

5Tech Edge Bridge (ESP32) — MVP de la Fase 1

Ficha técnica · [esp32-edge-bridge-datasheet](#) · Borrador de revisión (preliminar) · 2026-07-08

PRELIMINAR. Esta ficha técnica describe un MVP de la Fase 1 construido sobre una placa de desarrollo ESP32 estándar. Es un **prototipo de monitoreo y automatización**, no un producto terminado ni certificado. Las constantes **verificadas por firmware** (pines, UUID de BLE, temas MQTT, temporización, umbrales) se toman directamente del firmware distribuido y se indican tal cual. Los valores marcados con ‡ son marcadores de posición de ingeniería **propuestos**, de clase ESP32-WROOM-32, dados con la condición bajo la cual deben confirmarse — **no están medidos, no son finales, y ningún valor ‡ es una declaración de certificación**. Los valores marcados con [TBD] siguen pendientes. Las certificaciones son **n/a — prototipo de desarrollo**. Véase §12 para el control de cambios.



ESP32 dev board

SENSORIUM™

5Tech Edge IoT Bridge

Industrial Hero Render.

Figura FIG-001 — 5Tech Edge Bridge, el MVP de la Fase 1 sobre una placa de desarrollo ESP32.

1. De un vistazo

El **5Tech Edge Bridge** es el MVP de la Fase 1 de la pila 5Tech: firmware sobre una placa de desarrollo ESP32 estándar que conecta sensores, señales de máquina y eventos de prueba con sistemas de automatización por Wi-Fi, Bluetooth LE y MQTT. La Fase 1 valida la canalización completa de sensor a automatización para que la Fase 2 pueda convertir un diseño *probado* en una PCB personalizada.

Producto	5Tech Edge Bridge (ESP32) — MVP de la Fase 1
Familia / función	5Tech · Puente / Prototipo (MVP de la Fase 1)
Función	Conectar sensores / señales de máquina / eventos de prueba con la automatización por Wi-Fi, Bluetooth LE y MQTT; validar la canalización de sensor a automatización
Plataforma de hardware	Placa de desarrollo ESP32-WROOM-32 estándar (<code>board = esp32dev</code>)
Conectividad	Wi-Fi 2.4 GHz (estación), Bluetooth LE (servidor GATT), MQTT sobre TCP
Alimentación	USB 5 V (banco de desarrollo)
Firmware	v0.1.0; dos variantes (ESP-IDF C / Arduino C++) que comparten un mismo contrato de comunicación
Certificaciones	n/a — prototipo de desarrollo

Características principales

- Canalización completa de sensor a automatización sobre una placa de desarrollo ESP32 estándar — sin hardware personalizado.
- Tres transportes: Wi-Fi + MQTT, Bluetooth LE (funciona sin red) y una consola serie.
- JSON estructurado: telemetría cada 5 s, un latido de estado de 30 s, publicación inmediata de eventos, estado retenido + Last Will.
- Modelo de dispositivo de nueve estados con un modelo de peligro con enclavamiento WARNING / DANGER (solo limpieza explícita).
- Tres fuentes de entrada intercambiables: GPIO real, botón integrado y un sensor simulado.
- Dos variantes de firmware que hablan un protocolo de comunicación idéntico y verificado por paridad.

Aplicaciones típicas

- Validar la canalización MQTT + Bluetooth LE de extremo a extremo antes de comprometerse con una PCB.
- Demostraciones a clientes / inversores de la ruta de sensor a automatización.
- Pruebas de banco de la integración de automatización (n8n / Node-RED / personalizada).
- El diseño de referencia y la base de firmware a partir de los cuales se construye el hardware de producción de la Fase 2.

2. Contexto del sistema

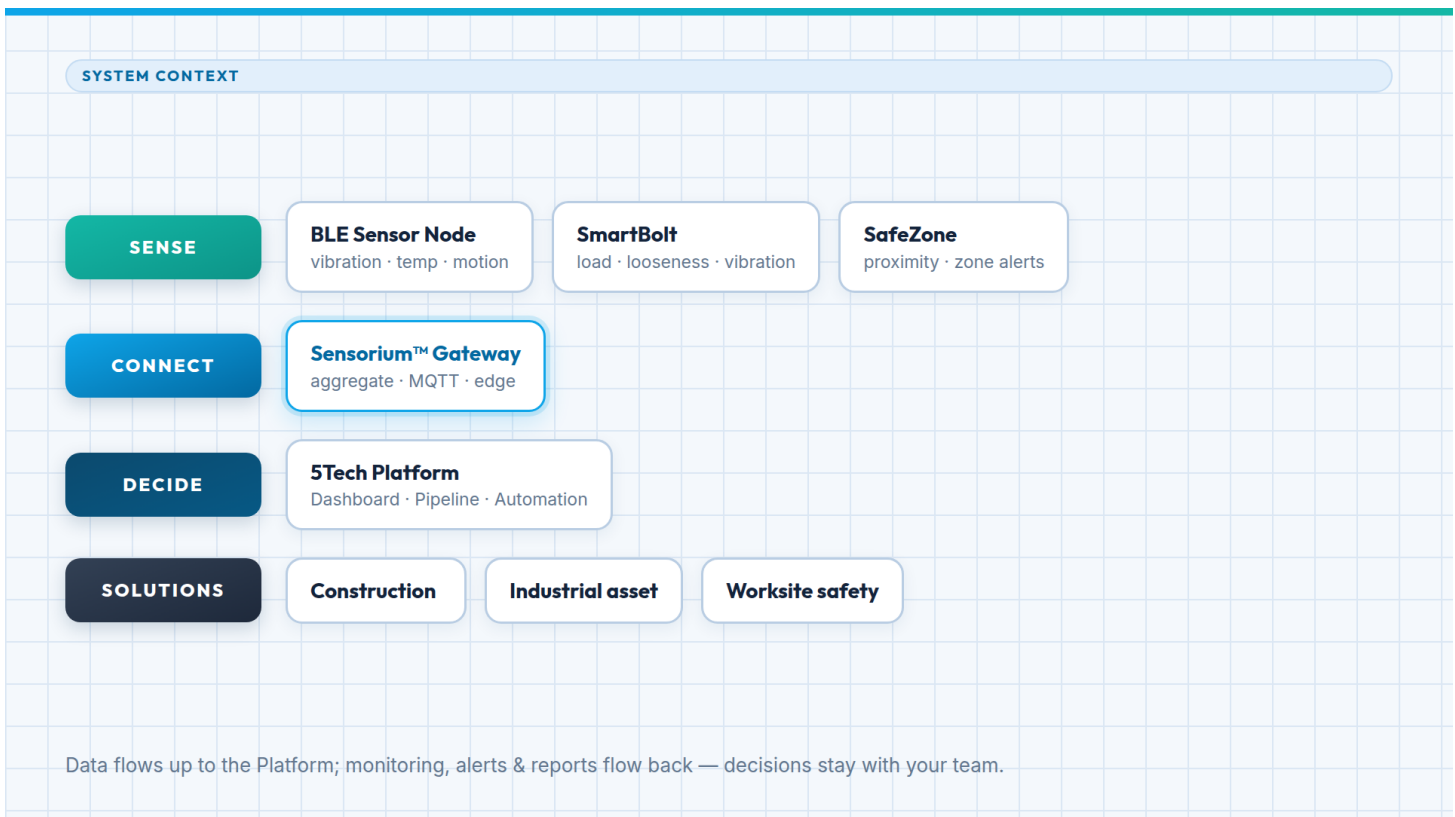


Figura FIG-002 — Sense → Connect → Decide. El Edge Bridge es un prototipo de borde de un solo dispositivo: adquiere la señal de un dispositivo y publica hacia arriba el estado propio de ese dispositivo.

El Edge Bridge es un **periférico BLE (un servidor GATT) que publica el estado de su propio y único dispositivo**. Adquiere una señal, la resuelve a un estado, expone ese estado por Bluetooth LE y lo publica por MQTT. Arquitectónicamente pertenece al lado **Sense**, como un nodo de borde de adquisición y publicación — **no** es un agregador central de otros nodos.

- **Sense** — un sensor GPIO real, el botón integrado, un sensor simulado o un comando remoto (BLE / MQTT / serie) indica una condición **en este único dispositivo**.
- **Connect (transporte)** — el ESP32 resuelve su estado, construye una carga útil JSON y la publica por Wi-Fi a un broker MQTT; un **servidor GATT** Bluetooth LE expone las

características propias de este dispositivo (Det1, Det2, Con1, Cmd, Resp) para control local que sobrevive a una red caída.

- **Decide** — un flujo de automatización (n8n / Node-RED / personalizado) se suscribe, filtra y enruta el mensaje a paneles, alertas y registros.

Límite del producto frente al Sensorium™ Gateway. Este prototipo es un **periférico** BLE que sirve el estado propio de un único dispositivo; **no** agrega otros nodos BLE. El rol *Connect* de agregación central — un **central** BLE que recopila muchos nodos Sensorium™ y los reenvía aguas arriba — pertenece al **Sensorium™ Gateway**, un producto aparte. Lo que el Edge Bridge valida son los **patrones de adquisición de borde y publicación MQTT** (identidad del dispositivo, el modelo de estados, cargas útiles JSON, estado retenido + Last Will y manejo de comandos) — no la lógica de agregación del Gateway.

3. Descripción funcional

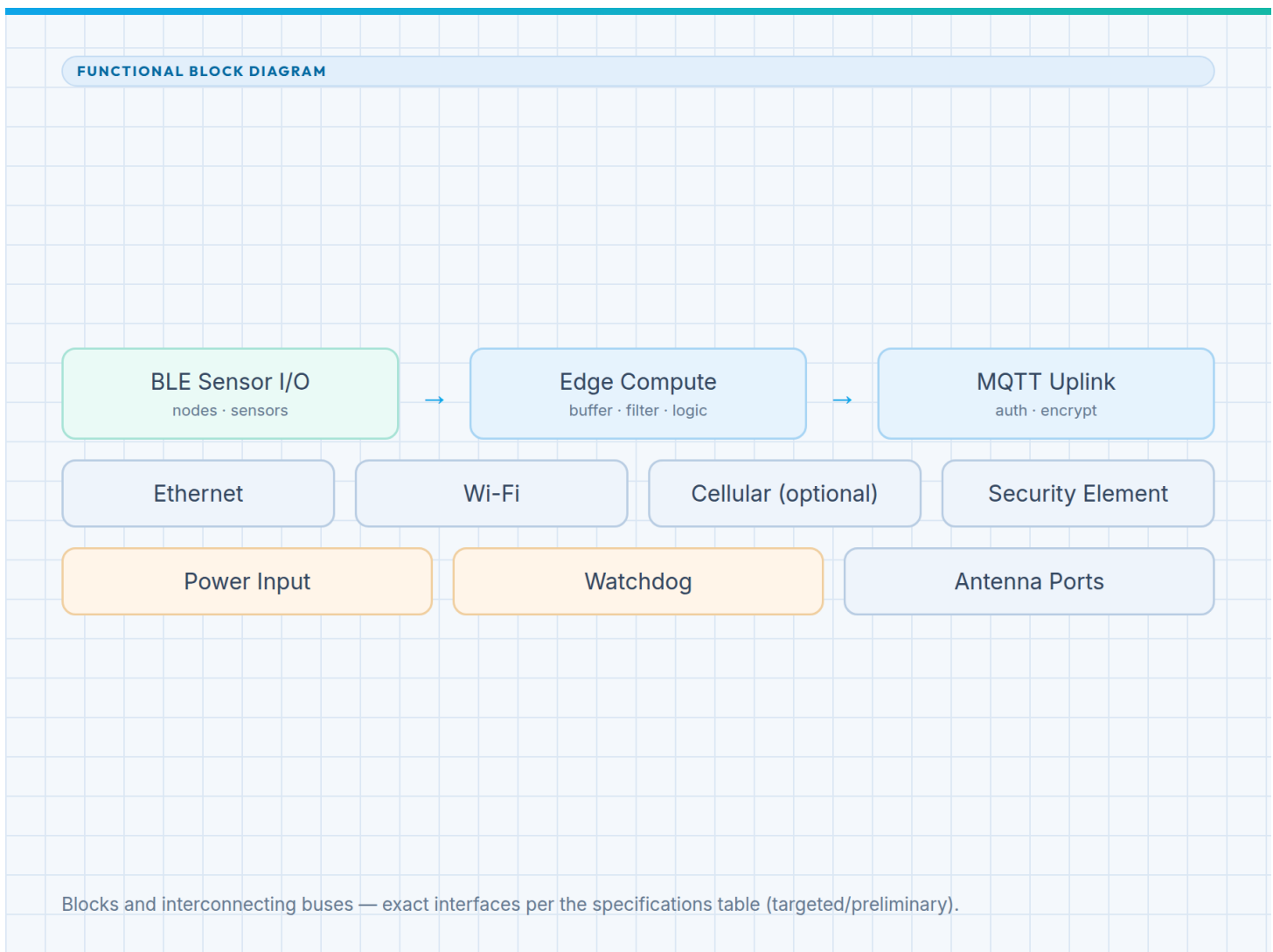


Figura FIG-003 — Bloques funcionales: fuentes de entrada, el núcleo de decisión compartido, tres transportes y E/S local.

El firmware se organiza en cuatro grupos funcionales:

1. **Fuentes de entrada** — las entradas digitales Det1 (GPIO18) y Det2 (GPIO19), el botón integrado (GPIO0) y un sensor simulado (un paseo aleatorio acotado), además de comandos remotos por cualquier transporte. Cualquier fuente puede alimentar la canalización; ninguna es necesaria para ejecutar la demo.
2. **Núcleo de decisión compartido** — un detector de eventos (`NORMAL < WARNING < DANGER` , con enclavamiento) y un modelo de dispositivo de nueve estados resuelto en prioridad estricta. Este núcleo se compila **textualmente en ambas variantes de firmware**, de modo que su lógica no puede divergir.
3. **Comunicación** — un cliente Wi-Fi estación + MQTT, un servidor GATT Bluetooth LE y una consola serie. Los comandos entrantes de las tres se ponen en cola y se ejecutan en el bucle principal.

4. **E/S local** — un LED de estado con un patrón de parpadeo por estado (GPIO2), un zumbador opcional (GPIO25, deshabilitado de forma predeterminada) y la salida de contacto Con1 (GPIO23).

Ruta de datos: *entrada* → *detector de eventos* → *estado del dispositivo* → *carga útil JSON* → *MQTT / BLE / serie* → *automatización*. Los comandos recorren la ruta inversa y se ponen en cola, nunca se ejecutan en una tarea de callback de radio, de modo que una respuesta QoS 1 no puede bloquearse contra la tarea que debe confirmarla.

4. Información de pedido

El Edge Bridge es un **MVP de la Fase 1**, no un producto comercial; no hay códigos de pedido. Se ensambla a partir de piezas estándar:

ARTÍCULO	ESPECIFICACIÓN	NOTAS
Placa de desarrollo ESP32	Cualquier devkit ESP32-WROOM-32 (<code>board = esp32dev</code>)	El único hardware obligatorio
Cable USB	Con capacidad de datos (no solo de carga)	Alimentación, flasheo y consola serie
Botón <i>(opcional)</i>	GPIO0	El botón BOOT integrado funciona
Sensores <i>(opcional)</i>	GPIO18 (Det1), GPIO19 (Det2), activo en bajo	Cualquier fuente de contacto seco / digital
Zumbador <i>(opcional)</i>	GPIO25	Deshabilitado de forma predeterminada (<code>ENABLE_BUZZER = 0</code>)

Los códigos de pedido del **hardware de producción de la Fase 2** (PCB personalizada + carcasa) son `[ TBD ]` y no se comprometen hasta que la Fase 1 congele los requisitos de sensor, conector, alimentación y carcasa.

5. Especificaciones mecánicas

No hay carcasa personalizada ni diseño mecánico en la Fase 1 — el MVP es una placa de desarrollo desnuda. Una PCB y una carcasa personalizadas son trabajo de la Fase 2.

PARÁMETRO	VALOR	CONDICIÓN / NOTA
Factor de forma	Placa de desarrollo ESP32-WROOM-32 (PCB desnuda)	Sin carcasa 5Tech en la Fase 1
Dimensiones (An × Al × Pr)	[TBD]	Depende de la placa; varía según el devkit específico usado
Peso	[TBD]	Depende de la placa
Montaje	Ninguno / protoboard / banco	Sin provisión de montaje en la Fase 1
Carcasa	Ninguna	La carcasa personalizada es de la Fase 2

6. Especificaciones eléctricas

Preliminar. El comportamiento verificado por firmware (niveles lógicos, la suposición de sensor activo en bajo, el pin Con1) se toma directamente del firmware distribuido y no lleva marca. Los valores marcados con ‡ son cifras propuestas de clase ESP32-WROOM-32, indicadas con su condición y **aún no medidas**; se confirman por medición durante la Fase 1. [TBD] marca un valor todavía pendiente.

PARÁMETRO	MÍN	TÍP	MÁX	UNIDAD	CONDICIÓN
Alimentación (USB VBUS)	4.75	5.0	5.25	V DC	Alimentación de banco por USB (USB 5 V $\pm$ 5 %)
Riel lógico del módulo		3.3		V DC	Regulador integrado
Corriente de alimentación	—	120‡	500‡	mA	Sin medir. @ 5 V; típ‡ = Wi-Fi asociado, bucle en reposo; pico‡ = ráfaga momentánea de TX Wi-Fi. Estimación de clase ESP32-WROOM-32, a confirmar por medición
Nivel lógico GPIO		3.3		V	Las entradas no toleran 5 V
Entrada alta Det1 / Det2, V_IH	2.48‡	—	—	V	Umbral de nivel lógico alto $\approx 0.75 \times 3.3$ V (clase ESP32-WROOM-32); el firmware trata una entrada Det como activa en bajo con pull-ups internas
Entrada baja Det1 / Det2, V_IL	—	—	0.83‡	V	Umbral de nivel lógico bajo $\approx 0.25 \times 3.3$ V (clase ESP32-WROOM-32)
Polaridad de detección Det1 / Det2	—	—	—	—	Activa en bajo (<code>DET_INPUT_ACTIVE_LOW = 1</code>), pull-ups internas habilitadas (verificado por firmware); una entrada flotante o abierta se lee como desactivada
Accionamiento de salida de contacto (Con1)	—	20‡	40‡	mA	GPIO23, salida de nivel lógico de 3.3 V; típ‡ continuo recomendado, máx‡ absoluto por pin (clase ESP32-WROOM-32). Véase el AVISO de Con1 más abajo

AVISO. Los pines GPIO son de lógica de 3.3 V y no toleran 5 V. No conecte a una entrada GPIO un sensor o señal que supere 3.3 V sin el acondicionamiento de nivel adecuado.

AVISO — Con1 es un pin de nivel lógico, no un controlador de relé. Con1 (GPIO23) es una salida GPIO de 3.3 V simple. Para conmutar un relé, un contactor o cualquier carga inductiva o de red eléctrica necesita un **controlador externo** (una etapa de transistor / MOSFET o un módulo de relé optoaislado), un **diodo de retorno / de rueda libre (flyback / free-wheeling)** en paralelo con cualquier carga inductiva y un **aislamiento eléctrico** adecuado. No conmute tal carga directamente desde el pin.

AVISO — Sin protección de entrada (no industrial). La alimentación es una entrada **USB 5 V simple sin protección contra polaridad inversa, sobretensión ni ESD** en el

conjunto, y las entradas GPIO / Det tampoco llevan protección añadida contra sobretensión ni ESD. Esta es una placa de desarrollo de banco, no una etapa de entrada de grado industrial; proporcione protección externa si el entorno de despliegue lo exige.

7. Interfaces y protocolos

INTERFAZ	ESPECIFICACIÓN	CONECTOR / PIN	NOTAS
Wi-Fi	2.4 GHz 802.11 b/g/n, modo estación	Antena de PCB / módulo	Conexión no bloqueante con retroceso exponencial
Bluetooth LE	Servidor GATT; servicio <code>4fafc201-1fb5-459e-8fcc-c5c9c331914b</code>	Antena 2.4 GHz compartida	Anunciado como <code>5Tech-IoT-Bridge-<mac6></code> ; GATT abierto, sin emparejamiento
MQTT	TCP, texto plano; host y puerto del broker configurables (predeterminado de plantilla <code>1883</code>); raíz <code>5tech/iotbridge</code>	sobre Wi-Fi	temas de telemetría / evento / estado / comando / depuración; QoS por tema
Consola serie	UART USB, 115 200 baudios	USB	Misma gramática de comandos que BLE y MQTT
Det1	Entrada digital, activo en bajo, pull-up	GPIO18	Activada → WARNING; expuesta como una característica BLE
Det2	Entrada digital, activo en bajo, pull-up	GPIO19	Activada → DANGER; expuesta como una característica BLE
Con1	Salida de contacto, configurable de forma remota	GPIO23	Configurable por BLE / MQTT / serie
LED de estado	Patrón de parpadeo por estado	GPIO2	LED integrado en la mayoría de los devkits ESP32
Botón	Entrada, activo en bajo, pull-up	GPIO0	Botón BOOT integrado; corto = advertencia/limpieza, largo ≥1.5 s = peligro
Zumbador (opcional)	Salida	GPIO25	<code>ENABLE_BUZZER = 0</code> de forma predeterminada

Características GATT de BLE (todas bajo el UUID de servicio anterior):

CARACTERÍSTICA	UUID	PROPIEDADES
Det1	beb5483e-36e1-4688-b7f5-ea07361b26a8	Read, Notify
Det2	beb5483f-36e1-4688-b7f5-ea07361b26a9	Read, Notify
Con1	beb54840-36e1-4688-b7f5-ea07361b26aa	Read, Write
Cmd	beb54841-36e1-4688-b7f5-ea07361b26ab	Write
Resp	beb54842-36e1-4688-b7f5-ea07361b26ac	Read, Notify

Temas MQTT (raíz `5tech/iotbridge`, `<id>` = `5tech-bridge-<mac6>`):

TEMA	DIRECCIÓN	QOS (ESP-IDF)	RETAIN
<code>.../<id>/telemetry</code>	publicado, cada 5 s	0	no
<code>.../<id>/event</code>	publicado, de inmediato al cambiar	1	no
<code>.../<id>/status</code>	publicado al cambiar y cada 30 s (latido); retenido; también el Last Will	1	sí
<code>.../<id>/command</code>	suscrito	1 solicitado	—
<code>.../<id>/debug</code>	publicado	0	no
<code>.../all/command</code>	suscrito (difusión)	1 solicitado	—

Cadencia de publicación (verificada por firmware). La telemetría se publica cada **5 s** (`TELEMETRY_INTERVAL_MS = 5000`); el estado se vuelve a publicar en cada cambio de estado **y en un latido de 30 s** (`STATUS_INTERVAL_MS = 30000`), de modo que un suscriptor tardío siempre ve un estado retenido en vivo; los eventos se publican de inmediato al cambiar. El keep-alive de MQTT es de **30 s** (`MQTT_KEEPALIVE_S = 30`).

La variante Arduino / PlatformIO publica todos los temas con **QoS 0** (su cliente MQTT no tiene parámetro de QoS); sus suscripciones y el Last Will siguen registrándose con QoS 1. Todos los temas, las claves de la carga útil y el orden de las claves son, por lo demás, idénticos byte a byte entre las dos variantes y se verifican por paridad en la compilación.

8. Especificaciones ambientales y clasificaciones

Esta es una **placa de desarrollo desnuda sin sellado ni clasificación ambiental**. Opérela en un banco en un entorno seco, interior y a temperatura ambiente.

PARÁMETRO	VALOR	NOTA
Protección de ingreso	Ninguna	PCB desnuda; sin carcasa en la Fase 1
Temperatura de funcionamiento	0 °C a +40 °C‡ (conjunto)	Estimación ‡ de banco / interior para la placa ensamblada ; deliberadamente más estrecha que la clasificación propia del módulo ESP32-WROOM-32 de −40 °C a +85 °C, que el regulador, el USB y los pasivos del devkit no heredan. Confirmar por prueba
Temperatura de almacenamiento	−40 °C a +85 °C‡	Clase ESP32-WROOM-32; depende de la placa
Humedad	[TBD]	Uso de banco, sin condensación
Vibración / choque	n/a	Prototipo; sin clasificación

9. Conformidad y normas

n/a — prototipo de desarrollo. Este dispositivo **no posee certificaciones de producto**, y ninguna se declara. El propio módulo ESP32-WROOM-32 lleva su propia aprobación de radio **modular FCC / ISED (IC) / CE-RED**, pero esa aprobación a nivel de módulo **no** se transfiere al prototipo ensamblado de la Fase 1, que **no** es un producto certificado y no debe representarse como tal. La certificación (radio/telecomunicaciones, EMC, seguridad, ambiental) es trabajo de la Fase 2, una vez que haya una placa de producción que certificar.

ÁREA	ESTADO
Radio / telecomunicaciones	n/a — prototipo de desarrollo (sin aprobación a nivel de producto). El módulo ESP32-WROOM-32 lleva su propia aprobación de radio modular FCC / ISED (IC) / CE-RED ; esa aprobación de módulo no transfiere la certificación al prototipo ensamblado
EMC	n/a — prototipo de desarrollo
Seguridad	n/a — prototipo de desarrollo; no es un dispositivo con clasificación de seguridad
Ambiental (RoHS/REACH)	n/a — prototipo de desarrollo

Este no es un dispositivo de seguridad. No lleva ninguna certificación de seguridad de ningún tipo y no debe utilizarse para proteger personas o equipos.

10. Accesorios y productos relacionados

ARTÍCULO	CÓDIGO DE PEDIDO	PROPÓSITO
Cable de datos USB	[TBD]	Alimentación, flasheo, consola serie
Sensor digital / contacto seco	[TBD]	Entrada Det1 / Det2 opcional
Zumbador	[TBD]	Anunciación local opcional (GPIO25)

Documentos relacionados

- **Manual:** <manuals/esp32-edge-bridge-manual/> — puesta en marcha, flasheo, configuración, flujo de demo.
- **Descripción del producto:** <products/esp32-edge-bridge/> — posicionamiento y aspectos destacados.
- **Firmware y documentación de ingeniería completa:** <modules/5tech-edge-iot-bridge/> — arquitectura, API de MQTT, API de Bluetooth, alcance de la Fase 1 y la hoja de ruta de la PCB de la Fase 2.
- **Hardware relacionado:** el **Sensorium™ Gateway** — un producto aparte que desempeña el rol *Connect* de agregación central BLE (recopilando muchos nodos Sensorium™ aguas arriba).

El Edge Bridge **no** implementa ni apunta a ese rol; valida los patrones de adquisición de borde y publicación MQTT en un único dispositivo (véase §2).

11. Comportamiento de señal y alertas

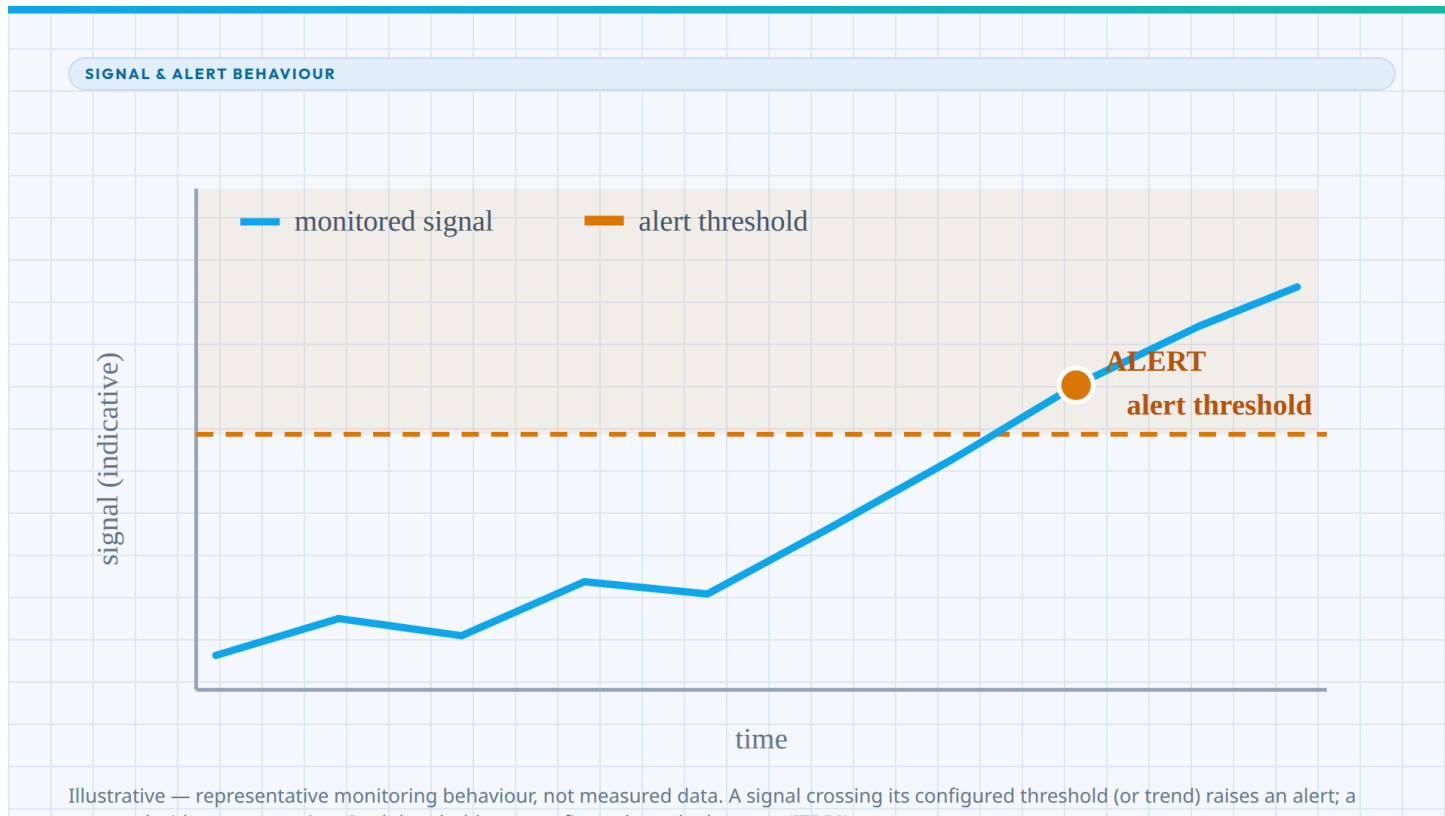


Figura FIG-004 — Ilustrativo — una señal monitoreada que cruza su umbral de alerta configurado (o una tendencia anómala) genera una alerta; una persona decide cualquier acción. Comportamiento representativo, no datos medidos.

El Edge Bridge informa una señal monitoreada y evalúa una regla simple; cuando una entrada cruza su umbral configurado (un estado DANGER) o muestra una tendencia anómala, genera una **alerta** y una persona decide cualquier acción. Es un prototipo que valida esta ruta —no realiza **ninguna acción autónoma** y **no es un dispositivo de seguridad**. El gráfico es ilustrativo; los umbrales se configuran por implementación ([TBD]).

Ejemplos de señales monitoreadas y disparadores de alerta

SEÑAL	EJEMPLO DE DISPARADOR DE ALERTA	RESPUESTA
Evento de sensor / entrada (Det1 / Det2)	Una entrada monitoreada cruza su umbral configurado	Alerta + notificar (decide una persona)
Estado DANGER	El núcleo de decisión evalúa su regla a un estado DANGER	Alerta + notificar (decide una persona)
Conectividad / transporte	Falla un transporte de enlace ascendente o el dispositivo deja de notificar	Alerta + notificar (decide una persona)

Ilustrativo — representativo, no medido; valores [TBD].

12. Revisión y control de cambios

REVISIÓN	FECHA	CAMBIO	AUTOR
Borrador (preliminar)	2026-07-08	Contenido inicial redactado, con base en <code>modules/5tech-edge-iot-bridge</code> ; valores desconocidos <code>[TBD]</code> .	Documentación
Borrador (preliminar)	2026-07-18	Se aclaró el límite de producto de periférico BLE / dispositivo único frente al Sensorium™ Gateway; se añadieron los umbrales de entrada Det1/Det2, la clasificación de accionamiento de Con1 y la limitación de sin protección de entrada; se marcaron con $\neq$ la corriente de alimentación sin medir y el rango de temperatura del conjunto; se documentó el latido de estado de 30 s y el puerto MQTT configurable; se renombró FIG-001. No se cambió ninguna constante verificada por firmware.	Documentación

Historial completo de cambios: `revision.md`. Fuentes y normas citadas: `references.md`.

Figuras

ID	TÍTULO	ESTADO	NOMBRE DE ARCHIVO	PROPÓSITO
FIG-001	Edge Bridge — Render principal del prototipo	Faltante	renders/hero_edge-bridge.png	Imagen de portada / principal
FIG-002	Contexto del sistema	Faltante	diagrams/system_context.png	Dónde se sitúa el producto en la cadena Sense → Connect → Decide
FIG-003	Diagrama de bloques funcional	Faltante	diagrams/block_diagram.png	Arquitectura funcional interna
FIG-004	Comportamiento de señal y alertas (ilustrativo)	Faltante	diagrams/signal_threshold_chart.png	Cómo una señal monitoreada que cruza un umbral genera una alerta (ilustrativo, no datos medidos)

Las especificaciones son preliminares y están sujetas a cambios. Véase [revision.md](#) para el control de cambios, [references.md](#) para las fuentes e [image_prompts.md](#) para el índice de figuras/prompts.