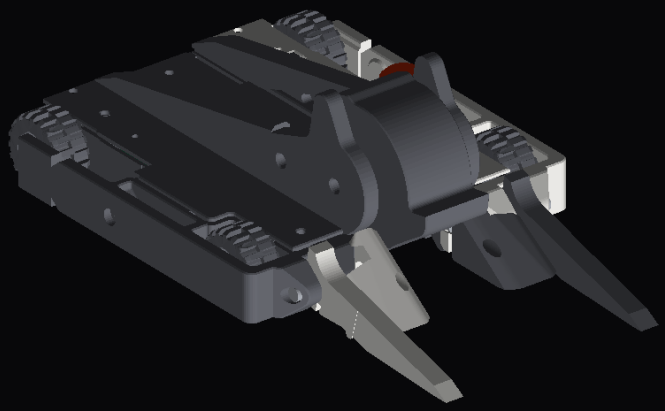
COMBATBOTS · KIT AI · V4.1

El manual completo

Todo el kit en un documento: qué es, qué comprar, cómo se monta y cómo se conecta



v4.0: la portadora E-04M y la Pi bajan al suelo; sobre el corredor vuelve una tapa central plana.

2026-09-05 · generado desde README.md, bom/bom.md, docs/ y VERSION.md — el PDF no se edita

Índice

Qué es el kit v4 **2**
Por qué esta combinación . . . 3

El BOM del robot, razonado **3**
Electrónica y movimiento . . . 3
Piezas impresas instaladas . . . 4
Tornillería y consumibles . . . 4

Montaje: del ForceKnight a v4 **7**
0 · Antes de empezar: qué vas a construir, y las reglas . . . 8
1 · Imprimir las piezas . . . 9
2 · Herramientas y bolsas de herrajes . . . 10
3 · La portadora E-04M, primero y fuera del robot . . . 10
4 · La ruta de montaje . . . 11
5 · Tornillería: cada interfaz, su herraje . . . 12
6 · Pesar y verificar . . . 13
7 · Qué NO tocar . . . 13
Relacionado . . . 13

Interoperabilidad: la Pi y la radio conviven, y la radio manda **15**
1 · El BOM de esta arquitectura: qué comprar . . . 15
2 · La arquitectura: el señalero y la portadora E-04M . . . 15
3 · Las reglas eléctricas imprescindibles . . . 19
4 · El pinout de soldadura . . . 20
5 · Configurar el A4 a 5,00 V — antes de conectar nada . . . 24
6 · Lista de comprobación de banco . . . 24
7 · Lo que NO está verificado . . . 25
Apéndice A · Quién manda: el árbitro y el selector . . . 25
Apéndice B · Relación con E-01M . . . 26
Relacionado . . . 26

Apéndice · La ficha de versión y su balance **26**
Balance frente a v3.73 . . . 26
Estado de validación . . . 27

Historial del kit v4 **27**
v4.0 · 2026-09-04 . . . 27

Qué es el kit v4

v4.0 parte de la geometría cerrada de v3.73 y cambia su arquitectura central: la Raspberry Pi Zero 2 W deja la cama elevada y pasa a la zona inferior, compartiendo seis apoyos con una PCB portadora E-04M. Sobre el corredor vuelve una tapa central plana, derivada de la pieza original de ForceKnight.

CAD y electrónica publican **la misma revisión v4.0**. La fuente común es `design.json`: contiene contorno, Z de la placa, taladros, posiciones de módulos y cierres. `aivis4.py` y `build_v4_pcb.py` abortan si esa revisión no coincide con la base v3.73 o con E-04M.

su bahía extraíble.](media/v40_interior.png)

Por qué esta combinación

- **Pi longitudinal en el centro:** su centro geométrico baja 18,07 mm y avanza 7,21 mm. Cuatro M2,5 atraviesan Pi, separador de 1,5 mm y PCB; no hay otra cama impresa. Quedan 2,40 mm de aire hasta la tapa.
- **Lógica en una sola portadora de cuatro capas:** plano GND en In1, señales repartidas entre F/B/In2 y módulos sobre las alas. La placa se suelda y se prueba fuera, y después baja completa al chasis.
- **Potencia fuera de los cuellos:** batería, corte, dos ESC, cuatro N20 y las tres fases del RS2205 conservan cable de silicona directo. La PCB sólo toma alimentación post-corte para A4 y conduce lógica; no se usa una pista estrecha como fusible del arma.
- **Batería en el suelo:** atraviesa la abertura de la portadora, se extrae verticalmente y no queda soldada a E-04M.
- **Tapa ForceKnight:** desaparecen `aivis2-deck` y `aivis2-techo`; una única `aivis4-lid-center` plana conserva el amarre frontal y usa un M3 nuevo en Y=126, fuera de la microSD.

El BOM del robot, razonado

Esta lista cubre el robot entero. Cantidades y referencias eléctricas heredan el circuito funcional de v3.73; E-04M cambia su soporte y su interconexión, no añade una segunda batería ni otro ESC.

Electrónica y movimiento

ref	cantidad	elemento	montaje v4
B1	4	motorreductor N20	dos por costado, cajones v3.73
B2/U4	1	ESC doble 5 A × 2	cara superior del ala izquierda E-04M
B3/U5	1	ESC 30 A + RS2205 2300 KV	ESC bajo ala derecha; motor de arma de serie
B4/U3	1	receptor FS2A 4CH	ala derecha, 3,3 V
B5/BT1	1	GNB LiHV 2S 300 mAh	bahía de suelo a través de la PCB
B6/SW1	1	SS12D10 SPDT de modo	asiento del frame; latiguillo J3
B7/U2	1	RP2040-Zero	castellados del ala izquierda
B9/R1-R3	3	10 kΩ 0805	pull-down S08-S10
A1	1	Raspberry Pi Zero 2 W sin cabecera	4 × M2,5 compartidos con PCB
A2	1	cámara OV5647	tapa derecha/óptica v3.73
A4/U1	1	reductor MP2315 5 V, 3 A	cara inferior; **ajustar a 5,00 V**
A5	1	espejo de vidrio 10 × 10 mm	`aivis4-optic`

ref	cantidad	elemento	montaje v4
PCB	1	E-04M v4.0, FR-4 1,6 mm, 4 capas	portadora inferior

La batería y potencia se unen mediante mazo de silicona directo. E-04M lleva la toma post-corte, 5 V, 3,3 V y señales; no conduce ramas N20 ni fases U/V/W.

Piezas impresas instaladas

Masas a 1,24 g/cm³ sobre los STL cerrados; no sustituyen un pesaje de piezas laminadas.

STL	uds	masa CAD/ud
`cb-frame-aivis4`	1	77,78 g
`upright-motor-aivis4`	1	28,08 g
`upright-bearing-aivis4`	1	32,18 g
`aivis4-lid-center`	1	5,94 g
`aivis4-lid-left`	1	7,50 g
`aivis4-lid-right`	1	7,10 g
`aivis4-optic`	1	3,15 g
`cb-armor-left` / `-right`	1 + 1	30,80 g cada una
`cb-fork-wedgelet-left` / `-right`	1 + 1	16,23 g cada una
`asym-spinner-rtsky-f105`	1	84,21 g
`wheel`	2	3,90 g cada una

`wheel-installation-spacer-tool` es herramienta, no se instala. No se imprimen `aivis2-deck` ni `aivis2-techo`.

Tornillería y consumibles

cantidad	elemento	función
4	ISO 4762 M2×8 + DIN 934 M2	cámara/óptica v3.73
4	M2,5×8 + DIN 934 M2,5 + separador 1,5	Pi + E-04M compartidos
2	M2,5×6 + DIN 934 M2,5	alas de E-04M
1	M3×6 + DIN 934 M3	cierre trasero de tapa central
1	M3 original ForceKnight	cierre frontal de tapa central
2	M3×16	armor-montantes
2	M3×20 + DIN 934 M3	pivotes fork-wedgelet
2	brida 2,5 mm + VHB/espuma cerrada	U4 y U5 sobre las alas
—	cable silicona de potencia + hilo flexible de señal	mazo exterior y seis latiguillos A1

Balance de referencia: 466,2 g de v3.73 + 6,81 g de delta nominal = **473,0 g estimados**. Reservar 4 g para cobre, bridas y tornillería real: presupuesto ≤477 g y margen ≥23 g al techo de 500 g.



CAPÍTULO 1

Montaje

Del ForceKnight a v4: las piezas, la portadora E-04M abajo, la Pi central y la tapa plana.

Montaje: del ForceKnight a v4

v4.0 parte de la geometría cerrada de v3.73 y cambia su arquitectura central. La Raspberry Pi Zero 2 W deja la cama elevada y baja a la zona inferior, compartiendo seis apoyos con una portadora **E-04M**; sobre el corredor vuelve una **tapa central plana** derivada de la pieza original de ForceKnight. La cámara, las tapas laterales, las ruedas, el arma y los frentes se conservan de v3.73 sin tocar.

Este manual describe cómo se construye, en el orden que la geometría admite. La regla de fondo no cambia: **la fuente es el `.md` y el sólido; el PDF no se edita**. Y el montaje es una comprobación, no una exploración: cada paso tiene su holgura medida y su puerta de banco.

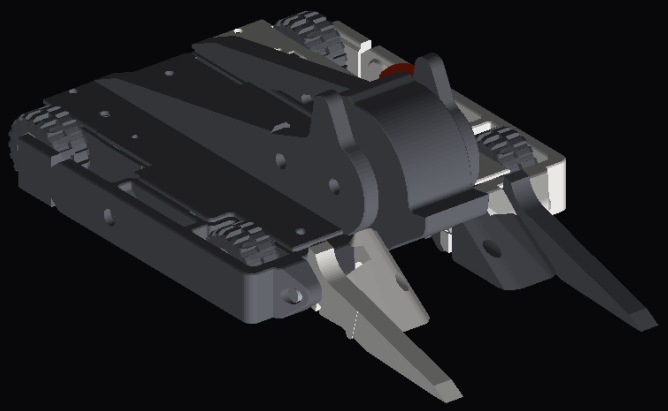


Figura 1. v4.0 montado: la portadora y la Pi viven abajo; la tapa central plana cierra el corredor.

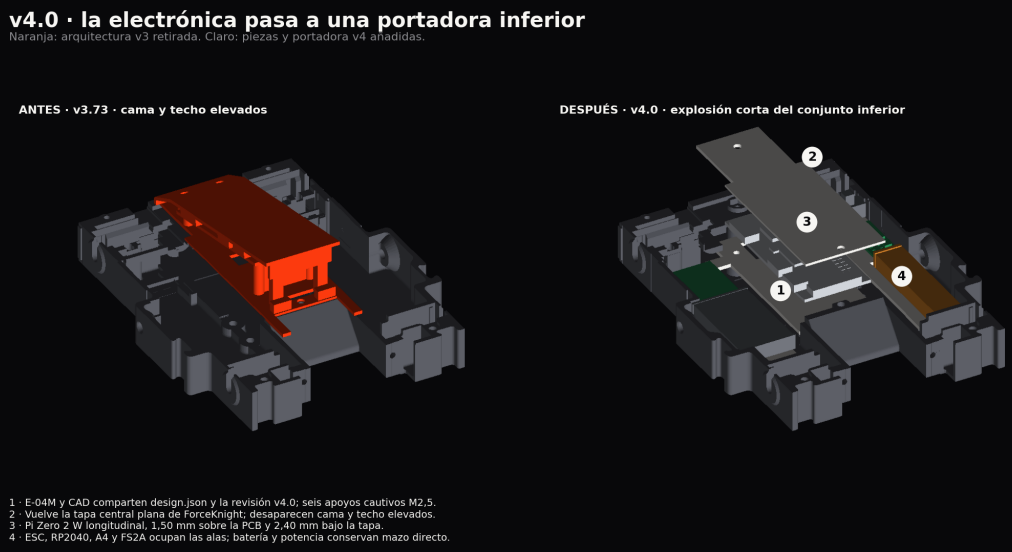


Figura 2. Antes y después, numerado: qué cambia de v3.73 a v4.0.

0 · Antes de empezar: qué vas a construir, y las reglas

- **CAD y electrónica comparten revisión.** La fuente común es `../design.json`: contorno, Z de la placa, taladros, posiciones de módulos y cierres. `aivis4.py` y `build_v4_pcb.py` abortan si esa revisión no coincide con la base v3.73 o con E-04M.
- **Dos dominios eléctricos.** La potencia (batería, ESC, motores, fases) va por mazo de silicona directo; la lógica (5 V, 3,3 V, señales) por la placa. El detalle está en `interoperabilidad-pi-esc.md`.
- **La portadora se prueba fuera del robot.** Se suelda, se comprueba y se ajusta el A4 a **5,00 V** antes de presentar Pi o RP2040; sólo entonces baja entera al chasis.



Figura 3. La secuencia de montaje, explosionada: las tapas suben, la portadora con la Pi y la batería bajan bajo el frame.

1 · Imprimir las piezas

Sólo cuatro piezas cambian respecto a v3.73; el resto se copian o regeneran de la base sin alteración. Las masas son CAD a 1,24 g/cm³ sobre STL cerrados y no sustituyen un pesaje de piezas laminadas.

Piezas nuevas o modificadas de v4:

STL	qué cambia
`cb-frame-aivis4`	el chasis, con la ranura del FFC en el montante motor y los nidos de las seis tuercas
`upright-motor-aivis4`	montante motor con la ranura local del FFC (9 × 18 × 2,4 mm)
`aivis4-lid-center`	la tapa central plana, con el cierre trasero movido a Y = 126
`E-04M` v4.0	la portadora, FR-4 de 1,6 mm y cuatro capas (no se imprime; se fabrica)

`upright-bearing-aivis4` se publica con nombre v4 pero **su geometría es idéntica** a la de v3.73. Tapas laterales, óptica, armor, forks-wedgelets, ruedas y arma se copian de v3.73.

Piezas heredadas que se imprimen igual: `aivis4-lid-left`, `aivis4-lid-right`, `aivis4-optic`, `cb-armor-left/-right`, `cb-fork-wedgelet-left/-right`, `asym-spinner-rtsky-`

`f105`, `wheel` (× 2). La lista completa con masas está en `../bom/bom.md`.

> **No se imprimen `aivis2-deck` ni `aivis2-techo`.** La cama y el techo elevados de v3.73 desaparecen en v4: los sustituye la tapa central plana.

2 · Herramientas y bolsas de herrajes

Prepara las tuercas y tornillos por subconjunto antes de empezar; así no se fuerza una rosca buscando el herraje que falta. La tornillería completa está en `../bom/bom.md`.

bolsa	contenido	destino
A · portadora	6 × DIN 934 M2,5 + 4 × M2,5×8 + 2 × M2,5×6 + 4 separadores de 1,5	E-04M + Pi
B · tapas	1 × M3×6 + DIN 934 M3 (cierre trasero) + el M3 original de ForceKnight (cierre frontal)	tapa central
C · cámara	4 × ISO 4762 M2×8 + 4 × DIN 934 M2	cámara / óptica v3.73
D · heredado	2 × M3×16 (armor), 2 × M3×20 + DIN 934 M3 (pivotes), tornillos y tuercas de tapas laterales y ruedas	interfaces del ForceKnight
— · consumibles	2 × brida de 2,5 mm + VHB / espuma cerrada; cable de silicona de potencia; hilo flexible de señal	U4 y U5, mazo exterior y latiguillos de la Pi

3 · La portadora E-04M, primero y fuera del robot

La portadora soldada entra antes que los montantes. Se puebla y se prueba completa en el banco:

1. Suelda los módulos en su cara (capítulo del pinout en `interoperabilidad-pi-esc.md`): RP2040 y ESC doble en el ala izquierda; FS2A y ESC de arma en la derecha; A4 en la cara inferior.
2. **Ajusta el A4 a 5,00 V** con fuente limitada y sin la Pi. Es la puerta que protege todo lo demás: un MP2315 sin configurar entrega la tensión del pack.
3. Comprueba RP2040, luego FS2A a 3,3 V, y sólo entonces conecta la Pi por sus seis latiguillos.
4. Los seis hilos de J8 se tienden paralelos en el hueco de 1,5 mm, sin cruzarlos, antes de fijar los separadores.

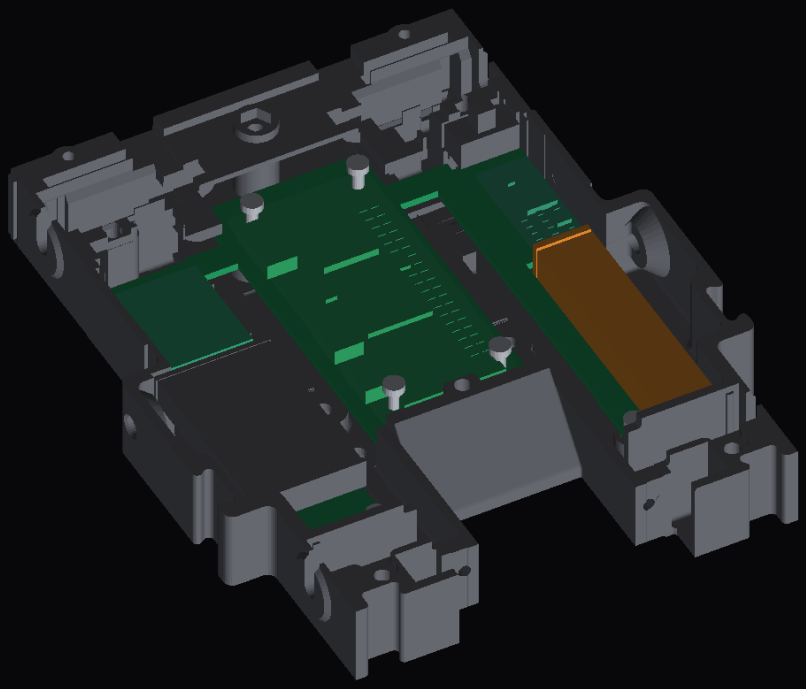


Figura 4. La portadora poblada, lista para bajar al chasis.

4 · La ruta de montaje

La geometría admite este orden, y el verificador lo barre entero: 15 poses de la portadora, 62 de los montantes, 21 de la batería, 25 de la tapa central y 17 de cada tapa lateral. El peor solape medido es **0,0000 mm³**.

Paso 1 · Las seis tuercas. Introduce las seis DIN 934 M2,5 en los nidos del frame (cuatro bajo la Pi, dos en las alas). Van primero: después no hay acceso.

Paso 2 · La portadora probada. Con E-04M ya soldada, comprobada y con el A4 en 5,00 V (capítulo 3), preséntala sobre el frame **sin los montantes puestos**. Baja vertical: la entrada libre es de 0,2 mm por lado y el techo de bajada está en Z = −15,5.

Paso 3 · Bajar el conjunto. Baja la portadora con la Pi y los cinco módulos (U1–U5) montados, en bloque, hasta sus seis hombros a Z = −28,00.

Paso 4 · Atornillar. Cuatro M2,5×8 atraviesan Pi, separador de 1,5 mm y placa, y muerden las tuercas del Paso 1; dos M2,5×6 fijan las alas. Aprieta en cruz **sólo hasta inmovilizar** —son fijaciones de posición— y no flexes la placa. Quedan 2,40 mm de aire hasta la tapa.

> Los M2,5 muerden **tuercas metálicas**, no torretas de PLA: no se repite el fallo de v3 con los tornillos largos que partían los postes. Aun así, usa los largos de la bolsa (M2,5×8 en la Pi, M2,5×6 en las alas), no otros.

Paso 5 · Los montantes. Baja los dos montantes. El derecho — `upright-motor-aivis4` — incorpora la ranura local del FFC (9 × 18 × 2,4 mm en X = 21,5, Y = 60,4): por ahí pasa protegido el flex de la cámara. El resto de la cinemática es v3.73.

Paso 6 · La batería. Introduce la GNB 2S por su bahía de suelo, a través de la abertura de la portadora, y conecta el mazo **post-corte**. La batería se extrae verticalmente y **nunca queda**

soldada a E-04M.

Paso 7 · Las tapas. Desliza la tapa central plana por los carriles de ForceKnight y cierra el M3 trasero (Y = 126, fuera de la microSD) más el M3 frontal original. Las tapas laterales bajan después; **la derecha conserva cámara y óptica v3.73** sin cambios.

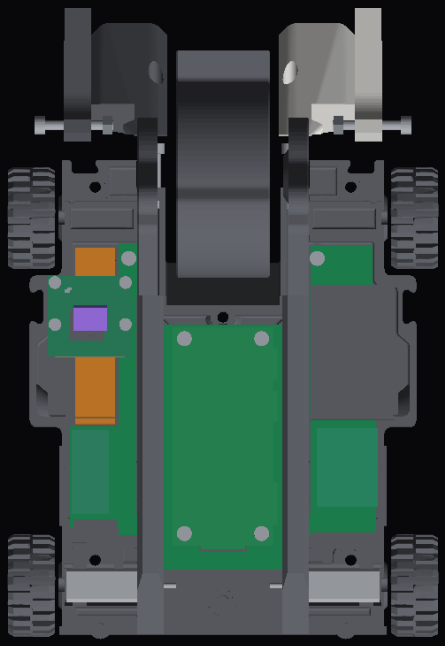


Figura 5. El resultado: E-04M en la planta inferior, la batería en su bahía extraíble.

5 · Tornillería: cada interfaz, su herraje

dónde	qué	rosca en
Pi + portadora (4 apoyos)	4 × **M2,5×8** + DIN 934 M2,5 + separador 1,5	tuerca metálica del nido del frame
alas de la portadora	2 × **M2,5×6** + DIN 934 M2,5	tuerca metálica del nido
cierre trasero de la tapa central	1 × **M3×6** + DIN 934 M3	Y = 126, fuera de la microSD
cierre frontal de la tapa central	1 × **M3 original ForceKnight**	la casa de serie del morro
armor a montantes	2 × **M3×16**	uno por costado; no es un eje transversal
pivotes fork-wedgelet	2 × **M3×20** + DIN 934 M3	el pivote de cada frente
cámara / óptica	4 × **ISO 4762 M2×8** + DIN 934 M2	tuercas en la cara inferior de la tapa derecha (v3.73)

El boss viejo de Y = 112 desaparece: interfería con la microSD, y el cierre de la tapa viaja a Y = 126.

6 · Pesar y verificar

La masa nominal del robot es **≈473,0 g (ESTIMACIÓN CAD)**: los 466,2 g de v3.73 más un delta de +6,81 g (retirar cama y techo, −14,88 g; añadir tapa plana, +5,94 g; E-04M en FR-4 con cobre estimado, +15,12 g; y ajustes menores del frame). El presupuesto conservador es **≤477 g** reservando 4 g para cobre real, bridas y tornillería no pesada, con **margen ≥23 g** al techo de 500 g.

Ese número **no es «verificado»**: falta fabricar la PCB, cortar el mazo definitivo y pesar la unidad completa en báscula antes de competir.

Puertas físicas que quedan, todas de banco: ajustar el A4 a 5,00 V, inspección óptica de la PCB, continuidad sin batería, encendido con fuente limitada, prueba de brownout con cámara y arma, y el pesaje real.

7 · Qué NO tocar

- **La cinemática de v3.73.** Montante de rodamiento, ruedas, arma, frentes y armor se conservan; sus herrajes se reutilizan en su agujero original.
- **La cámara y su óptica.** Viven en la tapa derecha con el montaje v3.73 ya probado; el FFC pasa por la ranura del montante motor.
- **El nombre de las piezas.** Un STL `aivis4-*` que ya no esté en la lista de piezas es de otra versión; no se mezclan.
- **La batería, nunca soldada.** Es de bahía extraíble; soldarla a la portadora rompe el criterio de mantenimiento y de seguridad.

Relacionado

- `interoperabilidad-pi-esc.md` — la electrónica de la portadora, su pinout y el banco.
- `../README.md` — por qué esta arquitectura.
- `historial.md` — las decisiones de v4.0, numeradas.



CAPÍTULO 2

Interoperabilidad y electrónica

La Pi y la radio conviven, la radio manda: E-04M, el pinout de soldadura y el banco.

Interoperabilidad: la Pi y la radio conviven, y la radio manda

Tres requisitos fijados por el usuario (2026-08-18) siguen gobernando v4.0: **cada cauce funciona solo** —Pi apagada, la radio pilota todo; radio desconectada, la Pi pilota todo—, **la radio siempre por encima** si ambas están activas, y **la Pi gobierna también el arma y su velocidad**. Los tres se cumplen con el «señalero»: un RP2040-Zero **soldado** que arbitra radio y Pi y genera las salidas de los ESC.

Lo que cambia en v4.0 no es el circuito, es su soporte. La topología funcional es la de E-01M —las mismas redes `S01`–`S14`, la misma estrella de masa, los mismos tres pull-downs—, pero deja de ser un mazo suelto y pasa a una **portadora de cuatro capas, la E-04M**, que baja al suelo del robot con la Pi. Este documento describe esa arquitectura, sus reglas eléctricas, el pinout de soldadura de la placa y la secuencia de banco. El contexto —por qué la radio manda, cómo se genera el PWM, el detalle del árbitro— vive en los apéndices.

> **Estado.** La topología hereda de v3.73 y está probada como esquema; la **placa** E-04M es nueva: ERC y DRC a cero, pero **sin fabricar ni poblar**. Todo lo que este documento marca `NO VERIFICABLE` o «puerta de banco» tiene su casilla en el capítulo 7. Nadie ha encendido esta placa todavía: existe para que el primer montaje sea una comprobación, no una exploración.

1 · El BOM de esta arquitectura: qué comprar

El circuito de mando no cambia respecto a v3.73: E-04M cambia el soporte y la interconexión, **no añade una segunda batería ni otro ESC**. La lista completa, con masas y montaje, está en `../bom/bom.md`. Lo eléctrico:

- **A1 · Raspberry Pi Zero 2 W** sin cabecera: el cerebro de visión y las órdenes automáticas.
- **B7/U2 · RP2040-Zero**: el señalero, castellado y soldado a la placa.
- **B4/U3 · receptor FS2A 4CH** a 3,3 V: entrega CH1–CH4 al señalero.
- **B2/U4 · ESC doble 5 A × 2** y **B3/U5 · ESC 30 A + RS2205**: los dos variadores; su potencia **no** pasa por la placa.
- **A4/U1 · reductor MP2315 5 V, 3 A**: la única fuente de `+5V_LOGIC`. Se **ajusta a 5,00 V antes de montarlo** (capítulo 5).
- **B6/SW1 · SS12D10**: selector de modo BANCO/COMPETICIÓN; informa, no corta potencia.
- **B9/R1–R3 · tres 10 kΩ 0805**: pull-down de `S08`–`S10`.
- **E-04M**: la portadora, FR-4 de 1,6 mm y cuatro capas.

2 · La arquitectura: el señalero y la portadora E-04M

El señalero es un RP2040-Zero que lee los cuatro canales del FS2A, decide quién manda y emite las señales de los dos ESC. La Pi le habla por sus tres BCM y por una línea de telemetría; la radio entra por los cuatro canales del receptor. La novedad de v4.0 es dónde vive todo eso: una sola placa.

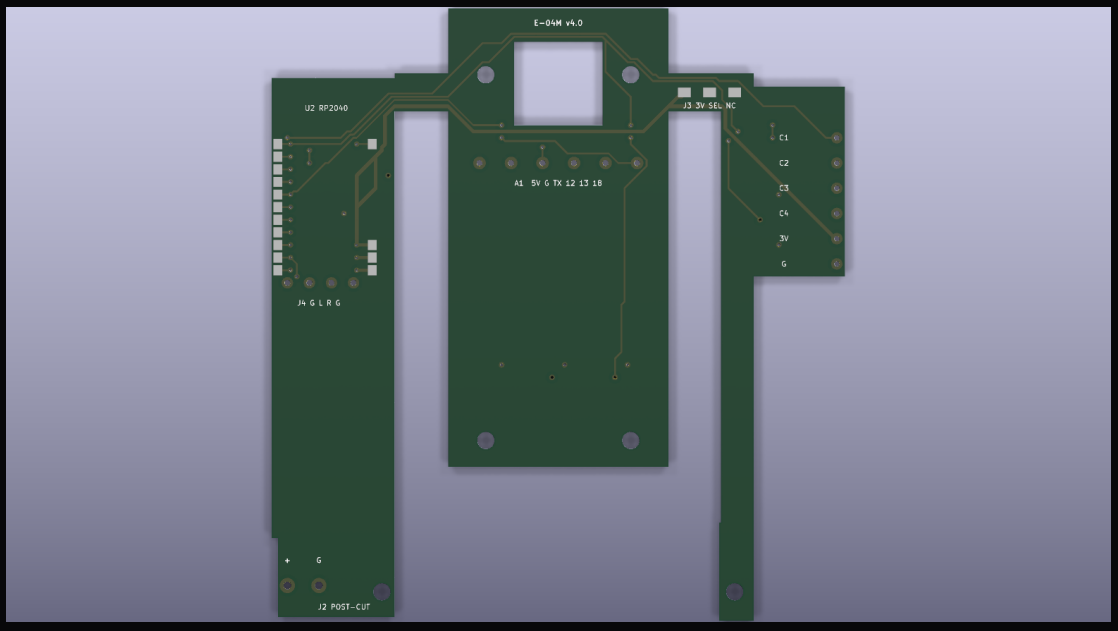


Figura 6. La cara superior de la E-04M: el ala izquierda lleva los pads del RP2040 (U2) y el mazo del ESC doble (J4), el centro los seis pads de la Pi (A1: 5V, G, TX, 12, 13, 18) con el hueco de la microSD, y el ala derecha los cuatro canales del receptor (C1–C4, 3V, G) y el selector (J3). J2 POST-CUT, en proa, toma la batería después del corte.

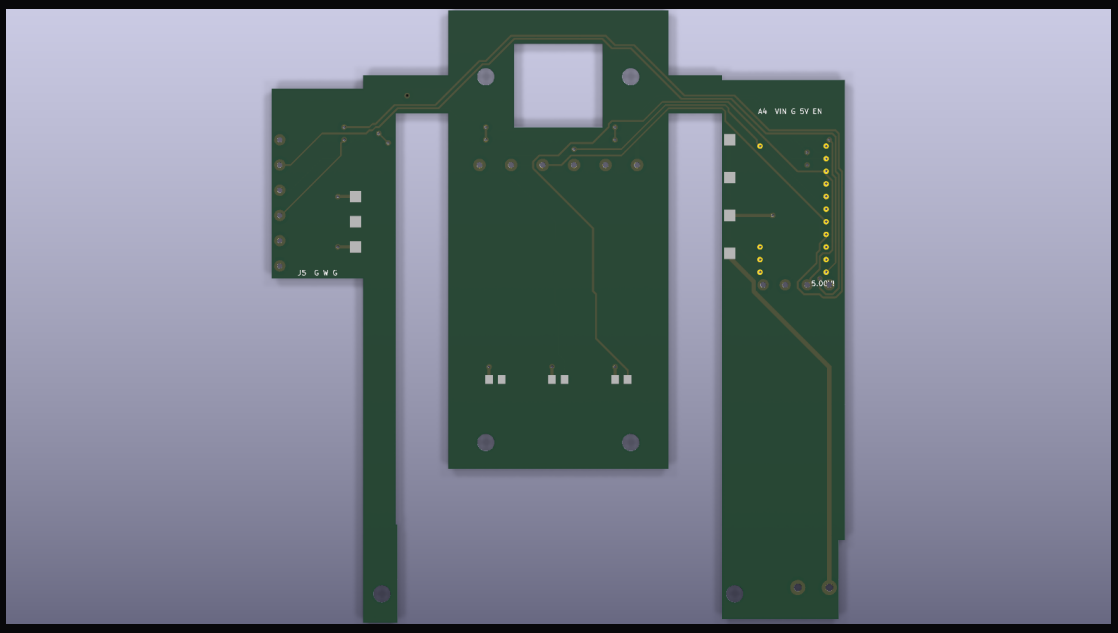


Figura 7. La cara inferior de la E-04M: cuelga sobre la bodega y aloja el A4 (U1) y el ESC de arma (U5), y deja pasar la batería por su abertura central.

El límite eléctrico: dos dominios que no se cruzan

La regla que define E-04M: **la placa no conduce la corriente de tracción ni la del arma**. El pack, el corte, los dos ESC, los cuatro N20 y las tres fases `U/V/W` del RS2205 siguen unidos por **cable de silicona directo**. La placa sólo toma alimentación *después del corte* para el A4, y conduce lógica. Sus cuellos de 5,5–6 mm nunca hacen de fusible del arma.

```
GNB 2S ── corte ──+── B2 ESC doble ── cuatro N20
                  +── B3 ESC 30 A ─── RS2205 U/V/W
                  +── J2 E-04M ── A4 5 V ── Pi + RP2040 ── FS2A 3,3 V
```

Son dos dominios: **potencia** (batería, ESC, motores, fases) por mazo externo; **lógica** (5 V, 3,3 V y señales) en la placa de cuatro capas. `In1.Cu` es un plano continuo de GND; `F.Cu`, `In2.Cu` y `B.Cu` reparten señales y `+5V_LOGIC`.

Dónde va cada módulo

Los módulos ocupan las alas de la placa; la Pi cruza el centro, longitudinal, a 1,5 mm sobre el FR-4 y con 2,40 mm de aire hasta la tapa. La batería atraviesa la abertura central y descansa en el suelo, extraíble, **nunca soldada**.

ref	módulo	cara	centro X / Y / Z (mm)	amarre
A1	Raspberry Pi Zero 2 W	superior	0 / 77 / −22,4	4 × M2,5×8 compartidos, separadores 1,5
U4	ESC doble B2	superior izq.	−38,5 / 52 / −21,7	espuma cerrada 1,5 + brida al ala
U2	RP2040-Zero	superior izq.	−37 / 86,2 / −23,4	castellados soldados
U1	A4 MP2315	inferior izq.	−37 / 86,2 / −31	cuatro puentes cortos; `EN` libre
U3	FS2A	superior der.	39,5 / 87,5 / −24,4	seis puentes; antena a popa
U5	ESC arma B3	inferior der.	39,5 / 87,5 / −30	VHB fino + brida 2,5 al ala
BT1	GNB 2S	atraviesa la PCB	38 / 47 / −27,8	bahía extraíble; jamás soldada
SW1	SS12D10	asiento del frame	37,95 / 104,95	latiguillo J3; no corta potencia

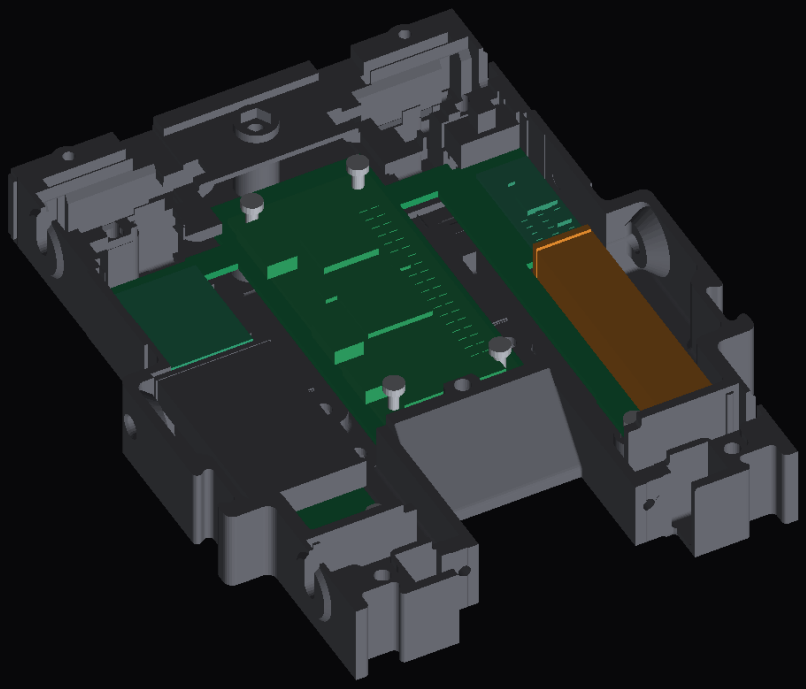


Figura 8. La portadora poblada, fuera del robot: los módulos en las alas y la Pi longitudinal en el centro. Se suelda y se prueba entera antes de bajar al chasis.

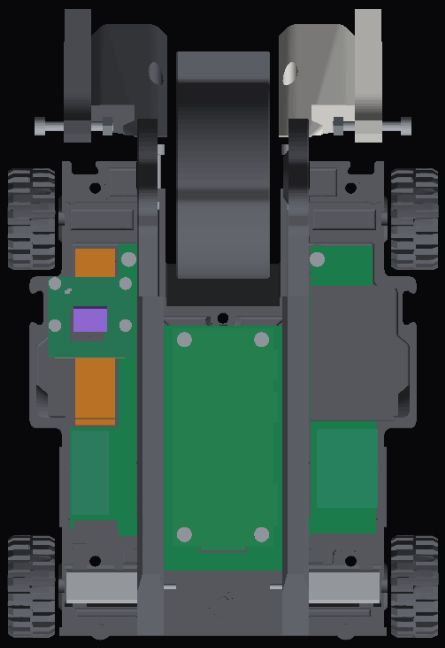


Figura 9. La E-04M ya montada en la bodega inferior del chasis, con la batería en su bahía de suelo.

3 · Las reglas eléctricas imprescindibles

Cuatro reglas se heredan de E-01M sin cambio, porque son del circuito, no del soporte:

1. **La masa es una estrella.** Cada retorno llega por su propio conductor al plano `In1.Cu`; ninguna masa de motor atraviesa la Pi. El par que alimenta el receptor (`+3V3_RF` y su GND) corre junto, en lazo mínimo.
2. **Tres 10 kΩ mantienen mudos los ESC durante el arranque.** `R1`, `R2` y `R3` van de `S08`, `S09` y `S10` a GND, **junto al punto de salida**. Son los únicos pasivos añadidos: no hay divisores ni resistencias serie.
3. **Los BEC de los ESC no alimentan la lógica.** El 5 V de ningún BEC se une al raíl `+5V_LOGIC`: el A4 es la única fuente. El positivo de cada BEC se extrae del conector y se encapucha.
4. **La potencia no pasa por la placa.** Repetido aquí porque es la regla que define E-04M: motores y fases van por cobre grueso de silicona, no por las pistas de la portadora.



Figura 10. La estrella de masa: cada retorno, un conductor propio a la barra; ninguna masa de motor cruza la lógica. La geometría es la de E-01M, y E-04M la resuelve con el plano `In1.Cu`.

4 · El pinout de soldadura

La numeración de redes es la del mazo: `S01`–`S14` para las señales y los raíles `+5V_LOGIC`, `+3V3_RF`, `VBAT`, `GND`. La Pi no lleva cabecera: seis hilos flexibles cortos se sueldan antes de fijar los separadores, tendidos paralelos en el hueco de 1,5 mm, sin cruzarlos.

Alimentación y Pi

punto	red	destino
J2.3 +	`VBAT` post-corte	U1.1 `VIN`
J2.4 G	`GND` post-corte	U1.2 y plano `In1`
U1.3	`+5V_LOGIC`	A1 pin físico 4 + U2 P1-23 / VSYS
U1.4	NC / `EN`	sin cobre; usa el pull-up del módulo
A1 pin 6	GND	plano `In1`
A1 pin 10 / BCM15 RXD	`S11`	U2 P1-13 / GP12 UART0 TX
A1 pin 32 / BCM12	`S05`	U2 P1-5 / GP4
A1 pin 33 / BCM13	`S06`	U2 P1-6 / GP5
A1 pin 12 / BCM18	`S07`	U2 P1-7 / GP6

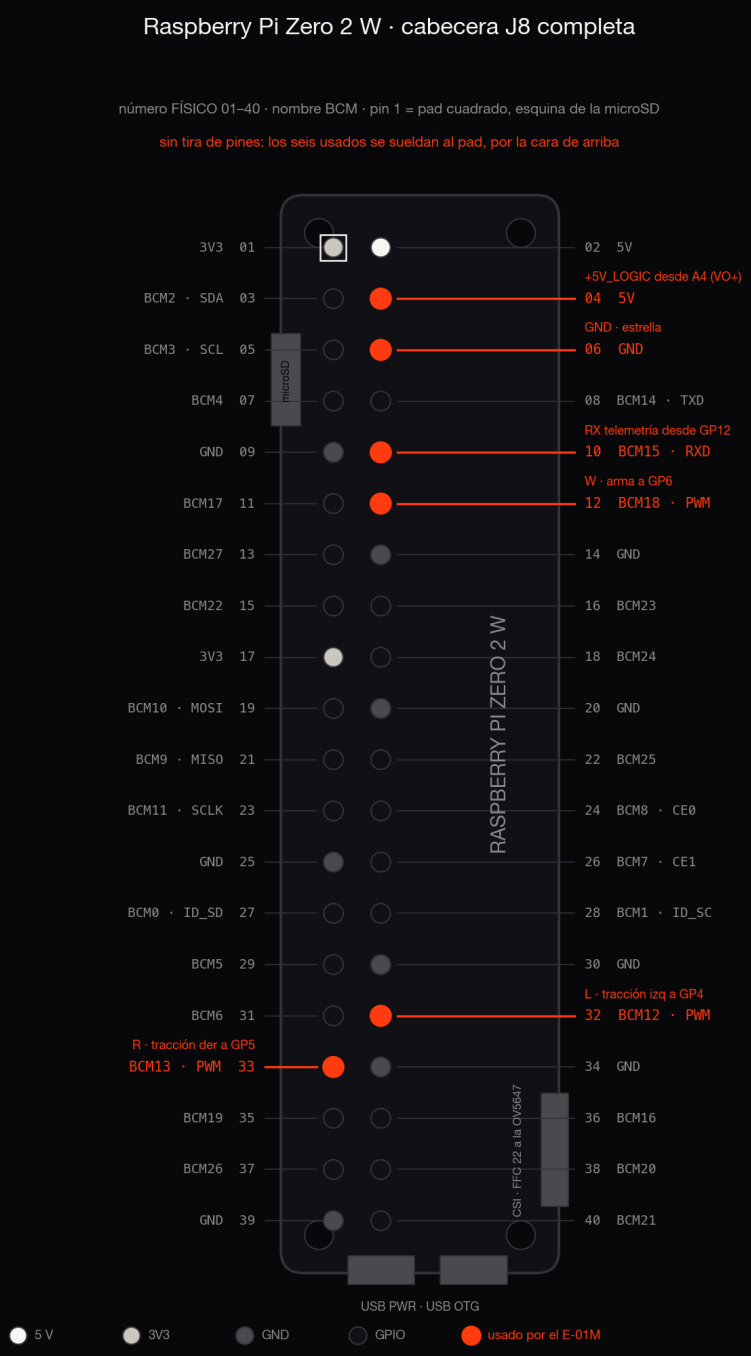


Figura 11. La Raspberry Pi Zero 2 W, en vista de componentes. Sólo se usan seis contactos de J8: alimentación (4, 6), telemetría (10) y los tres BCM (32/33/12). El resto no se cablea.

Radio, selector y ESC

punto E-04M	red	función · color del mazo
U3 S1	S01 a U2 P1-1 / GP0	CH1 tracción izq.; blanco
U3 S2	S02 a U2 P1-2 / GP1	CH2 tracción der.; amarillo

punto E-04M	red	función · color del mazo
U3 S3	S03 a U2 P1-3 / GP2	CH3 arma; gris
U3 S4	S04 a U2 P1-4 / GP3	CH4 selector; naranja
U3 V	+3V3_RF desde U2 P1-21	violeta
U3 G	GND / U2 P1-22	negro
J3.1 3V	+3V3_RF	exterior BANCO del SS12D10
J3.2 SEL	S14 a U2 P1-8 / GP7	COM del SS12D10; naranja
J3.3 NC	sin cobre	exterior COMPETICIÓN
J4.2 / J4.5	GND	masas de señal B2; negro
J4.3 L	S08 desde U2 P1-9 / GP8	señal B2 canal A; blanco
J4.4 R	S09 desde U2 P1-10 / GP9	señal B2 canal B; amarillo
J5.2 / J5.4	GND	masa de señal B3; negro
J5.3 W	S10 desde U2 P1-11 / GP10	mando B3; gris

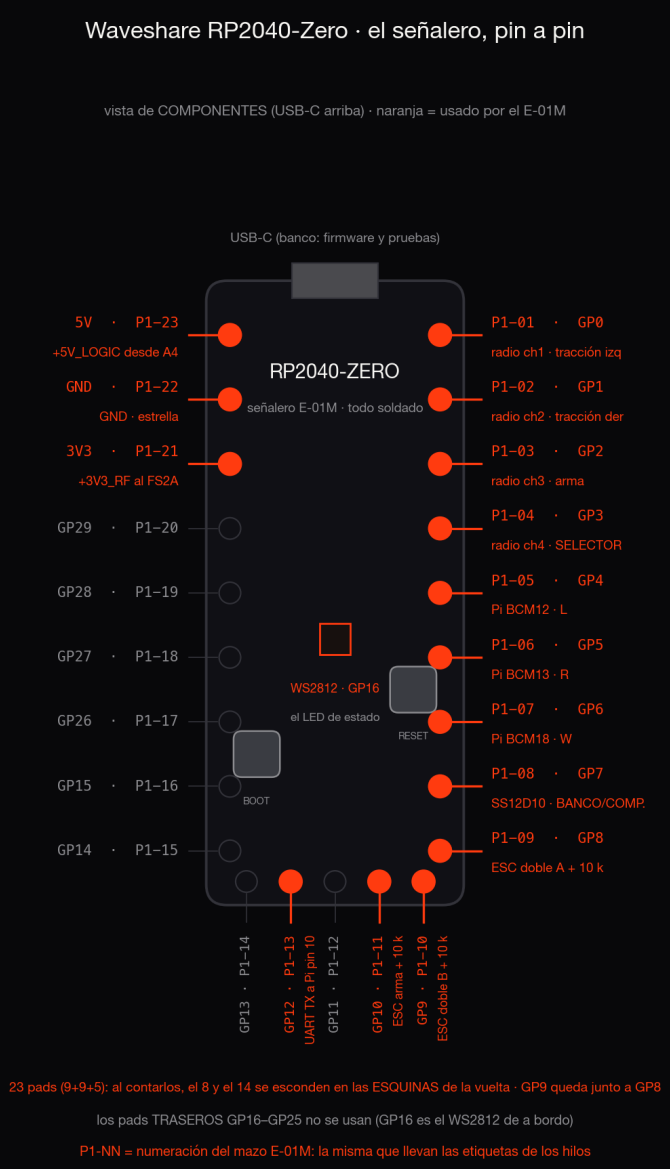


Figura 12. El RP2040-Zero, el señalero, pin a pin. Naranja = usado por el kit. El canto corto se lee del GP13 al GP9 de izquierda a derecha, con el GP9 pegado al GP8; las redes son las del mazo E-04M.

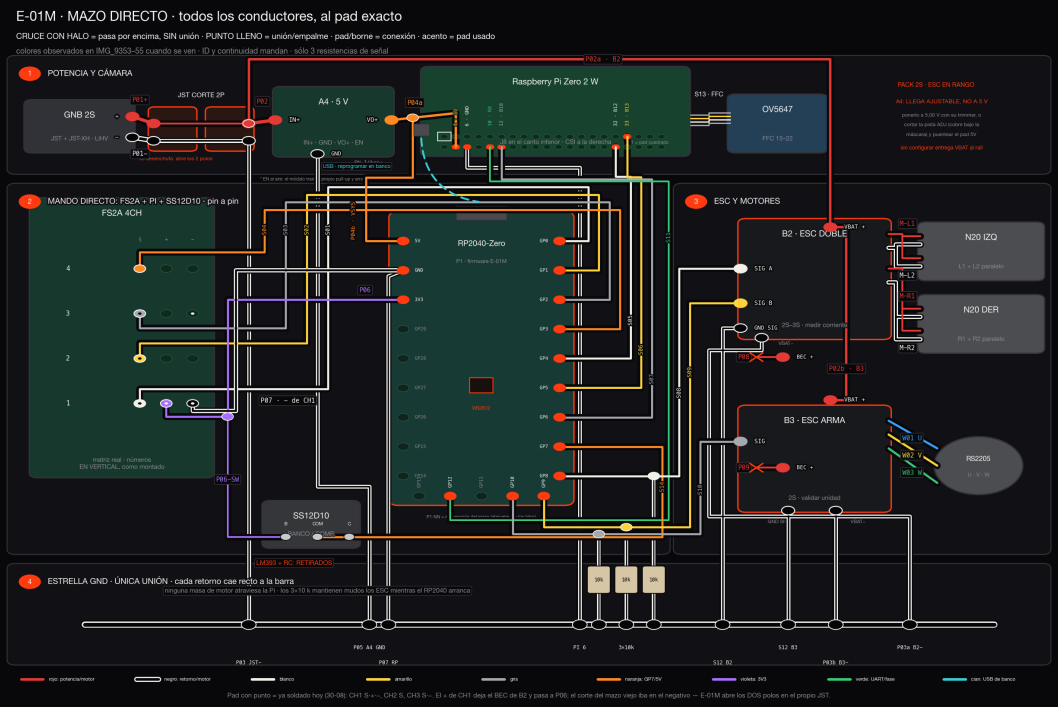


Figura 13. La topología lógica completa —común a E-01M y E-04M—: qué pad de qué módulo va a qué pin, con la estrella de masa abajo. E-04M la realiza en cuatro capas; el dibujo enseña las mismas redes.

5 · Configurar el A4 a 5,00 V — antes de conectar nada

El A4 del prototipo es un reductor sobre **MP2315** que **sale de fábrica en modo ajustable**: lleva un potenciómetro y, en la cara posterior, pads de salida fija (`1,8 · 2,5 · 3,3 · 5 · 9 · 12 V`). **Tal como llega no da 5 V.** Con el trimmer en el extremo de máxima salida, o con los pads sin configurar, la realimentación queda por debajo de la referencia del chip y el MP2315 se planta en su ciclo de trabajo máximo: **la salida sigue a la entrada** y el raíl de lógica recibe los 7,5–8,7 V del pack. El señalero, con su LDO, puede sobrevivir; la Pi, que exige 5 V de verdad, no arranca. **Es el peor modo de fallo de un reductor: no falla apagándose, falla poniendo la tensión del pack en el raíl de la lógica.**

Por eso la regla es dura: **no conectar Pi ni RP2040 hasta medir 5,00 V** entre la salida de U1 y GND. Dos formas de dejarlo en 5 V, y las dos acaban en la misma medida:

Opción 1 — con el potenciómetro. Alimenta `IN+/GND` con 9 o 12 V (es un buck: la entrada debe ser mayor que la salida), pon el polímetro en `VO+/GND` y gira despacio hasta 5,00 V. No toques los pads.

Opción 2 — selección fija. Corta la pista de `ADJ` —hay **cobre bajo la máscara**, no basta con quitar estaño— y puentea el pad `5V`. Verifica con el polímetro en continuidad, antes de dar tensión, que el `5V` pita y `ADJ` no.

El `EN` se deja al aire: el módulo trae su propio pull-up. Si `EN` estuviera bajo, la salida sería 0 V, nunca la tensión del pack.

6 · Lista de comprobación de banco

La placa se puebla y se prueba **fuera del robot**, en este orden, y no se sube al chasis hasta pasarlo entero:

1. **Antes de poblar:** inspección visual del Gerber; continuidad del plano GND; ausencia de corto `VBAT–GND` y `+5V_LOGIC–GND`.
2. **A4 a 5,00 V** con fuente limitada y **sin la Pi** (capítulo 5).
3. Poblar y probar **el RP2040**; luego **el FS2A** a 3,3 V.
4. Conectar **la Pi** y comprobar los seis hilos de J8.
5. **Los ESC, sin motores**, verificando que arrancan mudos (los 10 kΩ).
6. **Sólo al final**, el mazo de potencia completo, con motores y arma.

7 · Lo que NO está verificado

tema	qué falta
A4 a 5,00 V	ajustar la unidad real y medir 5,00 V en vacío y bajo el arranque de la Pi
E-04M fabricada	está en Gerber (ERC/DRC a cero), pero sin fabricar, inspeccionar ni poblar
continuidad sin batería	plano GND y ausencia de cortos, medidos en la placa física
brownout	encendido con fuente limitada, y con cámara y arma pidiendo pico
FS2A a 3,3 V	validar enlace, failsafe y operación a esa tensión
corriente de bloqueo de los N20	medir; el B2 debe aguantarla sin recorte
B3 a 2S	confirmar en la unidad que el ESC de arma admite 2S

Apéndice A · Quién manda: el árbitro y el selector

Con pulsos de radio válidos, el canal CH4 (`S04`, a GP3) elige entre piloto y Pi: es el **SEL**. Sin radio, el árbitro cae del lado de la Pi. El selector `SS12D10` informa por `S14` (GP7) del modo de banco: en **BANCO**, el señalero puede copiar a la Pi; en **COMPETICIÓN**, aplica la política de seguridad. Es un respaldo por hardware del criterio que ya toma el firmware, y por eso `GP7` lleva pull-down: sin selector conectado, el modo por defecto es el seguro.

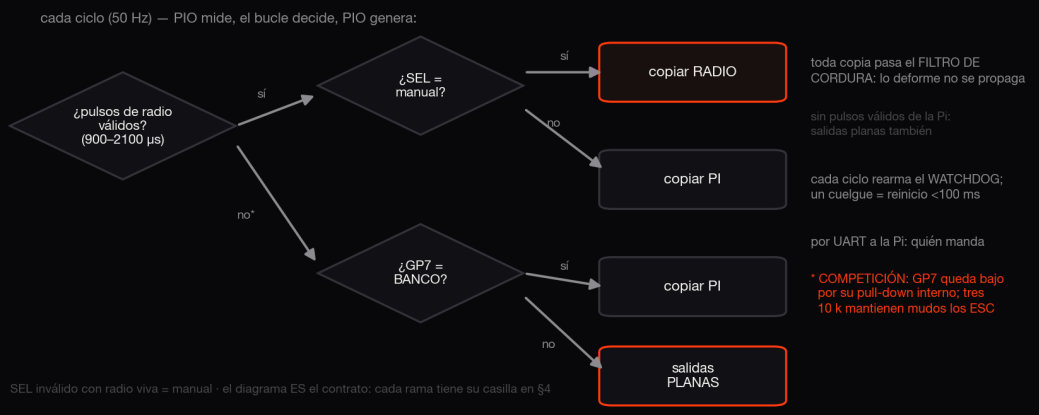


Figura 14. La lógica del señalero: cómo se combinan radio, Pi y selector para decidir quién gobierna tracción y arma.

Apéndice B · Relación con E-01M

E-04M **no** es un circuito nuevo: es la placa fabricable de la topología E-01M. La placa anterior de E-01M no tenía pistas y arrastraba 309 violaciones DRC, 35 pads abiertos y 49 discrepancias con el esquema. E-04M se deriva de esa topología, explicita qué pertenece al mazo de potencia y termina en 0/0/0: 49 pads, 344 segmentos, 39 vías, ERC y DRC a cero. El paquete de fabricación —cuatro cobres, dos máscaras, dos serigrafías, `Edge.Cuts`, PTH y NPTH— está en `../electronics/fabrication/`.

Relacionado

- `../electronics/README.md` — la ficha de E-04M y su pinout, fuente de este capítulo.
- `../README.md` — por qué esta arquitectura.
- `montaje.md` — cómo se baja la portadora al chasis.

Apéndice · La ficha de versión y su balance

campo	valor
versión mecánica	**v4.0**
revisión PCB	**E-04M · v4.0**
base congelada	v3.73 (`aivis2.py`)
datum común	`v4/design.json`
Pi Zero 2 W	centro (0, 77, -22,4) mm; separador 1,5 mm
portadora	FR-4 1,6 mm; cara inferior Z=-28,0; cuatro capas
holgura Pi-tapa	**2,40 mm medida**
masa nominal de robot	**≈473,0 g ESTIMACIÓN CAD**
presupuesto conservador	**≤477 g** con 4 g para cobre real, bridas y tornillería no pesada
margen conservador a 500 g	**≥23 g**; confirmar en báscula antes de competir

Balance frente a v3.73

cambio	masa calculada
frame v4 menos frame v3.73	+0,89 g
ranura FFC en montante motor	-0,26 g
retirar `aivis2-deck` + `aivis2-techo`	-14,88 g
añadir tapa central plana	+5,94 g
E-04M, FR-4 + cobre estimado	+15,12 g
delta nominal	**+6,81 g**

La masa base de v3.73 era 466,2 g. El resultado de 473,0 g no se denomina «verificado»: falta fabricar la PCB, cortar el mazo definitivo y pesar la unidad completa.

Estado de validación

- 0 errores y 0 avisos ERC.
- 0 infracciones DRC, 0 pads abiertos y 0 errores de paridad esquema/PCB.
- siete piezas v4 y los catorce STL publicados: un cuerpo cerrado cada uno.
- electrónica, estructura y módulos entre sí: 0,0000 mm³ de intersección.
- seis hombros de PCB a Z=-28,00 mm; pared mínima de boss 0,94 mm.
- cámara, tapas laterales, ruedas, arma y frentes conservan v3.73.

Quedan como puertas físicas: ajustar A4 a 5,00 V, inspección óptica de la PCB, continuidad sin batería, encendido con fuente limitada, prueba de brownout con cámara y arma, y pesaje real.

Historial del kit v4

v4.0 · 2026-09-04

Primera revisión mayor derivada de v3.73. Se retira la arquitectura AIVIS-2 elevada (`aivis2-deck` y `aivis2-techo`) y se recupera una tapa central plana tipo ForceKnight. La Pi pasa a la bodega inferior: baja 18,07 mm, avanza 7,21 mm y comparte cuatro amarres M2,5 con la nueva portadora E-04M.

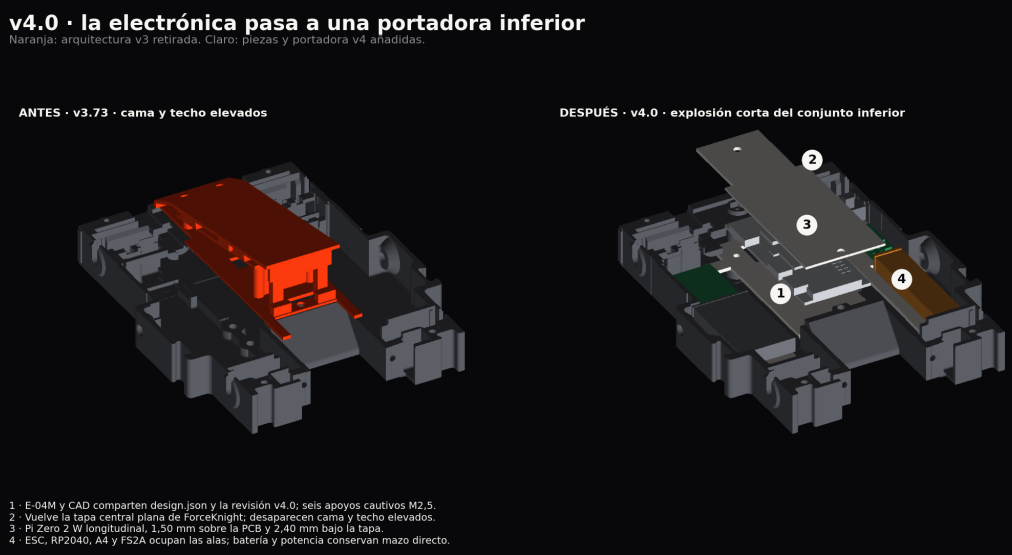


Figura 15. Antes/después numerado de v4.0.

1. E-04M y CAD comparten `design.json`, seis taladros y la revisión v4.0.
2. Una tapa plana sustituye la cama y el techo elevados.
3. La Pi queda longitudinal, 1,5 mm sobre FR-4 y con 2,40 mm hasta la tapa.
4. ESC doble y A4/RP2040 viven en el ala izquierda; FS2A y ESC de arma en la derecha; la batería cruza la placa y descansa protegida en el suelo.

Decisión eléctrica

El esquema funcional E-01M se conserva como topología, pero su placa anterior no era fabricable: no tenía pistas y presentaba 309 violaciones DRC, 35 pads abiertos y 49 discrepancias con el esquema. E-04M se deriva de esa topología, explicita qué pertenece al mazo de potencia y termina con 0/0/0. Es una placa de lógica de cuatro capas; VBAT de potencia, motores y fases no atraviesan sus cuellos de 5,5-6 mm.

Decisión mecánica

La portadora soldada entra antes que los montantes. Después bajan los montantes, la batería y las tapas. El boss viejo de Y=112 interfería con la microSD: desaparece y el cierre de la tapa viaja a Y=126. El montante motor recibe sólo una ranura local de 9 × 18 × 2,4 mm para el FFC; el resto de los uprights y toda la cinemática v3.73 se mantienen.

Piezas que cambian respecto a v3.73

- `cb-frame-aivis4`
- `upright-motor-aivis4`
- `aivis4-lid-center`
- E-04M v4.0

`upright-bearing-aivis4` se publica con nombre v4 pero su geometría es idéntica. Tapas laterales, óptica, armor, forks-wedgelets, ruedas y arma se copian o regeneran desde v3.73 sin alteración.

Los descartes de 110,44 mm³ del chasis extendido y 0,95 mm³ de la cola de tapa son heredados y ya estaban anotados en v3; v4 no añade ningún cuerpo suelto.