Zona piloto propuesta:** una habitación estándar, cocina y sala técnica (generación térmica y depósitos).

### **Actuaciones clave (fase piloto):**

- Energía: contador térmico en circuito de ACS y calefacción; programación de consignas por ocupación prevista (reservas de fin de semana).
- Agua: telelectura en depósito/red interna y riego. Alarmas de fuga en alojamientos dispersos.
- Residuos: pesaje por fracción con foco en orgánica y valorización local.
- Desperdicio alimentario: registro y ajuste de compras a previsión de ocupación.

El alcance combina tres pilotos representativos, un calendario realista y un marco común de datos. Así, el Living Lab recogerá la variedad del tejido hotelero valenciano y la convertirá en conocimiento práctico, comparable y útil para la gestión y para las políticas públicas.

## **1.3. Beneficios esperados**

El Living Lab está concebido para generar mejoras en el día a día del hotel y que, además, consolidan un cambio de modelo. En el plano operativo, la principal ganancia proviene de medir en continuo y contextualizar la información con la ocupación y el servicio prestado. Con datos por habitación ocupada, por m<sup>2</sup> o por comensal el personal puede detectar desviaciones a tiempo, ajusta consignas de climatización y ventilación, localizar fugas o reequilibrar la oferta del buffet según la demanda real.

En términos económicos, el estudio persigue reducciones de coste por tres vías:

- menor consumo de energía y agua
- disminución de mermas alimentarias

- mejor segregación y control de residuos.

El beneficio ambiental se deriva del mismo mecanismo, menos kWh por habitación ocupada y menos litros por huésped implican menor huella, una mejor separación de residuos y menos impropios elevan la circularidad real y, la reducción de mermas evita emisiones asociadas a producción y transporte de alimentos no consumidos.

Por último, existe un beneficio institucional y de aprendizaje. El Living Lab genera evidencias, mejora el conocimiento de los niveles reales de consumo y permite establecer niveles de indicadores para un futuro sello de circularidad en hoteles.

## 1.4. Principales resultados y hoja de ruta.

Los **resultados** esperados:

1. Paquete de medición operativo por tipología de hotel. Tres configuraciones base (sol y playa, urbano, rural/interior) con mapeo de puntos de medida, especificación de sensores y protocolos de instalación, ajustadas a cargas y procesos de cada caso.
2. Modelo de datos e integración con PMS. Definición de entidades, unidades y APIs para normalizar consumos por ocupación y servicio, pruebas de enlace con el sistema de reservas y cuadros de mando (operativo y ejecutivo).
3. Tableros y alertas en producción. Dashboards con umbrales por dimensión (energía, agua, residuos, desperdicio), alarmas y protocolos de respuesta. Informes de seguimiento semanales y revisión de indicadores tras los primeros ciclos de evaluación por hotel.
4. Análisis coste–beneficio y priorización. Informe con escenarios de ahorro y plazos de recuperación para “habitación tipo” y áreas críticas (cocina, zonas técnicas, agua y residuos), alimentado por datos del piloto y por la herramienta. Base para la toma de decisiones y para escalar medidas.
5. Lecciones aprendidas, barreras/soluciones y ajustes de escalas de la herramienta.

### Hoja de ruta:

Se propone para la implantación de cada una de estas actuaciones un horizonte temporal de aproximadamente 24 meses con las siguientes fases:

- Fase 1. Preparación (meses 0–4). Acuerdos con hoteles, determinación de zonas y sensores definición de indicadores por zona, plan de integración con PMS.
- Fase 2. Pilotos (meses 5–16). Instalación por zonas en cada tipología, con dashboards operativos y alertas.
- Fase 3. Evaluación y escalado (meses 17–24). Ajuste de umbrales, análisis coste–beneficio, ampliación a otras zonas del hotel.

### Indicadores de éxito:

- Cobertura de medición: % de habitaciones piloto y % de puntos críticos con datos en tiempo real por hotel.



- Datos contextualizados: % de indicadores normalizados por ocupación/servicios integrados con PMS.
- Mejora operativa: Reducción de consumos específicos frente al baseline de cada tipología (kWh/hab. ocupada; L/huésped), aumento de la tasa de segregación de residuos y descenso del desperdicio por servicio.
- Retorno. Payback medio de medidas priorizadas y % de medidas escaladas del piloto al resto del hotel.

#### Riesgos:

- Heterogeneidad de sistemas. Diversidad de PMS y redes de comunicación.
- Carga operativa. Cambios de procesos en las operaciones del hotel.
- Escalabilidad. Diferencias entre tipologías de hotel.

## 2. Contexto y alineamiento estratégico

### 2.1. Marco del proyecto

El proyecto sitúa a los hoteles de la Comunitat Valenciana como banco de pruebas para medir en tiempo real los pilares de la circularidad (energía, agua, residuos y desperdicio alimentario) y para traducir esos datos en decisiones operativas y planes de inversión. La memoria define dos vectores principales, la creación de un entorno para testar tecnologías y procesos sobre el terreno, y la evolución de la herramienta de autodiagnóstico hacia un esquema capaz de incorporar indicadores en tiempo real, integrados con los sistemas del propio hotel (PMS) que permita “tomar acciones inmediatas”.

El marco estratégico conecta, además, con la Estrategia de Sostenibilidad Turística en Destinos y con España Circular 2030, donde el turismo figura como sector prioritario para la adopción de tecnologías, la mejora de la ecoeficiencia y la creación de sistemas de certificación. Las líneas estatales animan a las autonomías a impulsar sistemas de evaluación y etiquetas que premien la circularidad, en esa dirección, el proyecto prevé una Guía y Sello autonómicos como salida natural de la herramienta.

En el plano regional, la propuesta se alinea con la RIS3CV, Eje 1 (“Turismo y calidad de vida”) y Eje 2 (“Hábitat y entorno”), que llaman a gestionar recursos de forma eficiente y a articular entornos como estructuras operativas de innovación con el objetivo de acelerar la transferencia y la adopción por parte del tejido hotelero.

### 2.2. Alineación con la herramienta de medición de economía circular en hoteles

La herramienta es el eje del proyecto: ordena qué medir, con qué unidad y con qué finalidad.

Su versión básica abarca cinco dimensiones: Planificación y evaluación circular, Energía, Agua, Residuos y Desperdicio alimentario. Para cada dimensión combina indicadores cuantitativos normalizados (por habitación ocupada, m<sup>2</sup>) con escalas de desempeño y con un bloque de “buenas prácticas” que guían el plan de acción del hotel.

El módulo de energía incluye consumo por habitación ocupada y por superficie, y un sub-bloque de eficiencia de instalaciones (iluminación, electrodomésticos, ascensores) ponderado por etiqueta energética y, fija umbrales de referencia para lectura rápida por parte de dirección y mantenimiento.

El módulo de agua combina capacidad de autoabastecimiento, consumo específico y buenas prácticas.

En residuos, la lógica prioriza jerarquía (porcentaje de recogida selectiva y de residuos valorizados) y registro de buenas prácticas, pieza clave para la mejora de la separación selectiva.

Finalmente, desperdicio alimentario conjuga gasto en producto de cercanía / con menor envase, con la implantación de medidas de prevención y control de los residuos alimentarios.

El Living Lab pretende primero, mapea indicador, determinar el punto de medida y sensor y transformarlo en un KPI, de modo que lo que dice la herramienta se traduzca en lecturas inmediatas y en cálculos automáticos. Segundo, integra los datos con PMS para estandarizar consumos y mermas por ocupación o servicio, para evitar sesgos de medidas globales. Tercero, cierra el ciclo con alertas y dashboards, vinculados a umbrales de la herramienta y a procedimientos de respuesta. El resultado es un conjunto de medidas comparable entre hoteles.

La herramienta, además, ya está anclada en marcos regulatorios y su propio capítulo de referencias la conecta con estrategias europeas (Pacto Verde, Plan de Acción de Economía Circular) y con la Ley 3/2022 de Baleares, que impone planes de circularidad en establecimientos turísticos, con evaluación y planificación explícitas. Este anclaje facilita que los indicadores del Living Lab sean trazables a futuras obligaciones autonómicas.

## 2.3. Normativa y estándares relevantes

### Marco europeo y estatal.

- Pacto Verde Europeo y Plan de Acción de Economía Circular (CEAP): establecen la dirección para cerrar ciclos de materiales, reducir impactos y digitalizar la medición.
- Estrategia España Circular 2030: prioriza el turismo, promueve tecnologías, formación y sistemas de evaluación y etiquetado, y pide indicadores verificables.
- Estrategia de Sostenibilidad Turística en Destinos (PRTR): anima a las CCAA a articular certificación y medidas de circularidad para el sector.

### Marco autonómico.

- Ley 3/2022, Illes Balears: primera norma en España que obliga a planes de circularidad en hoteles, con dos piezas troncales, planificación y evaluación, y la remisión a normas UNE o estándares internacionales como base de la verificación. La memoria la señala como referencia y anticipa su posible réplica en otras CCAA, incluida la Comunitat Valenciana.

**Energía.**

- Estándares de gestión como ISO 50001 (sistemas de gestión de la energía) y ISO 14001 (gestión ambiental) ofrecen la base para políticas, objetivos, medición, auditorías internas y mejora continua. El Living Lab provee el sistema de medición y los indicadores normalizados que facilitan esas certificaciones.
- En explotación, la submedición y control son medidas palanca coherentes con el enfoque de eficiencia y desempeño recogido por la herramienta en sus escalas. La recogida de datos en tiempo real permite ajustar consignas y detectar sobreconsumos.

**Agua.**

- La prioridad estatal y regional en uso eficiente del agua, expresada en España Circular 2030 y en la planificación turística autonómica, respalda la telelectura, el control de fugas y el balance hídrico en piscinas/jardinería para hoteles vacacionales. La herramienta fija consumos específicos por ocupación y por superficie, lo que encaja con esos marcos.

**Residuos.**

- La memoria enfatiza la necesidad de jerarquía de residuos y de mejora de la recogida selectiva; además cita la presión normativa creciente y la vinculación de tasas a resultados (bonificaciones por reducción de desperdicio). En este contexto, pesar por fracción, trazar contenedores y controlar impropios son medidas que el Living Lab integra como lecturas operativas para cumplir objetivos y demostrar desempeño.

**Seguridad alimentaria y desperdicio.**

- El APPCC (HACCP) derivado del Reglamento (CE) 852/2004 estructura el control de peligros en cocina. El Living Lab añade una capa: cuantificar mermas por proceso (preparación, pase, retorno), relacionarlas con demanda real y convertirlo en ahorro y prevención.

**Protección de datos y gobierno del dato.**

- La integración de datos operativos con PMS obliga a cumplir el RGPD y a definir roles y accesos, tanto por privacidad como por ciberseguridad. La trazabilidad de indicadores (origen, unidad, frecuencia, calidad) será además una condición para sostener una futura etiqueta autonómica.

La clave del alineamiento reside en acoplar tres planos: lo que exigen las estrategias y las leyes, lo que mide la herramienta y lo que puede hacer el hotel a diario con datos. El Living Lab pretende alinear estos aspectos mediante la definición sensores y protocolos para que el cumplimiento normativo y la mejora continua con datos.

### 3. Alcance, supuestos y metodología del estudio

#### 3.1. Supuestos de partida

El estudio parte de un conjunto de hipótesis operativas que permiten construir baselines comparables entre hoteles y evaluar el efecto de las medidas del Living Lab en energía, agua, residuos y desperdicio alimentario. Estos supuestos podrán refinarse en la Fase 1 con datos reales del PMS y de facturación, pero son necesarios para dimensionar sensores, fijar frecuencias de muestreo y proyectar ahorros de forma homogénea. El marco metodológico del proyecto, que prioriza indicadores normalizados por ocupación o servicio e integración con el PMS, sustenta esta aproximación.

#### Ocupación y patrón de servicio.

- **Hotel de sol y playa (Benidorm):** ocupación alta y muy estacional; picos en verano y Semana Santa; prevalencia de media pensión o pensión completa con buffet. La comparación se hará en kWh/habitación ocupada, L/huésped y kg de orgánica/comensal para sortear los efectos de la estacionalidad.
- **Hotel urbano (València):** ocupación más estable, con demanda corporativa y de fin de semana; oferta de desayuno y carta. Métricas clave: kWh/habitación ocupada, kWh/m<sup>2</sup> en zonas comunes, kg de envases/huésped y kg de merma/desayuno servido.
- **Hotel rural (interior de Castellón):** menor escala, picos por eventos o fines de semana, posible lavandería propia y generación térmica con biomasa o gas. Se controlará kWh térmicos/habitación ocupada, L/huésped y kg de orgánica por cubierto en eventos.

#### Clima y operación técnica.

Se asume clima mediterráneo con veranos calurosos y alta carga de ACS en establecimientos vacacionales; demanda de climatización relevante en urbano, y calefacción/ACS marcada por la ocupación en interior. El análisis estandarizará resultados con variables de clima cuando sea necesario (grado-día, temperatura del agua de red), tal y como prevé el proyecto al integrar datos externos con el PMS.

#### Tarifas y costes.

- Energía eléctrica: estructura horaria; sensibilidad del modelo para tres escenarios (bajo/medio/alto).
- Energía térmica: coste por kWh de gas/biomasa y rendimientos nominales iniciales por tipo de generador.
- Agua: tarifa fija + variable (tramos), con hipótesis de canon/alcantarillado y coste por m<sup>3</sup>; en vacacional, especial atención a piscinas y riego.
- Residuos: coste por retirada y tratamiento según fracción; supuestos de tasas municipales y de penalización por impropios. La memoria del proyecto llama a cuantificar impactos coste-beneficio para orientar decisiones, lo que exige explicitar estos supuestos y revisarlos con cada hotel.

### Nivel de instrumentación inicial.

Se parte de una situación heterogénea (algunos contadores principales y lecturas manuales, escasa submedición) y se propone avanzar hacia subcontaje eléctrico, contadores de agua por ramal, pesaje por fracción y medición de mermas por proceso. El plan de actividades prevé visitas, mesa técnica y prototipo para cerrar este gap.

### Frecuencia y latencia de datos.

Variables críticas (consumo eléctrico instantáneo, caudal/patrón nocturno, temperatura de cámaras, nivel de llenado en buffet/retornos) con resolución de minutos; otras (pesaje de residuos) por evento o fin de turno. La memoria insiste en que tiempo real y alertas habilitan “acciones inmediatas”; estas cadencias lo hacen viable sin saturar comunicaciones.

### Estandarización y comparabilidad.

Todos los indicadores se expresan en unidades específicas (por ocupación, m<sup>2</sup>, huésped o comensal) para ser comparables entre tipologías y periodos, en línea con la lógica de la herramienta y con los objetivos del proyecto.

## 3.2. Metodología de trabajo

a) **Descubrimiento.** Con el objetivo de entender cómo consume y cuándo consume cada hotel, y qué datos existen ya. Acciones:

1. Revisión de facturas y contratos (electricidad, gas/biomasa, agua, residuos) para estimar costes unitarios y picos estacionales.
2. Mapeo de activos y unifilares: cuadros eléctricos, líneas de ACS, equipos de climatización, cámaras y buffets, piscinas/plantas de bombeo, lavandería, depósitos/pozos (si existen).
3. Extracción de datos del PMS (ocupación, ADR, estancias, regímenes) y del motor de reservas; definición de las variables de estandarización (hab-ocupada, huésped, comensal). El proyecto contempla de forma expresa esta integración con PMS como requisito para los indicadores en tiempo real.
4. Entrevistas y observaciones en áreas mantenimiento y cocina para detectar puntos ciegos, turnos, rondas de lectura y rutinas de cierre.
5. Diagnóstico de medición: qué se mide, con qué resolución, dónde faltan contadores/pesajes y dónde se requieren sensores de confort o de fugas.

El resultado es un informe de descubrimiento con inventario de puntos de medida y brechas frente a los indicadores de la herramienta (lo que pide el KPI, lo que hay, lo que falta).

b) **Diseño.** Con el objetivo de traducir el diagnóstico en arquitectura de medición, protocolo de integración y cuadro de mando. Acciones:

1. Mesa técnica para elegir sensores y sistemas por dimensión (energía, agua, residuos, desperdicio alimentario), valorando precisión, instalación, mantenimiento y coste; la memoria prevé esta mesa y el diseño del prototipo.
2. Modelo de datos: diccionario de variables (fuente, unidad, frecuencia, calidad), jerarquía por zonas, y APIs para consulta/ingesta.
3. Arquitectura de comunicaciones: elección de protocolos (Modbus/BACnet/IP, Wi-Fi, LPWAN, etc.), gateways y buffering; segmentación OT/IT y medidas de seguridad para RGPD y continuidad.
4. Diseño de dashboards y alertas: vistas operativas (minuto a minuto, alarmas, procedimientos de respuesta) y ejecutivas (tendencias, objetivos, benchmarking).
5. Plan de pruebas: validación de lecturas, contrastación con contadores fiscales, pruebas de latencia y estrés.

El resultado es un esquema de sensorización y arquitectura de datos.

c) **Despliegue.** Con el objetivo de instalar, integrar y poner en producción el prototipo en zonas piloto de cada tipología. Acciones:

1. Instalación por lotes: medición en cuadros, contadores en ramales, básculas/visión en líneas de buffet, sondas de confort y fugas; cableado y gateways.
2. Integración PMS/BMS: altas de entidades, estandarización por ocupación/servicio, pruebas de concordancia con cierres diarios.
3. Puesta en marcha: verificación de calidad y coherencia (QA/QC), ajuste de rangos y alarmas; formación in situ a operación y mantenimiento.
4. Operación asistida (4–8 semanas): seguimiento de alertas, registro de acciones correctivas y anotación de incidencias.

El resultado es un prototipo.

d) **Evaluación y mejora.** Con el objetivo de medir el impacto y cerrar el ciclo de aprendizaje. Acciones:

1. Baselines específicos por tipología (urbano, vacacional, rural) y por zona (habitación, cocina, sala técnica, piscina/riego, lavandería).
2. Indicadores de desempeño: reducción de kWh/hab-ocupada, L/huésped, kg de orgánica/comensal; tasa de segregación e impropios; ahorro asociado.
3. Análisis coste–beneficio por medida (subcontaje, fugas, ventilación por demanda, balance hídrico, pesaje/visión, etc.).
4. Lecciones aprendidas: barreras, quick wins, ajustes de umbrales y de periodicidades.

El resultado es un informe de evaluación y priorización para poder escalar las soluciones encontradas.

### 3.3. Criterios de selección de hoteles y zonas piloto

La elección de hoteles y zonas define el éxito del Living Lab. Debe asegurar representatividad, viabilidad técnica e implicación operativa. El plan de trabajo prevé selección de establecimientos, diagnóstico y elección de los hoteles Living Lab para maximizar transferencia y aprendizaje.

#### Criterios para seleccionar hoteles por tipología:

##### 1. Sol y playa.

- Perfil de servicio con buffet y piscina(s)
- Estacionalidad alta, necesaria para testar estandarización por ocupación y las previsiones.
- Abierto a instalar contadores en cocinas y climatización, y para la medición del balance hídrico en piscinas y sistemas de pesaje en buffet.
- Interoperabilidad: PMS con capacidad de exportar ocupación en tiempo real.

##### 2. Urbano.

- Mix desayuno + carta, sin piscina, con cargas dominantes de climatización y ventilación.
- Estabilidad de ocupación que permita evaluar setpoints, abiertos a gestionar o gestionando ya ventilación por demanda y abiertos a instalación de contadores por planta.
- Compromiso de equipo para pruebas de alarmas y procedimientos de respuesta ante desajustes en los consumos.

##### 3. Rural/interior.

- Generación térmica relevante (biomasa/gas), lavandería posible y eventos de fin de semana.
- Interés en contadores térmicos (ACS/calefacción), telelectura en depósitos/red interna y pesaje de orgánica en cocina local.
- Cobertura de comunicaciones (Wi-Fi) suficiente en alojamientos dispersos y disposición para colocar detectores de fuga por habitación/apartamento/cabaña si aplica.

Además de los criterios específicos, hay otros **criterios generales** que deberían de cumplir los hoteles seleccionados:

- **Representatividad** del tejido hotelero valenciano (categoría, tamaño, régimen de explotación).
- **Compromiso** directivo y tiempo de equipo para pruebas, acceso a datos de PMS y autorización de instalación.
- **Capacidad de integración** (API o exportación periódica del PMS).
- **Condiciones de seguridad** para instalación y mantenimiento (acceso a cuadros/salas técnicas).

- **Viabilidad** de escalado y potencial de réplica a más habitaciones o a otras unidades del grupo.

Dentro de cada establecimiento habrá que seleccionar las zonas piloto. Una zona piloto debe equilibrar impacto (consumo/merma), exposición a variaciones operativas y facilidad de instrumentación. La propuesta base de zonas es:

- **Habitaciones y pasillos:** control de ocupación, contadores eléctricos individuales o asignación por circuitos, contadores de agua por ramal y fugas en aseos.
- **Cocina + sala** (desayunos/buffet o carta): monitorización mediante contador de equipos críticos, pesaje de mermas por proceso, monitorización y seguimiento de temperaturas de cámaras y consumos de agua.
- **Sala técnica** (ACS/climatización) y, en vacacional, **piscinas/riego:** contadores térmicos y eléctricos, rendimiento de generadores y balance hídrico y bombeo (en piscinas).
- **Lavandería** (si existe): consumo específico kWh y L/kg de ropa.

Criterios técnicos de diseño por zona.

- **Energía:** priorizar contadores en cuadros de climatización, cocinas y bombeos, con analizadores con registro de demanda y factor de potencia; sensores de CO<sub>2</sub>/ocupación para ventilación por demanda.
- **Agua:** contadores por ramal y detección de fugas; en piscinas, aportes/evaporación y horarios de bombeo.
- **Residuos:** básculas para pesaje de las fracciones, identificación de contenedores y registros de impropios.
- **Desperdicio alimentario:** pesaje por proceso (preparación, pase, retorno) y clasificación por tipología e integración con previsiones del PMS para ajustar oferta.
- **Datos y seguridad:** APIs con PMS, segmentación de redes de tecnología operacional (OT) y de redes de tecnología de información (IT) y registro de accesos, sistema de almacenamiento de datos para trazabilidad.

Estos requerimientos deberían ser revisados periódicamente por una mesa técnica con equipos de los hoteles, Universidades y agentes del destino. Además, esta mesa permitiría resolver barreras y compartir lecciones aprendidas en el proyecto y para la difusión de resultados.

## 4. Marco de indicadores del Living Lab

Para transponer la lógica de la herramienta a un sistema de medición de indicadores en tiempo real es necesario determinar qué se mide, cómo se estandariza y con qué niveles de desempeño se interpretan en operación diaria.

El enfoque mantiene tres principios: la estandarización por servicio (habitación ocupada, m<sup>2</sup>, huésped, comensal) para comparar hoteles y periodos, lecturas en continuo allí donde aportan decisión (contadores eléctricos y de consumo de agua) y marcado de umbrales.



## 4.1. Taxonomía de indicadores por dimensión

La herramienta de autodiagnóstico estructura la evaluación en dimensiones de Energía, Agua, Residuos y Desperdicio alimentario, con indicadores cuantitativos y buenas prácticas, y el Living Lab añade medición detallada mediante contadores en para monitorizar consumos, su uso en tiempo real para que la lectura impulse la acción y su trazabilidad.

### A. Energía (eléctrica y térmica)

- E1. Consumo específico por habitación ocupada (kWh/hab ocup). Indicador troncal para comparar entre hoteles y temporadas.
- E2. Consumo por superficie en zonas comunes (kWh/m<sup>2</sup>mes), útil para iluminación, ascensores y ventilación.
- E3. Demanda pico y factor de carga (kW, %), para optimización contractual y gestión de picos.
- E4. Consumo HVAC por planta/zona (kWh/planta día), vía medición con contador por planta, que servirá de base para consignas y horarios.
- E5. Rendimiento de generación térmica. Relación kWh térmicos útiles / kWh combustible, con contador térmico.
- E6. Autoconsumo fotovoltaica (kWh y % de cobertura). Balance instantáneo de generación, autoconsumo, vertido.
- E7. Calidad de energía (cos  $\phi$ , THD). Previene penalizaciones y fallos en equipos.
- E8. Consumo por proceso en cocina (kWh/servicio). Identifica equipos críticos (hornos, cámaras).
- E9. Ventilación por demanda (minutos fuera de rango CO<sub>2</sub>). Permitirá el control de la ventilación manteniendo niveles dentro de rango.
- E10. Alarmas energéticas (nº/mes, tiempo de respuesta medio). Métrica de gestión sobre el sistema de alertas.

### B. Agua

- W1. Consumo específico por huésped (L/huésped día).
- W2. Consumo por habitación ocupada (L/hab ocup).
- W3. Tasa de fugas internas (L/h o % sobre consumo nocturno mínimo).
- W4. Balance hídrico de piscina (aportes vs. evaporación) en hoteles vacacionales.
- W5. Consumo de riego por m<sup>2</sup> de zona verde (L/m<sup>2</sup> día) con ajuste a clima.
- W6. Consumo en cocina (L/servicio), para lavado y preparación.
- W7. Alarmas de consumo anómalo (nº/mes, tiempo de cierre).

### C. Residuos (asimilables urbanos y otros)

- R1. Generación total por huésped (kg/huésped).
- R2. Tasa de segregación (% peso recogido selectivo / total).
- R3. Impropios (% peso no segregado).
- R4. Densidad de residuos por servicio de limpieza (kg/habitaciones servidas), foco en habitaciones.
- R5. Residuos de cocina (kg/servicio, por fracción: orgánico, envases, papel/cartón, vidrio).
- R6. Coste de gestión por fracción (€/t o €/mes) para análisis coste–beneficio.

### D. Desperdicio alimentario

- F1. Merma en preparación (kg/servicio, % sobre compras).
- F2. Merma en pase/producción (kg/servicio, % sobre producto listo).
- F3. Retornos de cliente (Kg/comensal).
- F4. Merma total (suma F1–F3, kg/comensal y €/comensal).
- F5. Ratio producto local o con menor envase (% del gasto en materia prima con criterios de circularidad, cuando aplique).
- F6. Desviación entre previsión y demanda (%), como predictor clave del desperdicio.
- F7. Acciones correctoras cerradas (nº/mes, tiempo de ciclo), indicador de gestión.

## 4.2. Unidades de medida y estandarización

Los indicadores de la herramienta se estandarizan para evitar sesgos por estacionalidad, tipología y ocupación. Por eso la integración con el PMS es fundamental. El uso de habitación ocupada cuando el consumo se asocia a la unidad de alojamiento; permite comparar plantas, orientaciones y medidas tomadas en cada habitación. La estandarización por huésped refleja intensidad por persona, útil para evaluar el impacto de la presión humana que sufre el establecimiento en los indicadores. La superficie en m<sup>2</sup> en zonas comunes favorece análisis por tipología de espacio. La utilización de medidas por servicio o comensal en la parte de Restauración capta la relación con la oferta y con la previsión. El uso de Tiempo: en calidad de aire (E9), alarmas (E10, W7, R6, F7) y picos de potencia (E3).

Las unidades empleadas en cada una de las áreas son:

- **Energía:** kWh (eléctrica), kW (potencia), kWh térmicos (calor útil), %, cos  $\phi$ , THD.
- **Agua:** litros (L), m<sup>3</sup> (1 m<sup>3</sup> = 1000 L).
- **Residuos:** kg (por fracción), % (segregación, impropios).
- **Restauración:** kg, % del gasto (criterios de compra), €/comensal (coste de merma).

### 4.3. Niveles de desempeño

La herramienta contempla niveles de desempeño en función de los resultados obtenidos en la medición y de las buenas prácticas llevadas a cabo por el hotel, pero el nivel de desempeño en relación al nivel de medición establecido como Living Lab es importante para evaluar el nivel de implementación de los sistemas propuestos en este documento.

#### **Nivel 1. Inicial (Básico)**

- Lecturas mensuales o parciales (no hay integración con el PMS) sin estandarización automática.
- Contadores en áreas de interés limitado, ausencia de alarmas.

#### **Nivel 2. Operativo (Control y alertas).**

- Medición con contadores en cuadros clave (Climatización, cocina,...), contadores de agua por ramal principal, pesaje por fracción y por turno; integración básica con PMS (habitaciones ocupadas,...).
- Dashboards con umbrales, alertas consumos anómalos y registro de acciones.

#### **Nivel 3. Desempeño (Optimización avanzada).**

- Amplia cobertura de contadores de consumo (ej. >70% del consumo controlado de forma específica), balance de piscina/riego cuando aplique, pesaje en buffet/restaurante, ventilación por demanda y control de setpoints por ocupación real.
- Integración PMS con plataforma con estandarización automática y previsiones (ocupación/comensales) para planificar compras/producción.

#### **Nivel 4. Excelencia (Resultados + verificación externa).**

- Cobertura muy amplia de contadores de consumo (ej. >90% de puntos críticos), trazabilidad completa de datos (origen, calidad) y auditoría, integración con otros sistemas de gestión empresarial y programas de mejora continua.
- Reporte periódico de datos con informe anual y propuestas.

### 4.4. Diccionario de indicadores

El diccionario refleja el ID, nombre, definición, unidad/estandarización, frecuencia y responsable. La frecuencia de captura puede diferir de la frecuencia de reporte y la responsabilidad puede distribuirse entre áreas según el organigrama del hotel.

Tabla 1. Diccionario de indicadores

ID	Nombre	Definición	Unidad / Estandarización	Frecuencia	Responsable
E1	Consumo específico por habitación ocupada	Suma de kWh diarios del hotel o de zonas de alojamiento dividida por nº de habitaciones ocupadas (PMS). Indicador troncal para comparar temporadas y hoteles.	kWh/hab ocup.	Captura 5–15 min; agregado diario	Mantenimiento
E2	Consumo por superficie en zonas comunes	Submedición eléctrica de zonas comunes dividida por la superficie medida; útil para iluminación, ascensores y ventilación.	kWh/m <sup>2</sup> mes	Captura 5–15 min; agregado mensual	Mantenimiento
E3	Demanda pico y factor de carga	Máxima potencia (kW) en cuarto horario/15 min y razón energía/pico para optimización contractual y gestión de picos.	kW; %	1–15 min	Mantenimiento / Dirección
E4	Consumo HVAC por planta/zona	Medición con contador por planta/zona asignada a HVAC; base para consignas y horarios.	kWh/planta día	5–15 min; agregado diario	Mantenimiento
E5	Rendimiento de generación térmica	Relación entre kWh térmicos útiles (contador térmico) y kWh de combustible (PCI).	% ( $\eta$ )	1–60 min; agregado semanal	Mantenimiento
E6	Autoconsumo fotovoltaica	Balance instantáneo: generación FV, autoconsumo y vertido; cálculo del % de cobertura.	kWh; % cobertura	1–15 min	Mantenimiento
E7	Calidad de energía	Medición de $\cos \phi$ y THD en barras principales para prevenir penalizaciones y fallos en equipos.	adimensional; %	1–15 min	Mantenimiento
E8	Consumo por proceso en cocina	Subcontaje por línea/equipo crítico (hornos, cámaras) asignado al nº de servicios.	kWh/servicio	5–15 min; agregado por turno	Restauración / Mantenimiento
E9	Ventilación por demanda (IAQ)	Minutos fuera de rango de CO <sub>2</sub> en salas/comedores; apoyo al control de ventilación.	minutos fuera de rango	1 min	Mantenimiento

<b>E10</b>	Alarmas energéticas	Número de alarmas (picos, puertas/ventanas abiertas, setpoints) y tiempo medio de respuesta.	nº/mes; minutos	Evento; reporte mensual	Mantenimiento / Dirección
<b>W1</b>	Consumo específico por huésped	Volumen total de agua dividido por nº de huéspedes (PMS).	L/huésped día	5–60 min; agregado diario	Mantenimiento
<b>W2</b>	Consumo por habitación ocupada	Volumen total o por ramales de habitaciones dividido por nº de habitaciones ocupadas.	L/hab ocup.	5–60 min; agregado diario	Mantenimiento
<b>W3</b>	Tasa de fugas internas	Detección mediante caudal mínimo nocturno y patrones continuos; comparación con consumo medio diurno.	L/h; % sobre mínimo nocturno	1–5 min	Mantenimiento
<b>W4</b>	Balance hídrico de piscina	Aportes medidos frente a evaporación estimada y operaciones (retrolavados); alarma por desequilibrio.	m³/semana	5–60 min; agregado semanal	Mantenimiento
<b>W5</b>	Consumo de riego por m² de zona verde	Volumen de riego dividido por m², ajustado a clima (temperatura, lluvia, evapotranspiración).	L/m² día	5–60 min; diario	Mantenimiento / Jardinería
<b>W6</b>	Consumo en cocina	Volumen por contador de línea de cocina/office dividido por nº de servicios.	L/servicio	5–60 min; por turno	Restauración
<b>W7</b>	Alarmas de consumo anómalo	Número de alarmas (fuga/consumo anómalo) y tiempo medio de cierre.	nº/mes; minutos	Evento; reporte mensual	Mantenimiento
<b>R1</b>	Generación total por huésped	Peso total de residuos (todas las fracciones) dividido por nº de huéspedes.	kg/huésped	Por pesaje; resumen diario	Housekeeping / Restauración
<b>R2</b>	Tasa de segregación	Suma de pesos de fracciones selectivas dividido por el peso total de residuos.	%	Por pesaje; resumen semanal	Restauración / Housekeeping
<b>R3</b>	Impropios	Porcentaje de peso no segregado correctamente presente en fracciones selectivas (muestreo).	%	Semanal / mensual	Restauración / Limpieza
<b>R4</b>	Densidad de residuos por	Peso de residuos de habitación normalizado	kg/habitaciones servidas	Diario	Housekeeping

	servicio de limpieza	por nº de habitaciones servidas en el día.			
R5	Residuos de cocina por fracción	Peso por fracción (orgánico, envases, papel/cartón, vidrio) normalizado por nº de servicios.	kg/servicio	Por turno	Restauración
R6	Coste de gestión por fracción	Coste facturado por fracción dividido por toneladas gestionadas (o coste mensual por fracción).	€/t; €/mes	Mensual	Dirección / Administración
F1	Merma en preparación	Peso de desperdicio en preelaboración, normalizado por compras del periodo.	kg/servicio; % sobre compras	Por turno	Restauración
F2	Merma en pase/producción	Excedentes listos no servidos respecto a la producción del periodo.	kg/servicio; % sobre producto listo	Por turno	Restauración
F3	Retornos de cliente	Peso de platos devueltos normalizado por comensal.	Kg/comensal	Por servicio	Restauración
F4	Merma total y coste asociado	Suma de F1+F2+F3; conversión a euros por comensal (precio medio).	kg/comensal; €/comensal	Por servicio; resumen semanal	Restauración / Dirección
F5	Ratio producto local / menor envase	Porcentaje del gasto en materia prima con criterios de circularidad (proximidad, a granel, menor envase).	% del gasto	Mensual	Compras / Restauración
F6	Desviación entre previsión y demanda	Diferencia relativa entre demanda real y prevista para el servicio (clave para anticipar desperdicio).	%	Por servicio	Restauración
F7	Acciones correctoras cerradas	Número de acciones ejecutadas y tiempo de ciclo hasta su cierre; indicador de gestión.	nº/mes; días	Mensual	Restauración / Dirección

Este marco de indicadores convierte el enfoque del Living Lab en un sistema de gestión con taxonomía clara, unidades estandarizadas, niveles de desempeño y un diccionario accionable que asigna responsabilidades y ritmos de lectura.

## 5. Diseño espacial del Living Lab

El Living Lab se apoya en una disposición funcional del hotel: habitaciones–pasillos, Restauración (cocinas, sala/comedor, cámaras, ...), zonas técnicas (plantas, calderas, ACS, climatización, Fotovoltaica/almacenamiento de energía), lavandería–housekeeping y exteriores (piscinas y jardinería). En cada zona se fijan puntos de medida que alimentan el marco de indicadores, con lectura en continuo donde aporta decisión, estandarización automática con PMS (ocupación/comensales) y trazabilidad de dato–alerta–acción.

### 5.1. Habitaciones y pasillos

#### Objetivo:

Capturar los consumos y condiciones que dependen del uso real de la habitación, con foco en E1 (kWh/hab ocupada), W2 (L/hab ocupada) y en la eficiencia del sistema de climatización por planta y orientación (E4), además de contenidos operativos (detección de fugas W3, confort y cumplimiento de consignas).

#### Puntos de medida:

- Contador eléctrico por planta o en las bifurcaciones a las habitaciones (analizador en cuadro de planta). Si el cableado lo permite, separación parcial de circuitos: Climatización, iluminación y enchufes.
- Contadores de agua por ramal de baños (frío/ACS), opcionalmente, sensores de fuga donde el riesgo lo justifique.
- Contactos de ventana y presencia/ocupación (para control de consignas climatización y cortes de standby), integración con el control de habitación si existe.
- CO<sub>2</sub>, Temperatura y humedad relativa en pasillos o habitaciones de muestra para ajuste de ventilación central o recirculación.
- Ascensores y pasillos: contador de iluminación y máquinas de ascensor (E2), con programaciones horarias y o detectores de presencia.

### 5.2. Zona Restauración

#### Objetivo:

Ajustar producción–demanda y reducir mermas con datos en tiempo real, impactando E8 (kWh/servicio), W6 (L/servicio), R5 (kg/servicio por fracción) y F1–F4 (desperdicio alimentario) y cerrando el ciclo previsión–compra–producción–retornos (vinculado a la ocupación o número de servicios).

#### Puntos de medida:

- Contadores de línea de cocina (cuadro específico), con derivaciones a equipos críticos: hornos, planchas, freidoras, lavavajillas, abatidores y cámaras frigoríficas (una pinza por cámara si es viable).
- Sensores de T<sup>a</sup> en cámaras con alarmas por fuera de rango y para registro para APPCC.
- Contadores de agua en fregadero y lavavajillas (W6), útiles para ajustes de trenes de lavado y cambios de boquillas.

- Básculas inteligentes (F2: producción/pase; F3: retornos) y en preparación (F1), combinadas con categoría de producto para detectar patrones (p. ej., guarniciones con alto retorno).
- Pesaje por fracción de orgánico, envases, papel/cartón, vidrio con identificación de contenedores (R5) y auditorías de impropios (R3).
- CO<sub>2</sub> en comedores/salas para ventilación por demanda (E9): reducir sobrecaudal fuera de picos.

### 5.3. Zonas técnicas

#### Objetivo:

Asegurar el control desde la fuente mediante el control del rendimiento de generación (E5), picos y factor de potencia (E3), autoconsumo FV (E6), calidad de energía (E7) y balances térmicos/hidráulicos.

#### Puntos de medida:

- Calderas / intercambiadores: contadores térmicos en ida/retorno de ACS y calefacción, con T<sup>a</sup> y caudal (E5). Para bombas de calor, energía eléctrica y térmica para rendimiento real.
- Depósitos de ACS: T<sup>a</sup>, válvulas mezcladoras y recirculación (caudal/temperatura) para pérdidas.
- Grupos de bombeo: contadores eléctricos y presión diferencial en colectores para detección de operación fuera de punto.
- Climatizadoras: energía eléctrica por unidad y establecimiento de horarios y setpoints.
- Cuadros generales: analizadores de red, registro horario y alarmas por superación de umbrales contractuales (E3, E7).
- Fotovoltaica: medida en inversor/contador (generación), pinza de autoconsumo y vertido (E6); si hay batería, estado de carga y potencia de carga/descarga.
- Centros de Transformación (si existen): energía total, pérdidas, y previsión de espacio para compensación de reactiva mediante baterías de condensadores.

### 5.4. Lavandería y housekeeping

#### Objetivo:

Monitorizar consumo de lavado (kWh y L/kg de ropa) y la generación de residuos en la limpieza de habitaciones (R4), además de detectar fugas y oportunidades de reorganización de ciclos.

#### Puntos de medida:

- Contadores eléctricos y de agua en zona de lavadoras y secadoras (E8 ampliado a lavandería), con contador de agua a tren de lavado si es independiente.
- Pesar cargas (kg/ciclo) o capturar ciclos del controlador para estandarizar los valores (kWh y L/kg).
- Residuos de habitación: pesaje por turno (R4), diferenciando orgánica y envases si el flujo lo permite.
- Productos químicos: registro de consumos.



## 5.5. Espacios exteriores y piscinas/jardinería

### Objetivo:

En vacacional, el agua y la energía de bombeos pesan. Se controlan W4 (balance hídrico de piscina), W5 (riego/m<sup>2</sup>), consumos de bombeos y, si los hay, iluminaciones exteriores.

### Puntos de medida:

- Piscinas: contador de aportes, registro de retrolavados, estimación de evaporación (función de T<sup>a</sup> y viento) y contador eléctrico en la parte de bombeos y climatización (si existe).
- Riego: contadores sectorizados, programación por clima (ej. lluvia), sondas de humedad de suelo.
- Iluminación exterior: contador eléctrico y programación astronómica.

### Inventario de puntos de medida por zona

Tabla 2. Inventario de puntos de medida Habitaciones y pasillos

Punto	Variable	Tecnología	Acceso	Alimentación	Instalación
<b>Cuadro de planta (habitaciones)</b>	kWh, kW, cos $\phi$ (E1, E4, E7)	Analizador en cuadro con contadores eléctricos por planta y, si es viable, por circuitos (climatización/iluminación/enchufes)	Sala técnica / cuarto eléctrico de planta	230/400 V	En cuadro; pinzas/TCs enchufables, sin corte de servicio siempre que sea posible
<b>Bifurcaciones a habitaciones (ramales)</b>	kWh por grupo de habitaciones (E1, E4)	Contadores eléctricos en derivaciones principales de habitaciones	Armario de paso / falso techo	230 V	En carril DIN; derivación existente
<b>Ramal de baños por planta</b>	Caudal/volumen (W2) y patrón nocturno para fugas (W3)	Contadores de consumo de agua (AF/ACS) con emisor de pulsos/lectura digital	Armario de paso / cuarto húmedo	Batería / 230 V	En línea con by-pass y válvulas de corte
<b>Puntos de riesgo en baños</b>	Detección de fugas (W3)	Sondas puntuales de fuga	Falso techo / bajo lavabo	Batería de larga duración	Adhesivo o abrazadera; sin obra
<b>Ventanas y balconeras</b>	Estado apertura para consignas de climatización	Contactos magnéticos inalámbricos	Habitación	Batería	Atornillado mínimo / adhesivo
<b>Habitación/pasillo</b>	CO <sub>2</sub> , temperatura, humedad relativa (E9 apoyo)	Multisensor de calidad de aire interior para ajuste de ventilación	Pasillo / habitación piloto	PoE (Power over Ethernet) / 230 V	Superficie / caja empotrada

Ascensores y pasillos	kWh/kW iluminación y máquinas (E2)	Contadores eléctricos en cuadros de pasillo/ascensor	Cuarto eléctrico / sala de máquinas	230/400 V	En cuadro; programación horaria / detectores de presencia
-----------------------	------------------------------------	--	-------------------------------------	-----------	---

Tabla 3. Inventario de puntos de medida Zona Restauración

Punto	Variable	Tecnología	Acceso	Alimentación	Instalación
Cuadro de cocina	kWh/kW por línea (E8)	Contadores eléctricos por líneas y equipos críticos	Cuarto de cocina / local técnico	230/400 V	En cuadro; derivaciones identificadas
Hornos, planchas, freidoras	kWh por equipo (E8)	Contadores eléctricos individuales (pinza)	Tras equipo / falso techo	230 V	En derivación; protección IP en zonas húmedas
Lavavajillas / tren de lavado	L por servicio (W6)	Contadores de consumo de agua en línea de alimentación	Office / bajo fregadero	Batería / 230 V	En línea; racores rápidos
Cámaras frigoríficas (pos/neg)	Temperatura continua; puerta; kWh cámara	Sondas PT100/NTC + contador eléctrico de compresor	Sala de cámaras / panel sandwich	230 V	Pasamuros alimentario; fijación en frontal
Línea de buffet (pase)	Merma en producción/pase y retornos (F2, F3)	Báscula inteligente	Mesa de pase	230 V / PoE	Sobre mesa / soporte con protección
Preparación	Merma en preparación (F1)	Báscula de mesa	Cocina	230 V	Sobre bancada / antideslizante
Zona de residuos	kg por fracción, impropios (R5, R3)	Básculas de contenedor + muestreo de impropios	Muelle / cuarto de residuos	Batería / 230 V	Bajo contenedor / plataforma con ruedas
Comedores / salas	CO <sub>2</sub> para ventilación por demanda (E9)	Sondas CO <sub>2</sub> conectadas a sistema de ventilación	Sala / falso techo	PoE / 230 V	Superficie / empotrado; integración con regulación

Tabla 4. Inventario de puntos de medida Zonas técnicas

Punto	Variable	Tecnología	Acceso	Alimentación	Instalación
<b>Circuito ACS (caldera/intercambiador)</b>	kWh térmicos; Tª ida/retorno; caudal (E5)	Contador térmico en primaria/secundaria	Sala de calderas	230 V	En línea con válvulas y puntos de purga
<b>Circuito calefacción</b>	kWh térmicos (E5)	Contador térmico	Sala de calderas	230 V	En línea; bridas/roscado según DN
<b>Depósitos de ACS</b>	Tª estratificada; caudal recirculación	Sondas de inmersión + caudalímetro recirculación	Sala de calderas	230 V	Bujes de sonda; seccionamiento
<b>Grupos de bombeo</b>	kWh/kW; presión diferencial	Contadores eléctricos + transmisores de presión	Sala de bombas	230 V	En cuadro; toma en colector
<b>Climatizadoras</b>	kWh unidad; estados (horarios/setpoints)	Contador eléctrico por unidad + integración de estados	Sala Unidad Tratamiento de Aire (UTA) / cubierta	230/400 V	En cuadro de UTA; integración con control
<b>Cuadros generales</b>	Demanda pico; $\cos \phi$ (E3, E7)	Analizadores de red con registro	Cuadro General Protección / Centro de Transformación / cuarto eléctrico	230/400 V	En cuadro; registro cuarto horario
<b>Fotovoltaica (si existe)</b>	Generación; autoconsum; vertido (E6)	Medida en inversor + contador bidireccional	Cubierta / sala técnica	230 V	En envolvente/integración con inversor
<b>Baterías (si existe)</b>	Estado de carga; P carga/descarga	Integración con sistema FV de batería	Sala técnica	230 V	Integración por bus de comunicación
<b>Centro de Transformación (si existe)</b>	Energía total; pérdidas; reactiva	Analizador en BT/MT; espacio para baterías de condensadores	CT	230/400 V	En celda/armario; cumplimiento normativo

Tabla 5. Inventario de puntos de medida Lavandería y housekeeping

Punto	Variable	Tecnología	Acceso	Alimentación	Instalación
Lavadoras	kWh por ciclo; L por ciclo	Contadores eléctricos y de agua por tren de lavado	Lavandería	230 V	En derivación eléctrica y en línea hidráulica
Secadoras	kWh por ciclo	Contadores eléctricos	Lavandería	230 V	En derivación eléctrica
Balanza de cargas	kg por ciclo (estandarización a kg)	Plataforma de pesaje conectada	Lavandería	230 V	En suelo; nivelada
Carro de housekeeping	kg residuos por salida (R4)	Balanza en almacén housekeeping	Rutas por planta	Batería recargable	Portátil; base de carga en almacén housekeeping
Registro de químicos	Consumo mensual por familia	Formulario	Almacén de lavandería	N/A	Procedimiento operativo

Tabla 6. Inventario de puntos de medida Exteriores y piscinas/jardinería

Punto	Variable	Tecnología	Acceso	Alimentación	Instalación
Piscina aportes	m <sup>3</sup> aportados (W4)	Contador de agua en línea de llenado	Cuarto de piscina	Batería / 230 V	En línea; válvulas de corte
Piscina retrolavados	m <sup>3</sup> por operación (W4)	Contador en línea de filtros	Cuarto de piscina	Batería / 230 V	En línea; resistente a humedad
Piscina bombeos / climatización	kWh/kW bombeo; kWh climatización	Contadores eléctricos en cuadros de bombas e intercambiadores	Cuarto de piscina	230/400 V	En cuadro; IP adecuado
Riego sectores	L/m <sup>2</sup> por sector (W5)	Contadores sectorizados; electroválvulas con control horario por clima	Cuarto de riego / arqueta	Batería / 230 V	En línea; cajas estancas
Riego humedad de suelo	% volumétrico	Sondas de humedad con registro	Parterres / zonas verdes	Batería	Enterrado; protección anticorrosión
Iluminación exterior	kWh (E2 en exteriores)	Contadores eléctricos en cuadros exteriores	Cuadro exterior	230 V	En cuadro; reloj astronómico / sensor crepuscular

### Proceso de obtención de valores:

1. Captura (sensor, contador, báscula...).
2. Recopilar, procesar y mover datos desde los dispositivos de origen hasta una plataforma centralizada en la nube (gateway edge + nube), con metadatos (zona, equipo, indicador).
3. Estandarización automática con PMS (habitación ocupada, huésped, comensal) para indicadores (ej. E1, W1–W2, R1, F1–F4)
4. Alertas (ej. pico de demanda, cámara fuera de Tª, merma anómala) y procedimientos de actuación (quién actúa, en cuánto tiempo, cómo se resuelve).
5. Dashboard operativo y ejecutivos (valores en tiempo real tendencias, objetivos, coste–beneficio) para priorizar medidas, con registro de datos.

## 6. Tecnologías de medición y sensórica

Este apartado se propone qué dispositivos se instalan, dónde se ubican y para qué indicador sirven. Mantiene tres ideas principales: la lectura continua allí donde habilita decisiones, la estandarización automática con PMS para que los KPIs tengan contexto y la trazabilidad del dato.

### 6.1. Energía

La energía en hotelería se concentra en climatización y ACS, cocinas y cámaras, bombeos y ascensores/iluminación. Para abordar estas cargas se propone tres tecnologías: contadores eléctricos (principales y en cuadros/circuitos/equipos), medición térmica (calor útil en ACS y calefacción, balances en piscina) y sensores de confort/ocupación que permiten ajustar ventilación y consignas.

#### 6.1.1. Contadores principales y contadores eléctricos por cuadros, circuitos y equipos críticos

##### Objetivo:

Medir kWh, kW,  $\cos \phi$  y armónicos en acometida/centro de transformación, cuadros de climatización, cocina y pasillos/ascensores, circuitos de planta para habitaciones, y equipos críticos (ej. hornos, bombas de piscina...). La lectura alimenta E1–E4, E7 y E10 y con PMS se estandariza kWh por habitación ocupada y por servicio de restauración.

##### Dispositivos recomendados:

- Analizadores de red trifásicos en acometida y cuadros principales (clima, cocina, bombeos, ascensores). Requisitos: medida de kWh y kW cuarto-horaria o 15 min,  $\cos \phi$  y armónicos en tensión y corriente, salidas/lectura Modbus/BACnet/IP o impulsos, y registro local para soportar cortes.

- Contadores eléctricos en circuitos de planta (habitaciones) y derivaciones de equipo crítico. En plantas de habitaciones, si el cableado lo permite, asignar líneas separadas a climatización/iluminación/enchufes; en cocina, instrumentar hornos, planchas, freidoras y cámaras (compresores).
- Transformadores de corriente (TCs) enchufables o de núcleo partido para minimizar paradas; en envolventes con grado IP acorde a la sala.
- Medición FV/almacenamiento: lectura en inversores, contador bidireccional en cuadro y, si hay batería, integración del estado de carga y potencias.

#### **Criterios de selección:**

- Precisión: clase 1 o mejor en energía; sincronía temporal con gateway/servidor.
- Seguridad y mantenimiento: bornas accesibles, sonda de tensión con fusibles, TCs con cierre seguro, bornas de prueba.
- Interoperabilidad: protocolos abiertos (Modbus RTU/TCP; BACnet/IP), posibilidad de PoE o 230 V estabilizado, y buffering local.
- Escalabilidad: canales suficientes por cuadro.

#### **6.1.2. Medición térmica (calderas, intercambiadores, ACS, piscina)**

##### **Objetivo:**

Medir el calor útil en ACS/calefacción, el rendimiento de generadores y los balances en piscina para pasar de conjeturas a números.

##### **Dispositivos recomendados:**

- Contadores térmicos en ida y retorno de los circuitos de ACS y calefacción, requieren caudalímetro (ultrasónico o mecánico) y sondas de temperatura emparejadas.
- Sensores de temperatura en depósitos y recirculación (caudal y  $T^a$ ) para vigilar pérdidas y control de válvulas mezcladoras.
- Para bombas de calor, medir energía eléctrica consumida y energía térmica entregada para obtener COP real por condiciones de operación.
- En piscinas: contador de aportes, registro de retrolavados, cálculo de evaporación (función de  $T^a$  agua/ambiente y viento) y contadores eléctricos en bombeos y climatización del vaso.

##### **Criterios de selección e instalación:**

- Rango de caudal compatible con el diseño hidráulico, instalación con tramos rectos aguas arriba/abajo según fabricante.
- Ubicación que permita mantenimiento y purga, aislamiento de las sondas para evitar sesgos.

- Exactitud y repetibilidad: elegir tecnología que mantenga precisión con aguas duras.
- Telelectura por bus (Modbus) o impulsos, alimentación a 230 V o PoE desde cuadro cercano.

### 6.1.3. Confort/ocupación

#### **Objetivo:**

Medir condiciones interiores y ocupación real para alinear energía con servicio.

#### **Sensores y lógica de control:**

- CO<sub>2</sub> en comedores/salas y, si procede, en salas de reuniones: entrada a ventilación por demanda. Umbral típico operativo 900–1.000 ppm para iniciar incremento de caudal.
- Temperatura y humedad relativa en pasillos y habitaciones piloto: soporte a consignas de calefacción/refrigeración.
- Presencia/ocupación en habitación integrable con el control de habitación: al desocuparse, mover el sistema a setback (ej., 24–25 °C en verano, 20–21 °C en invierno) y apagar cargas no esenciales.
- Contactos magnéticos en ventanas/balconeras: si se abren, bloqueo de climatización y alerta y al cerrar, retomar consigna tras tiempo de estabilización.
- Puertas de cámaras frigoríficas: integrar estado de puerta con alarma por apertura prolongada.

#### **Criterios de selección e instalación:**

- Exactitud y estabilidad.
- Colocación: altura de respiración en salas ( $\approx 1,1$ –1,5 m), lejos de impulsiones; en habitaciones piloto, ubicación que refleje condiciones medias.
- Comunicaciones: PoE preferente en salas/comedor; batería o 230 V en sensores de presencia/contactos de ventana, gateways con buffer.
- Interoperabilidad con la lógica del sistema de climatización, al menos lectura y una señal de demanda (0–10 V o punto BACnet/Modbus) para modular ventilación o consigna.

#### **Integración, estandarización y gobierno del dato**

Estandarización automática. Todo contador/sensor que alimente E1, E4, E8, etc., se vincula con PMS para calcular kWh por habitación ocupada, por m<sup>2</sup> o por servicio de restauración, según corresponda. Esta estandarización convierte magnitudes físicas en indicadores comparables por tipología y periodo, tal y como el documento maestro define en su marco de indicadores.

Frecuencias y latencia. 1–15 min para energía; 1–60 min para térmica; 1 min para calidad de aire interior en control, por evento en contactos de ventana y alarmas.

Ciberseguridad y OT/IT. Segmentación de redes, mínimos privilegios, credenciales por rol, cifrado en tránsito y registro de accesos.

### Auditoría del sistema periódico:

- Balances: comprobar balance eléctrico (suma cuadros vs. contador general), térmico (ACS/calefacción vs. combustible y pérdidas) e hídrico (aportes piscina, retrolavados).
- Calibraciones y muestreos (CO<sub>2</sub>, T<sup>a</sup> cámaras).
- Comprobación de registro de metadatos: fuente, unidad, frecuencia, calidad.
- Trazabilidad del dato: cada dato se sabe de qué zona/equipo procede y a qué indicador sirve.

Tabla 7. Indicador Sensor KPI energía

Indicador	Sensor / Tecnología	Ubicación / Punto	Frecuencia	Integración (PMS/BMS)	KPI y estandarización	Alarmas / Umbrales	Observaciones
Consumo eléctrico por zona	Analizador de red + contadores eléctricos por cuadro/circuito/equipo	Acometida/CT; cuadros clima/cocina/pasillos; circuitos de planta; equipos críticos	1–15 min	PMS (ocupación); BMS (estados)	kWh/habitación; kWh/m <sup>2</sup> ; pico kW (E1, E2, E3)	Pico > contrato; cos $\phi$ < 0,95; THD > 8–10%	Ajustar potencia, horarios y setpoints
Consumo térmico ACS	Contador térmico (caudal + T <sup>a</sup> ida/retorno)	Circuitos ACS; intercambiadores; depósitos	1–60 min	PMS (huéspedes)	kWh/huésped; rendimiento $\eta$ (E5)	$\eta$ < baseline; T <sup>a</sup> fuera de rango	Optimizar recirculación y mezclas
Ahorro por control de ventana	Contacto ventana + señal de termostato/HVAC	Habitaciones (ventanas/balconeras)	Evento; 1 min estados	PMS (check-in/out)	% reducción HVAC vs. baseline	Ventana abierta con HVAC activo	Usar regla presencia+ventana para evitar falsos positivos
Consumo por proceso en cocina	Contadores eléctricos por línea/equipo	Cuadro cocina; hornos/plancha/freidora/cámaras	1–15 min; por turno	TPV/PMS (servicios)	kWh/servicio (E8)	Picos fuera de turno	Cruzar con mermas F2–F3
Autoconsumo fotovoltaico	Inversor monitorizado + contador bidireccional	Inversor FV; cuadro general	1–15 min	BMS/S-CADA	kWh; % cobertura (E6)	Caída de generación; vertido alto	Programar cargas en horas solares



Calidad de energía	Analizador (cos $\phi$ , THD, armónicos)	Cuadros generales; CT	1–15 min	SCADA	cos $\phi$ ; THD (E7)	cos $\phi$ < 0,95; THD > 8–10%	Compensación reactiva / filtrado
Ventilación por demanda	CO <sub>2</sub> (NDIR) + integración con UTA/VRF	Salas/comedores; retorno UTA	1 min	BMS (señal de caudal)	min fuera de rango CO <sub>2</sub> (E9)	CO <sub>2</sub> > 1000 ppm sostenido	Reducir sobreventilación

Tabla 8. Indicador Sensor KPI (agua)

Indicador	Sensor / Tecnología	Ubicación / Punto	Frecuencia	Integración (PMS/BMS)	KPI y estandarización	Alarmas / Umbrales	Observaciones
Consumo total y por zona	Contador/caudalímetro (principal, secundarios y por ramales)	Acometida; montantes/ramales; cocina/office; riego; piscina	1–60 min	PMS (huéspedes, habitaciones)	L/huésped; L/habitación; L/m <sup>2</sup> riego (W1, W2, W5)	Consumo nocturno > umbral	Ajustar horarios, boquillas, equipos
Fugas	Sonda de fuga + cálculo de caudal mínimo nocturno	Baños; cuartos húmedos; salas técnicas; depósitos	1–5 min (fuga); análisis nocturno diario	Plataforma (alerting)	L/h perdidos; MTTR (W3)	Mínimo nocturno anómalo	Playbooks de cierre rápido
Balance hídrico de piscina	Contador aportes + contador retrolavados + estimación evaporación	Cuarto de piscina	5–60 min; semanal balance	—	m <sup>3</sup> /semana; ratio pérdidas/volumen (W4)	Desequilibrio prolongado	Revisar retrolavados y horarios de bombeo
Consumo en cocina/office	Contador de consumo de agua en lavado/fregadero	Office; tren de lavado	5–60 min; por turno	TPV/PMS (servicios)	L/servicio (W6)	Por cubierto fuera de rango	Cambiar boquillas; optimizar cargas
Riego por m <sup>2</sup> de zona verde	Contadores sectorizados; sonda humedad suelo (opcional)	Cuarto de riego; parterres	5–60 min; diario	SCADA riego / Meteo	L/m <sup>2</sup> día (W5)	Riego en días de lluvia	Programación por clima

Tabla 9. Indicador Sensor KPI residuos

Indicador	Sensor / Tecnología	Ubicación / Punto	Frecuencia	Integración (PMS/BMS)	KPI y estandarización	Alarmas / Umbrales	Observaciones
Generación por fracción	Báscula contenedor + identificación (RFID/códigos)	Back-of-house; muelle; cuarto residuo	Evento; resumen diario/semanal	PMS (huéspedes); TPV (servicios)	kg/huésped; kg/servicio; % segregación (R1, R2)	Impropios > umbral	Feedback a equipos y mejora de puntos de acopio
Impropios por fracción	Muestreo visual + pesaje parcial	Cuarto residuo / muelle	Semanal/mensual	—	% improprios (R3)	Alto impropio en envases/ORG	Señalización, formación, cambios de logística

Tabla 10. Indicador Sensor KPI desperdicio alimentario

Indicador	Sensor / Tecnología	Ubicación / Punto	Frecuencia	Integración (PMS/BMS)	KPI y estandarización	Alarmas / Umbrales	Observaciones
Merma en preparación (F1)	Balanza inteligente conectada / app	Zona de preparación	Por turno	TPV/PMS (servicios)	kg/servicio; € evitados; % reducción	Merma > baseline por familia	Revisar mise en place y compras
Merma en pase/producción (F2)	Balanza/vibración en línea de buffet	Pase / buffet	Por servicio	TPV/PMS (servicios)	kg/servicio; € evitados	Excedentes repetidos	Ajuste de reposición y porciones
Retornos de cliente (F3)	Balanza en zona de retornos; clasificación básica	Plonge/retornos	Por servicio	TPV/PMS (comensales)	kg/comensal; € evitados; % reducción (F4)	Retornos altos por plato	Modificar raciones/guarniciones; rediseño de platos

Tabla 11. Seguridad alimentaria apoyo a desperdicio alimentario

Indicador	Sensor / Tecnología	Ubicación / Punto	Frecuencia	Integración (PMS/BMS)	KPI y estandarización	Alarmas / Umbrales	Observaciones
Temperatura de cámaras y cadena fría	Sonda PT100/NTC con registro y alarma	Cámaras + abatidores + vitrinas	1–5 min	— (APPCC)	Cumplimiento Tª por zona/producto	Tª fuera de rango X min	Bitácora y firma responsable
Alarmas y registro APPCC	Plataforma de incidencias con trazabilidad	Cocina / BOH	Evento; reporte diario	—	Acciones cerradas / desviaciones	Incidencia sin cierre > umbral	Evidencia para inspecciones

Tabla 12. Confort y calidad ambiental interior

Indicador	Sensor / Tecnología	Ubicación / Punto	Frecuencia	Integración (PMS/BMS)	KPI y estandarización	Alarmas / Umbrales	Observaciones
IAQ en salas/comedores	CO <sub>2</sub> (NDIR) + Tª/HR; integración ventilación	Salas/comedores; salas de reuniones	1 min	BMS (señal de demanda)	min fuera de rango CO <sub>2</sub> (E9)	CO <sub>2</sub> > 1000 ppm sostenido	Ventilación por demanda
Confort en habitaciones piloto	Tª/HR + presencia + contacto ventana	Habitaciones de muestra / control de habitación	1–5 min; evento contactos	PMS (check-in/out)	E4→E1 (kWh/hab-ocupada) por setback	Ventana abierta con HVAC activo	Aviso a recepción/housekeeping (playbook)

Tabla 13. Consumos específicos lavandería y piscinas

Indicador	Sensor / Tecnología	Ubicación / Punto	Frecuencia	Integración (PMS/BMS)	KPI y estandarización	Alarmas / Umbrales	Observaciones
Consumo específico de lavandería	Contadores eléctricos y de agua + pesaje	Lavadoras/secadoras; tren de lavado	Por ciclo; diario	— (kg de ropa)	kWh/kg; L/kg	Valores fuera de rango por programa	Comparativa externalización vs. propia
Consumo específico de piscinas	Contadores aportes/retrolavados + contadores eléctricos bombes	Cuarto de piscina	5–60 min; balance semanal	— (volumen vaso)	m <sup>3</sup> /sem; kWh/m <sup>3</sup> bombeado	Pérdidas anómalas sostenidas	Optimizar horarios y retrolavados

## 7. Conectividad e integración

### 7.1. Protocolos

#### Equipos y contadores:

- Modbus RTU/TCP en contadores eléctricos, contadores térmicos y analizadores de red. Es interoperable, sencillo de integrar en gateways
- BACnet/IP. Adecuado cuando hay BMS y climatización centralizada (UTAs, termostatos conectados...). Permite conocer estados de climatización, consignas, alarmas de ventilación y su integración con control de CO<sub>2</sub>.
- Relés de estado para contadores de agua sencillos o registros de apertura de puerta de cámara.

#### Sensores en habitaciones, fugas y sistemas de control de calidad de aire:

- Zigbee / BLE (Bluetooth Low Energy) para contactos de ventana, presencia, sondas de temperatura, Humedad Relativa o CO<sub>2</sub> en salas, sondas de fuga puntuales. Tienen bajo consumo, fácil despliegue sin obra.
- Wi-Fi en cámaras frigoríficas con databox, básculas conectadas en cocina... Debe tener SSID específico IoT, VLAN y QoS para nunca usar redes de huéspedes.
- LoRaWAN cuando haya grandes distancias o zonas de difícil cobertura (jardines, depósitos, casitas exteriores).

### Backhaul y conectividad externa:

- Ethernet/FO/IP. Trama principal entre gateways, BMS y plataforma.
- NB-IoT / LTE-M en hoteles sin red fiable o para redundancia de alarmas críticas (ej. Cámaras o fugas).

### Seguridad transversal:

- Segmentación OT/IT, VLAN IoT y firewall
- Cifrado en tránsito (TLS) para salidas a nube; autenticación por token/clave por dispositivo.
- Inventario de activos y rotación de credenciales.

## 7.2. Gateways y edge computing

El gateway es el vehículo que permite traducir las señales del mundo físico y el modelo de datos. Debe permitir:

- Adquisición multibús. Múltiples puertos RS-485 para Modbus RTU, BACnet/IP por Ethernet, entradas de pulsos y receptores Zigbee/BLE/LoRaWAN.
- Buffering local para cubrir caídas de red sin pérdida de series.
- Agregación y limpieza de medidas.
- Cálculo inmediato de KPIs operativos convirtiendo registros brutos a unidades físicas y a KPIs preliminares (kWh, L, kW, min fuera de rango).
- Estandarización en origen. Integración con los cálculos provenientes de PMS o TPV para ocupación/comensales cuando aplique.
- Gestión de alarmas con notificación redundante (correo/SMS/app).
- Sincronización horaria.

## 7.3. Integración con BMS, PMS y otras plataformas hoteleras

- BMS. Lectura de estados de sistema de climatización, consignas, temperaturas, contadores internos. Escritura de consignas o señales de demanda (ej. ventilación por demanda) cuando haya acuerdo y seguridad. Protocolo: BACnet/IP o API del BMS.
- PMS. Lecturas de habitaciones ocupadas, número de huéspedes, previsión de ocupación, PAX de desayunos, para estandarización automática de E1/W1/W2/R1/F1–F4 y previsión para compras/producción.
- TPV/Restaurante. Lecturas deservicios/comensales por franja, familias de producto... para estandarizar E8/W6 y calcular mermas por servicio.

- Otras plataformas. Conexión con Inversores FV y baterías mediante API del fabricante. Conexión con el sistema de gestión de mantenimiento (GMAO) para alarmas (p. ej., fuga, Tª fuera de rango). Data warehouse corporativo.

Tabla 14. Matriz de integración (sistema origen ↔ destino, protocolo, frecuencia, custodia)

Origen	Destino	Protocolo	Frecuencia	Custodia
Contadores eléctricos (cuadros/equipos)	Gateway Plataforma	→ Modbus por red del hotel	1–15 min	Mantenimiento
Contadores de consumo de agua (principal/ramales)	Gateway Plataforma	→ Pulsos o Modbus	5–60 min	Mantenimiento
Contadores térmicos (ACS/calefacción)	Gateway Plataforma	→ Modbus	5–60 min	Mantenimiento
Sensores CO <sub>2</sub> /Tª/HR	Gateway	Zigbee/BLE o Wi-Fi	1 min	Mantenimiento
Contactos de ventana/presencia	Gateway	Zigbee/BLE	Evento / 1 min	Mantenimiento
Básculas/visión en cocina	Gateway Plataforma	→ Wi-Fi / Ethernet	Por servicio/turno	F&B
Inversor FV / batería	Plataforma	API fabricante (red hotel)	1–15 min	Mantenimiento
Piscina y riego	Gateway Plataforma	→ Modbus / LoRaWAN	5–60 min / semanal	Mantenimiento/Jardinería
BMS (clima/ventilación)	Plataforma (L/E)	BACnet/IP o API BMS	1–15 min / evento	Mantenimiento
PMS / Channel Manager	Gateway/Plataforma	API REST / SFTP	Diario / evento	Dirección/Recepción
TPV Restaurante	Gateway/Plataforma	API REST / SFTP	Por servicio	F&B
GMAO	Plataforma ↔ GMAO	API REST	Por incidencia	Mantenimiento

## 8. Arquitectura de datos, dashboards y gobierno del dato

Este apartado se establece cómo viaja el dato desde el contador o sensor hasta el informe, qué controles pasan las lecturas, dónde se guardan y cómo se visualizan para decidir.

### 8.1. Pipeline de datos

Los gateways recogen señales de contadores eléctricos, contadores de consumo de agua y contadores térmicos, además de sondas de CO<sub>2</sub>/Tª/HR, presencia y pesaje, y las publican como

series temporales con sello horario, unidad y tags (zona, equipo, indicador). En paralelo, la integración con PMS/TPV aporta ocupación, huéspedes y servicios para la estandarización inmediata de KPIs (p. ej., kWh por habitación ocupada, L por huésped, kg de orgánica por comensal).

Se aplican reglas automáticas antes de persistir el dato y las series pasan a una base de series temporales (resoluciones de 1 min, 5 min y 15 min) y al data lake para archivo bruto. Agregados horarios y diarios alimentan la capa ejecutiva y los informes. La arquitectura distingue almacenamiento operativo (minuto–hora) y analítico (día–mes), siguiendo la lógica de paneles en tiempo real y de tendencias/objetivos. API REST para consultas por hotel, zona e indicador con filtros por periodo y ocupación/servicio. Además API para obtención de información del PMS/TPV... Finalmente se generan los cuadros operativos y ejecutivos.

## 8.2. Data lake/ warehouse y retención

3 niveles de datos. El dato en crudo tal cual llega (retención 12–24 meses). El dato limpio/agregado con correcciones y los KPI (indicadores ya estandarizados) con metadatos completos para auditoría.

- **Energía** (kW/kWh,  $\cos \phi$ , THD). 1–15 min durante 12 meses; horario/diario 36–60 meses (para contratos y estacionalidad).
- **Térmica** (kWh térmicos,  $T^a$ , caudal). 5–15 min durante 12 meses; diario 36–60 meses.
- **Agua** (L,  $m^3$ , caudal, fugas). 5–15 min 12 meses; diario 36–60 meses; eventos de fuga sin caducidad hasta cierre.
- **Residuos** (kg por fracción). Por evento/servicio; diario 24–36 meses.
- **Food waste** (mermas por proceso). Por servicio; semanal/mensual 24–36 meses.
- **Calidad del aire** ( $CO_2$ ,  $T^a$ /HR). 1–5 min 6–12 meses; horario 24–36 meses.

Este esquema permite paneles rápidos y comparativas anuales sin penalizar costes de almacenamiento.

## 8.3. Diseño de dashboards

### 8.3.1. Operativo

Cabecera por hotel y zona (habitación/pasillos, cocina/buffet, sala técnica, exteriores, lavandería).

- Semáforos por indicador crítico:
  - Energía: pico kW,  $\cos \phi$ , E4 (Climatización por planta) vs. consigna, E6 (FV).
  - Agua: W1/W2 en curso, W3 (fuga) con contador a cero hasta cierre.
  - Residuos: R2 (segregación) y R3 (impropios) por turno/servicio.
  - Food waste: F1–F3 (mermas por proceso) y F4 (total) por servicio.

- Panel de incidentes con prioridad (E10).

### 8.3.2. Ejecutivo

- Portada con indicadores clave por dimensión: E1 (kWh/hab. ocupada), W1/W2 (L/huésped/hab.), R2 (segregación), F4 (merma total por comensal).
- Tendencias.
- Desglose por zona y coste (€/kWh, €/m<sup>3</sup>, tasa residuos).
- Mapa de objetivos (semáforos).
- Cartera de medidas propuestas.

## 9. Estimación de inversión

Este apartado se cuantifica cuánto cuesta poner en marcha el Living Lab por zonas: habitación tipo, cocina/restaurante, zonas técnicas y ámbito agua-residuos. Se ofrece un escenario base con rangos y un detalle de BOM (Bill of Materials) por zona. Los importes están expresados en euros e incluyen PVP orientativo y mano de obra de instalación.

### 9.1. Supuestos de precio y rangos

#### Hardware y sensores (PVP):

- Analizador de red trifásico Modbus/BACnet: 450–800 €
- Contador eléctrico DIN (mono/tri): 60–250 €
- Contador de consumo de agua DN20–DN25 con emisor de impulsos/lectura digital: 80–200 €
- Contador térmico (DN32–DN50) con caudalímetro + sondas: 800–2.000 €
- Sensor CO<sub>2</sub> NDIR (con T<sup>a</sup>/HR), PoE: 150–280 €
- Contacto magnético ventana Zigbee/BLE: 20–35 €
- Sensor de presencia PIR Zigbee/BLE: 35–60 €
- Sonda de fuga punto: 25–45 €
- Control/termostato integrable guest-room: 180–350 €
- Báscula conectada (mesa): 350–700 €
- Báscula de pase: 1.800–3.500 €
- Báscula de contenedor: 450–900 €
- Gateway / edge IoT industrial: 450–900 €
- SAI pequeño (protección gateway): 150–250 €

#### Instalación y M.O.:

- Cuadros eléctricos (analizador/contadores): 120–350 € por equipo
- Hidráulica DN20–DN50 (contador + llaves + by-pass): 150–700 € según DN
- Sensórica ligera (CO<sub>2</sub>, presencia, contactos, fuga): 15–100 € por punto



- Puesta en marcha / integración: ½–2 jornadas por zona, incluida en partidas de instalación cuando aplica

#### Software / servicios:

- Dashboad (licencia base + por punto): 120–250 €/mes base + 0,4–0,8 €/punto/mes
- Conectividad móvil crítica (NB-IoT/LTE-M) por SIM: 2–4 €/mes
- Mantenimiento preventivo sensórica (anual): 8–12 % del presupuesto de instalación de hardware
- Verificación/calibración anual: 600–1.200 €/hotel/año

## 9.2. Habitación tipo

#### Alcance:

Control HVAC por ocupación, contactos de ventana, presencia, (opcional T<sup>a</sup>/HR si no viene en el controlador), detección de fugas en baño, prorrateo de contadores de consumo de agua por ramal (AF/ACS) y de contadores eléctricos por planta, y prorrateo del Gateway.

Tabla 15. BOM habitación tipo (orientativa)

Elemento	Cant.	PVP unit. (€)	Instal. (€)	Subtotal (€)
Contactos ventana (balcón/ventana) Zigbee/BLE	2	25	20	90
Sensor presencia PIR Zigbee/BLE	1	45	30	75
Control/termostato integrable <i>guest-room</i>	1	250	160	410
Prorrateo contador de AF por ramal (DN20)	0,10	120	160	28
Prorrateo contador de ACS por ramal (DN20)	0,10	120	160	28
Sonda de fuga puntual (baño)	1	35	25	60
Prorrateo contadores eléctricos por planta (habitaciones)	—	—	—	35
Prorrateo <i>gateway</i> / edificio	—	—	—	22
Prorrateo sonda CO <sub>2</sub> pasillo	—	—	—	14
Subtotal				762
Contingencia/pequeña obra (≈10 %)				+76
Total estimado por habitación				≈ 840 €

Prorrateo ilustrativo: 1 contador por ramal/10 habitaciones.

Rango estimado: 700–1.100 € / habitación, según integración con control existente, accesos y si el sensor T<sup>a</sup>/HR ya lo aporta el controlador.

### 9.3. Cocina / Restaurante

#### Alcance:

Contadores eléctricos en líneas/equipos críticos (hornos, planchas, freidoras, cámaras), contador de consumo de agua en fregadero/tren de lavado, sensórica de cadena de frío, CO<sub>2</sub> en comedores para ventilación por demanda, pesaje de mermas (preparación, pase y retornos) y pesaje por fracción en zona de residuos.

Tabla 16. BOM cocina/restaurante (orientativa)

Elemento	Cant.	PVP unit. (€)	Instal. (€)	Subtotal (€)
Analizador de red en cuadro cocina	1	500	250	750
Contador eléctrico por equipo crítico	6	180	120	1.800
Contador de consumo de agua (office/lavado)	2	150	180	660
Sonda T <sup>a</sup> + puerta (cámaras)	4	100	60	640
Báscula conectada (preparación, F1)	1	500	30	530
Báscula pase/bufet conectada (F2)	1	600	50	650
Báscula de contenedor (R5)	4	700	60	3.040
Sonda CO <sub>2</sub> comedor (ventilación por demanda)	2	200	80	560
Subtotal (con Opción A)				<b>8.630</b>
Contingencia (≈10 %)				<b>+863</b>
Total estimado (Opción A)				<b>≈ 9.500 €</b>

### 9.4. Zonas técnicas

#### Alcance:

Analizador en acometida/CGP, analizadores en cuadros de climatización/bombeos/ascensores, contadores térmicos en ACS y calefacción (ida/retorno), sondas en depósitos y recirculación, sensores de presión y contadores eléctricos en bombas, monitor FV/batería, gateway principal y SAI.

Tabla 17. BOM Zonas técnicas (orientativa)

Elemento	Cant.	PVP unit. (€)	Instal. (€)	Subtotal (€)
Analizador de red acometida/CGP	1	650	300	950
Analizador en cuadros (clima/bombeos/asc.)	3	500	250	2.250
Contador térmico ACS (DN32)	1	1.100	400	1.500
Contador térmico calefacción (DN40–50)	1	1.400	500	1.900
Sondas T <sup>a</sup> depósito + caudal recirculación	1 set	250	200	450
Transmisor presión diferencial (colectores)	2	220	120	680
Contadores eléctricos en bombas	2	150	120	540

Medida FV (API + contador bidireccional)	1	200	100	300
Gateway industrial principal	1	800	180	980
SAI gateway / comunicaciones	1	200	50	250
Subtotal				<b>9.800</b>
Contingencia (≈10 %)				<b>+980</b>
Total estimado				<b>≈ 10.800 €</b>

## 9.5. Agua y residuos (hotel)

### Alcance:

Contadores de consumo de agua principal y secundarios (montantes/ramales, riego, piscina), detección de fugas, y puntos de pesaje por fracción adicionales.

Tabla 18. BOM agua y residuos (orientativa)

Elemento	Cant.	PVP unit. (€)	Instal. (€)	Subtotal (€)
Contador principal de consumo de agua	1	250	250	500
Contadores secundarios (montantes/ramales)	4	180	180	1.440
Contador cocina/office (si falta)	1	150	180	330
Contadores de riego por sector	4	120	160	1.120
Contador aportes piscina	1	150	180	330
Contador retrolavados filtro	1	150	180	330
Sondas de fuga en baños críticos (pack 10)	10	35	25	600
Básculas contenedor adicionales (si faltan)	2	700	60	1.520
Identificación contenedor (RFID/código)	1 kit	300	100	400
Subtotal				<b>6.570</b>
Contingencia (≈10 %)				<b>+657</b>
Total estimado				<b>≈ 7.230 €</b>

## 9.6. Gastos operativos

Licencia plataforma + puntos (piloto típico: 20 habitaciones + cocina + zonas técnicas + agua/residuos ≈ 120–180 puntos):

- Base 120–250 €/mes + 0,4–0,8 €/punto/mes → ≈ 180–300 €/mes
- Conectividad móvil crítica (2 SIM para alarmas): 4–8 €/mes
- Mantenimiento anual sensórica (revisiones, limpieza, baterías, firmware): 8–12 % del CAPEX hardware instalado
- Verificación y calibración anual (eléctrica/térmica/CO<sub>2</sub>/cámaras, QA/QC): 600–1.200 €/año

## Lista de abreviaturas y glosario técnico

<b>ACS</b>	Agua Caliente Sanitaria. Sistema de producción y distribución de agua caliente para usos higiénicos y de cocina en el hotel.
<b>ADR</b>	Average Daily Rate (Tarifa Media Diaria)
<b>AF</b>	Agua Fría de consumo. Suministro de agua no calentada hacia baños, cocinas y otros puntos.
<b>API</b>	Application Programming Interface. Conjunto de reglas y protocolos que permiten que distintos sistemas y aplicaciones intercambien datos de forma estandarizada y segura.
<b>APPC</b>	Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control. Sistema de seguridad alimentaria.
<b>BACnet</b>	Building Automation and Control Network. Protocolo de comunicación para automatización de edificios.
<b>BMS</b>	Building Management System. Sistema que controla climatización, ventilación, iluminación y otros equipos.
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono. Indicador de calidad del aire.
<b>CT</b>	Centro de Transformación. Punto donde la energía pasa de media a baja tensión.
<b>Data Lake</b>	Repositorio donde se almacenan grandes volúmenes de datos.
<b>Edge Computing</b>	Procesamiento local de datos antes de enviarlos a la nube.
<b>HVAC</b>	Heating, Ventilation and Air Conditioning. Sistemas de climatización del hotel.
<b>IAQ</b>	Calidad Ambiental Interior. Parámetros que determinan confort interior.
<b>IoT</b>	Internet of Things. Tecnologías que conectan dispositivos físicos con redes digitales para enviar datos en tiempo real.
<b>KPI</b>	Indicador Clave de Desempeño. Métrica de evaluación de eficiencia y comportamiento de procesos.
<b>LoRaWAN</b>	Protocolo LPWAN para comunicación de sensores distribuidos.
<b>LPWAN</b>	Low Power Wide Area Network. Tecnología inalámbrica de largo alcance y bajo consumo.
<b>Modbus</b>	Protocolo industrial utilizado para comunicación entre sensores y sistemas de control.
<b>NTC</b>	Sonda de temperatura basada en resistencia variable.
<b>PMS</b>	Property Management System. Sistema central del hotel que gestiona reservas, ocupación y servicios.
<b>PoE</b>	Power over Ethernet. Tecnología que suministra energía a través del cable de red.
<b>PT100</b>	Sonda de temperatura de alta precisión.
<b>QA/QC</b>	Quality Assurance / Quality Control (Aseguramiento y Control de la Calidad)
<b>RGPD</b>	Reglamento General de Protección de Datos
<b>Subcontaje</b>	Medición específica en cuadros o equipos concretos.

<b>TC</b>	Transformador de Corriente. Dispositivo para medir corriente eléctrica.
<b>Telelectura</b>	Lectura remota y automática de contadores.
<b>THD</b>	Total Harmonic Distortion. Índice de calidad de energía eléctrica.
<b>Ultrasónico</b>	Caudalímetro que mide flujo mediante ondas ultrasónicas.
<b>UTA</b>	Unidad de Tratamiento de Aire. Sistema de climatización de grandes espacios.
<b>Visión Artificial</b>	Tecnología que identifica y cuantifica desperdicio alimentario mediante cámaras.