Soldar bien, una sola vez

Guía de banco · PCB E-04M v4.17 / máscara corregida r1
COMBATBOTS AI · 24 de septiembre de 2026

El orden está pensado para tener acceso al soldador, hacer pocas vueltas de placa y detectar errores **antes de conectar la Pi**. Monta la portadora fuera del chasis. Las referencias U1, R4, etc. son las de esta PCB, no las de los manuales antiguos de v3/v4.0.

Orden rápido para dejar junto al soldador

Orden	Qué hacer	Página
0	Separar componentes, medir valores y presentar todo en seco	1–2
1	Puente aislado **W1**, antes de taparlo con el ESC	3
2	**R1–R8** y **C2/C3**, las piezas más bajas	3
3	**SW1**, por la cara inferior	3
4	**Q3/Q4** tumbados, con sus dos separadores aislantes	4
5	Headers extraíbles de **Pi y RP2040**	5
6	Conexiones de **A4 y FS2A**, tras comprobar su altura	6
7	Chicotes de **JBAT1/JBAL1**, sin conectar la batería	7
8	Inspección y prueba de **5 V / 3,3 V**, todavía sin ESC	8
9	Sin alimentación: cables de **ESC y motores**	9
10	Revisión final y montaje mecánico en frío	10

> **Antes de tocar el soldador:** desconecta descarga RCY, balance XH y cualquier USB/fuente. Poner SW1 en OFF **no aísla completamente** la placa. No conectes la batería ni el motor del tambor durante estas operaciones.

Preparación que ahorra retrabajo

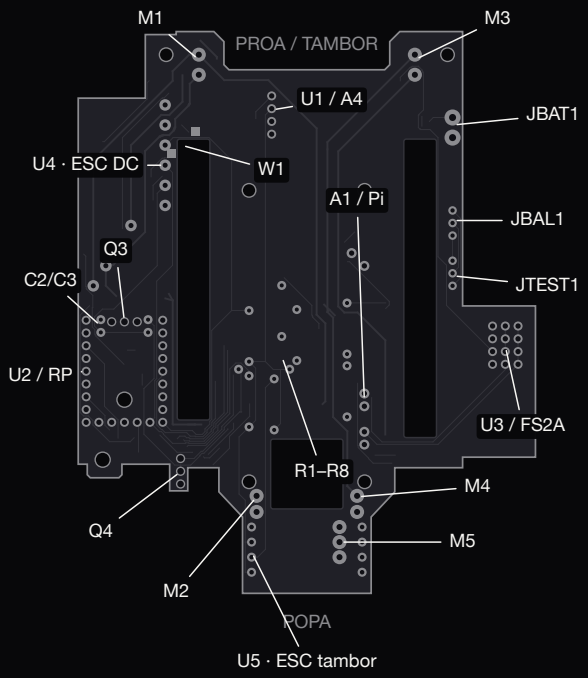
- Estación regulada, punta de cincel adecuada al pad, estaño para electrónica, flux electrónico, malla desoldadora, soporte, pinzas, alicate de corte y lupa. Multímetro con puntas finas; calibre para headers. Extracción de humos y gafas.
- Clasifica y mide las resistencias **antes** de insertarlas. Prepara termorretráctil antes de soldar los cables; corta las tiras de header fuera de las placas.
- Presenta PCB, interruptor, zócalos y cables en el chasis **sin energía**. Marca rutas y longitudes reales; retira la PCB para soldar. No cortes cables al mínimo a partir de una imagen del visor.
- Para cada grupo: **presentar, puntear, comprobar asiento, terminar, inspeccionar**. Calienta pad y terminal juntos. Si el estaño no moja, revisa flux y contacto térmico; no lo compenses con calor prolongado ni fuerza.

Alcance: guía del montaje eléctrico, no certificación física del robot ni autorización de ensayo del arma. No modifica PCB, circuito ni piezas impresas.

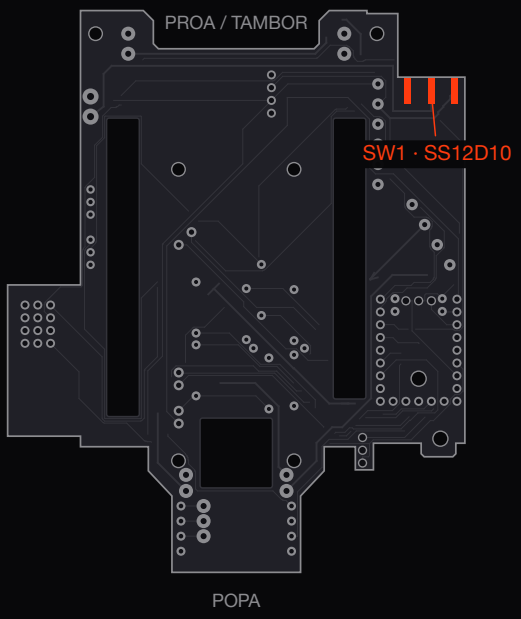
Dónde está cada cosa

Las figuras usan el contorno y los pads del archivo KiCad real. **Proa/tambor arriba** en ambas vistas; al mirar la cara inferior se invierten izquierda y derecha. Son mapas de localización, no plantillas a escala para taladrar.

CARA SUPERIOR · componentes



CARA INFERIOR · soldaduras



Vista inferior: mapa espejado.

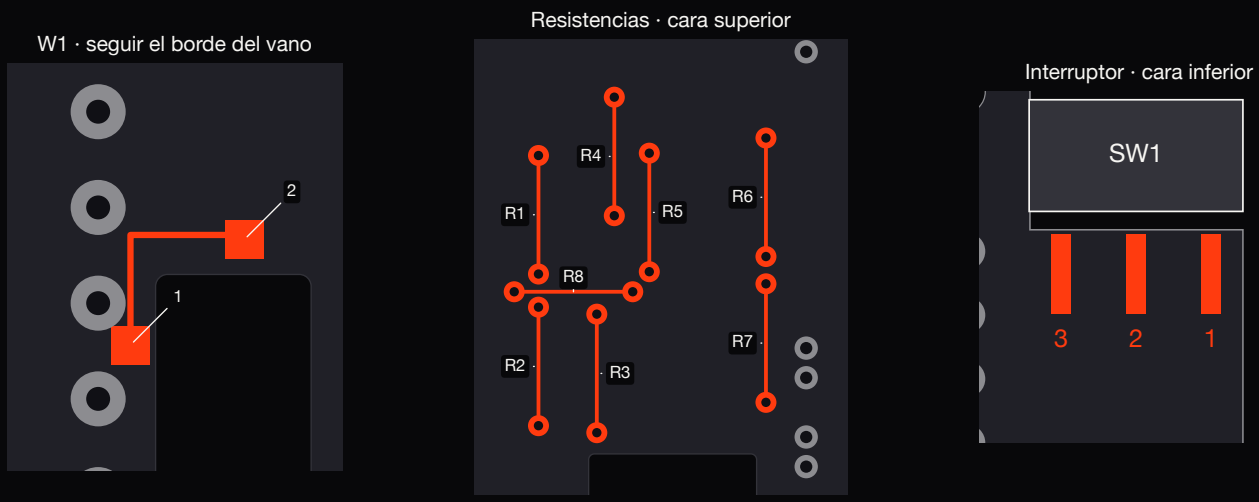
Referencia	Qué representa
A1 · U2	Raspberry Pi Zero 2 W · RP2040-Zero
U1 / A4 · U3	Reductor a 5 V · receptor FS2A
U4 · U5	ESC doble de tracción · ESC del tambor
M1/M2 · M3/M4	Motores delantero/trasero izquierdos · derechos
M5	Salida de tres fases hacia el motor del tambor
JBAT1 · JBAL1 · JTEST1	Descarga · balance/medida · puntos de prueba

Cómo reconocer la placa correcta

Dos capas, 1,6 mm, ocho taladros mecánicos y tres ventanas interiores. El ZIP de fabricación es **E-04M-v4.17-maskfix-r1-gerbers.zip**. La corrección de máscara no cambia el pinout: hay aperturas de soldadura en ambas caras de los **108 pads pasantes**. Si un anillo de conexión viene tapado por barniz, para y fotografía la placa; no rasques ni taladres como solución improvisada.

Los agujeros de fijación **no se sueldan**. Los pequeños puntos de cobre de una vía no son una invitación a añadir cables. Los únicos puentes y conexiones de montaje son los indicados en esta guía. **No se montan Pololu/U6, D1, D2, C1 ni JP1**, retirados del diseño; no recuperes la lista de una versión antigua.

1–3 / Empezar por lo bajo



1. W1: el puente que luego queda oculto

Suelda **W1.1 con W1.2** en la cara superior: un hilo de señal **aislado**, diámetro exterior máximo 1 mm. Empieza con unos 15 mm y ajusta a la ruta dibujada; desnuda sólo sus extremos. Bordea la parte delantera del vano del montante: **no cruces la ventana por el aire** ni dejes hilo desnudo sobre las pistas. Sujeta sin tensión y comprueba continuidad entre sus extremos. Sin W1, CH4 del receptor no llega al RP. No es un refuerzo de potencia.

2. Resistencias y condensadores

Referencias	Cantidad	Valor a montar	Detalle
R1, R2, R3, R8	4	**10 kΩ, 1 %, ¼ W**	Axial, paso 10,16 mm
R4, R6	2	**33 kΩ, 0,1 %, ¼ W**	No usar los 6,8 kΩ antiguos
R5, R7	2	**1 kΩ, 0,1 %, ¼ W**	Precisión de la medida de batería
C2, C3	2	**22 nF, 50 V, C0G**, radial	Paso 2,54 mm; sin polaridad

Suelda las resistencias por grupos de valor, acostadas. En **R8**, desplaza su cuerpo unos **0,8 mm hacia la derecha de la vista superior**, formando las patas, para separarlo de R2; los agujeros no se cambian. Añade C2/C3 en sus dos huellas junto a Q3: si llevan código de tres cifras, **223 = 22 nF**, no 220. Ninguna de estas diez piezas tiene polaridad.

3. SW1: ahora dar la vuelta a la placa

Presenta el SS12D10 en su asiento inferior, con el mando hacia la abertura del suelo. **Puntea un terminal y prueba el recorrido en frío**; retira del chasis antes de acabar las tres soldaduras en sus pads alargados inferiores.

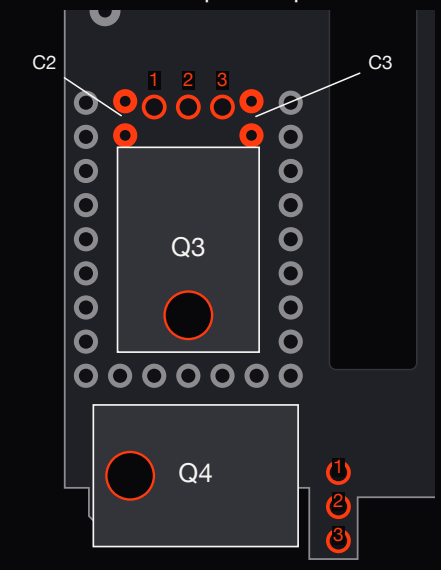
Terminal	Red / función
1	GND del robot
2	Negativo de batería, común: BAT_NEG_RAW
3	Sin red; se suelda para sujeción, no se añade ningún puente

ON une 1–2; OFF une 2–3. Verifica el contacto con el multímetro, sin energía, antes de colocar módulos. No deduzcas ON por la posición visual del cursor.

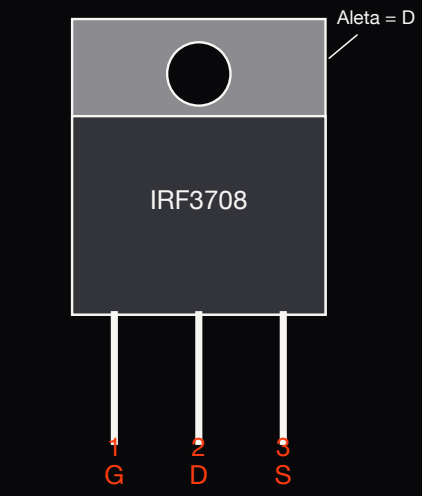
4 / Q3 y Q4, antes de los headers

Dos **IRF3708PbF, encapsulado TO-220AB**. No TN0702, no IRFZ44N ni otro MOSFET de aspecto parecido. Aquí pertenecen al circuito de **medida de batería**, no al interruptor principal.

Posición real · superior · proa arriba



Cara marcada enfrente · patas abajo



Presentar, fijar y después soldar

1. Lee el marcado. Con la cara marcada enfrente y las patas hacia abajo, el orden es **1 = G, 2 = D, 3 = S**. La aleta metálica también es **D**. Orientación contrastada con la ficha de Infineon, pág. 7 [1].
2. Prepara **dos `aivis4-sense-spacer` impresos de 1 mm**, dos tornillos **M2,5×6 ISO 4762** y dos tuercas **M2,5 DIN 934 de 2 mm de altura**. Un conjunto por MOSFET. Sin arandelas adicionales no previstas.
3. Coloca cada separador **entre PCB y aleta**, alineado con su taladro mecánico. Los dos cuerpos quedan tumbados, texto visible desde arriba. Q3 va longitudinal bajo el RP; Q4 transversal detrás.
4. Forma las patas sujetándolas con pinza, sin hacer palanca sobre el plástico del encapsulado. **Q4 requiere un desplazamiento lateral del cuerpo de 2,3 mm respecto a la fila**: presenta el tornillo en su taladro como guía antes de cortar o soldar. No fuerces la fila para alcanzar el tornillo.
5. Aprieta suavemente y comprueba el milímetro de separación de la aleta. Suelda los seis terminales cuando la fijación ya sostenga las piezas. Los pines no deben soportar la fuerza de atornillado ni quedar en tensión.

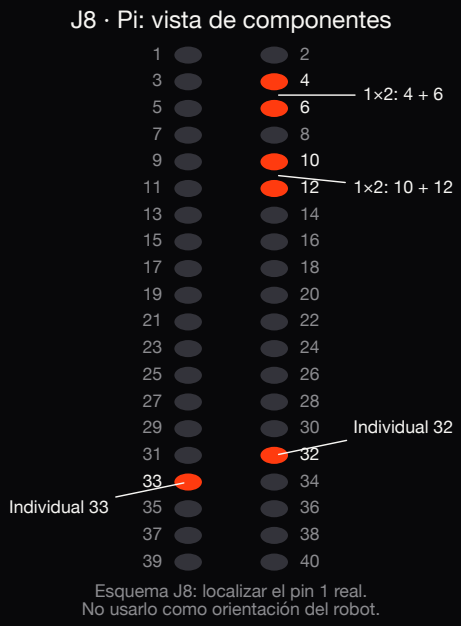
Pin	Q3	Q4
1 / G	3,3 V del RP	3,3 V del RP
2 / D	SENSE_D1; también aleta	SENSE_D2; también aleta
3 / S	ADC_CELL1, al RP GP26	ADC_PACK, al RP GP27

> **Aleta, tornillo y tuerca NO son masa.** No deben tocar GND, otro componente ni una pieza conductora del chasis. No elimines el casquillo aislante. DMM: aleta con pin 2 debe tener continuidad; no debe haber un cortocircuito metálico directo entre aleta y GND.

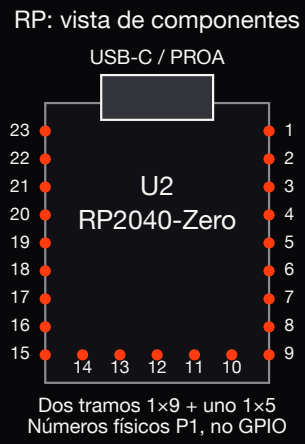
Revisa también C2/C3 y la cara inferior ahora: los zócalos del RP dificultarán el acceso después. Un camino por semiconductores puede dar lecturas diferentes según polaridad de las puntas; no equivale por sí solo a un puente de estaño.

5 / Pi y RP extraíbles

Pareja prevista: **VooGenzek B09W9135BS**, paso 2,54 mm. Hembras H8,5 sobre E-04M y machos con collar H2 bajo los módulos: separación nominal entre PCB **10,5 mm**. Comprueba el lote con calibre; no sustituyas alturas a ojo.



Esquema J8: localizar el pin 1 real.
No usarlo como orientación del robot.



Cortar y alinear una sola vez

- **Pi:** por cada mitad (macho y hembra), corta **dos tramos 1×2 y dos contactos individuales**. Sólo J8 **4, 6, 10, 12, 32 y 33**. Los 32/33 son dos individuales en filas escalonadas, **no una pareja 1×2**. Localiza primero J8-1 en la serigrafía/documentación de la Pi.
- **RP:** por cada mitad, **dos tramos 1×9 y uno 1×5**. Total 23 contactos. Suelda también los contactos sin red: hacen de apoyo mecánico. No añadas conexiones a los pads inferiores de la placa Waveshare.
- Corta hembras sacrificando un contacto contiguo que no usarás; conserva la pared del tramo útil y retira todas las virutas. No cortes sobre la PCB.
- Encaja macho y hembra en seco como plantilla. Puntea extremos opuestos, revisa perpendicularidad y asiento, y termina sin mantener calor seguido en contactos vecinos. La hembra queda en E-04M; el macho bajo Pi/RP.
- **No recortes los 6 mm de inserción.** Recorta sólo colas cortas: aproximadamente 0,6 mm sobre el módulo y 0,5 mm bajo la portadora antes de soldar. Cola y filete bajo E-04M deben quedar dentro de **0,8 mm**.

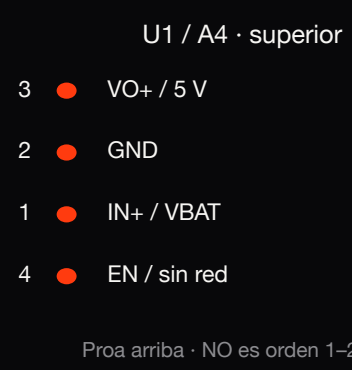
J8 físico de Pi	Función en E-04M	J8 físico de Pi	Función en E-04M
4	+5 V	12	BCM18 / S07
6	GND	32	BCM12 / S05
10	BCM15, RX telemetría / S11	33	BCM13 / S06

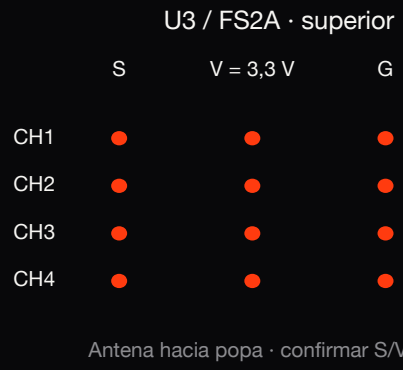
> **No montar una tira 2×20 completa en la Pi.** Números J8/P1 son posiciones físicas, no números GPIO. Después de soldar, retira los módulos hasta la prueba de alimentación de la página 8.

En montaje final, la Pi usa cuatro apoyos impresos H10,5 y M2,5×16. Nunca uses los tornillos para tirar de un header que no entra. RP: USB-C hacia proa.

6 / A4 y FS2A: comprobar el encaje

Son módulos comerciales ya ensamblados. Sólo hay que preparar su conexión con la portadora; **no resoldar sus pequeños componentes SMD**.





U1 es el reductor llamado A4

La columna de cuatro contactos no sigue 1–2–3–4 de proa a popa. Usa la figura y el número de pad, no el color ni la forma del módulo. En el A4 real identifica **IN+, GND, VO+ y EN** antes de presentarlo.

Pad U1	Conectar al A4	Papel
1	IN+	Entrada VBAT
2	GND	Retorno del robot
3	VO+	Salida regulada a **5,00 V**
4	EN	Sin red en E-04M; no puentear por intuición

La variante concreta del reductor determina cómo seleccionar 5 V. **No se puede deducir qué puentes soldar sólo del nombre A4.** Si el módulo difiere del previsto, detén este paso y comprueba su documentación/foto de ambas caras. El antecedente de 7,5 V en VO+ hace imprescindible medir antes de conectar Pi/RP.

U3 es el receptor FS2A

Cuatro canales y **tres contactos por canal**: señal S, alimentación V y masa G. No son tres señales. En esta PCB todos los V reciben **3,3 V del RP**, y todos los G son GND. Antena hacia popa. Verifica la serigrafía S/V/G del receptor real antes de enchufarlo: no aplicar tensión de batería ni BEC al grupo V.

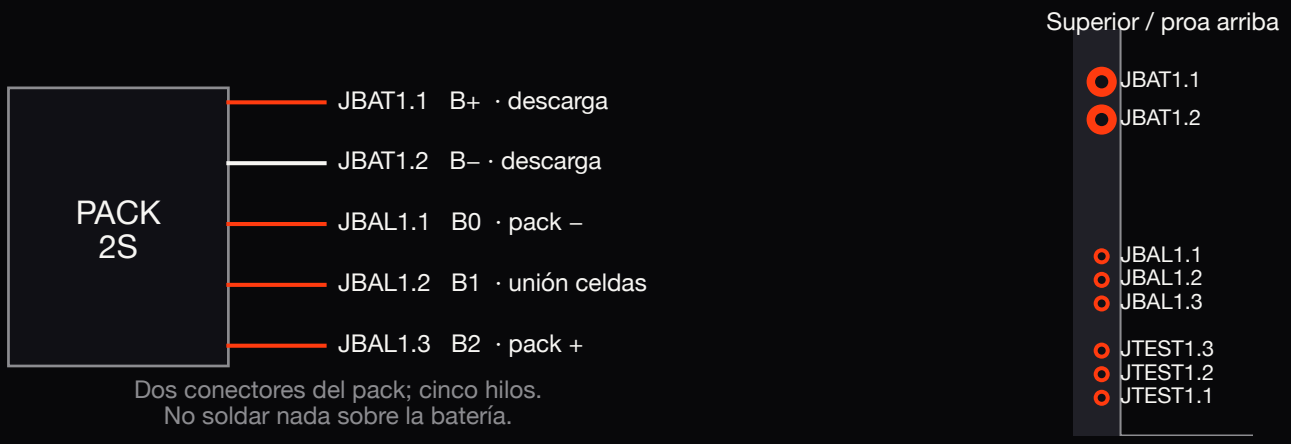
Canal	Señal	Destino RP
CH1	S01	GP0 / P1-01
CH2	S02	GP1 / P1-02
CH3	S03	GP2 / P1-03
CH4	S04_RX, pasa por W1	GP3 / P1-04

> **Comprobación pendiente del material recibido:** el CAD presupone un conector bajo en A4 (separación 2,45 mm) y un zócalo hembra H2,85 en FS2A. No son los headers altos de Pi/RP. Presenta módulos y tapa en seco antes de soldarlos definitivamente. Si no tienes esas parejas verificadas, deja U1/U3 pendientes: puedes completar los demás pasos en frío.

Puntea un contacto, confirma asiento y orientación, termina y retira los módulos. Los doce contactos de U3 se sueldan, incluidas V/G repetidas.

7 / Conectores de batería, sin batería

Suelda los **chicotes/adaptadores sueltos** a JBAT1 y JBAL1, con sus conectores desenchufados del pack. No sueldes ni cortes los terminales de la batería. Deja recorrido para desenchufar y extraerla; no apoyes conectores rígidos verticales donde el modelo prevé un cable y un conector tumbado.



Dos conectores del pack; cinco hilos.
No soldar nada sobre la batería.

Punto PCB	Hilo identificado por función	Verificar antes de soldar
JBAT1.1	Positivo de descarga B+	VBAT
JBAT1.2	Negativo de descarga B−	BAT_NEG_RAW, antes de SW1
JBAL1.1	B0, negativo del pack	BAL0, **no GND**
JBAL1.2	B1, unión de las dos celdas	BAL1
JBAL1.3	B2, positivo del pack	BAL2

Identifica el conector real, no sólo sus colores. En el pack desconectado de la PCB, un multímetro en V DC debe distinguir B1 respecto a B0 (una celda) y B2 respecto a B0 (pack completo). Usa puntas aisladas y finas: no unas contactos vecinos. Nunca pongas el multímetro en amperios directamente sobre el pack; continuidad/resistencia se usa sólo en la placa sin alimentación.

JTEST1 se queda libre

Son tres puntos de prueba: **JTEST1.1 = B0, .2 = B1, .3 = B2**. Su orden físico es opuesto al de JBAL1 en el mapa; no copies el orden de arriba abajo. **No instales otro conector ni lo uses para cargar.** La conexión de medida ya viaja por JBAL1; no hacen falta cables de batería hacia los GPIO.

> **No unir BAL0 a GND ni a BAT_NEG_RAW en la PCB.** El retorno principal usa el cable de descarga y SW1. Añadir ese puente cambiaría el circuito y podría llevar corriente por el fino cable de balance.

Inspección de esta tanda

- [ ] Continuidad de cada contacto del adaptador a su pad, uno a uno.
- [ ] Ningún hilo suelto, puente entre terminales o aislante derretido.
- [ ] Termorretráctil colocado; alivio de tracción sin tirar de los pads.
- [ ] Longitud para servicio, sin invadir rueda, tambor ni guías del chasis.

Los conectores **RCY y XH permanecen ambos desconectados** para soldar, guardar o intervenir el robot. Esta guía no cambia la limitación conocida del corte de negativo con la medida conectada.

8 / Parada de control: alimentar sólo lógica

Todavía no soldar/alimentar los ESC. La Pi y el RP siguen fuera al comenzar. Esta separación permite comprobar A4 sin exponer módulos caros ni motores. Si falta verificar el A4 o sus conectores, completa sólo la revisión en frío.

A. Sin ninguna fuente, USB ni batería

1. Mira ambas caras con lupa. Corrige puentes, filetes que no mojan y colas largas. Retira restos de alambre y flux según las instrucciones del flux. No busques brillo a toda costa: una soldadura sin plomo puede ser mate.
2. Comprueba que VBAT–GND, 5 V–GND y 3,3 V–GND **no tienen un corto persistente de casi cero ohmios**. Un pitido inicial de carga de condensador no prueba un corto; compara con la resistencia de las propias puntas.
3. Con módulos fuera, verifica estas continuidades de extremo a extremo:

Red	Entre estos puntos debe haber continuidad
5 V	U1.3; Pi J8-4; RP P1-23
GND	U1.2; Pi J8-6; RP P1-22
CH4	U3.S4; W1.2; W1.1; RP P1-04
Telemetría	RP P1-13 (GP12); Pi J8-10 (BCM15/RX)
Medida	Q3.3 con RP P1-17; Q4.3 con RP P1-18

B. A4 primero; 5,00 V medidos, no supuestos

Usa una **fuente de banco regulada con límite de corriente**, con batería, balance y USB desconectados. Confirma que el A4 concreto admite la tensión de entrada elegida dentro del rango del pack 2S. Con fuente apagada, conecta su positivo a JBAT1.1 y negativo a JBAT1.2; deja SW1 en ON durante la prueba para mantener GND fijo. No hagas esta prueba con balance conectado.

- Coloca **sólo A4**. Enciende con límite de corriente prudente para el módulo sin carga. Mide **U1.3 respecto a U1.2** y los mismos 5 V en los contactos vacíos de Pi/RP. Objetivo: **5,00 V**. Si sale tensión de batería, para.
- Si hay que cambiar puentes de selección: apaga y desconecta antes de soldarlos. Vuelve a medir. Si el consumo/temperatura no son normales o la fuente limita inesperadamente, localiza el problema; no subas el límite a ciegas.
- **No uses la batería como primera fuente de prueba.** Si no dispones de fuente limitada, deja la prueba de alimentación pendiente.

C. Añadir módulos de uno en uno

Apaga la fuente y comprueba que los raíles han descargado **antes de cada inserción/extracción**. Añade RP: confirma aproximadamente **3,3 V en P1-21 respecto a P1-22**. Después FS2A y finalmente Pi; revisa que 5 V se mantenga bajo la carga real. No conectes USB a la vez ni cruces 5 V con 3,3 V. La Pi necesita además una microSD preparada; una tensión correcta no demuestra que haya arrancado. Registra las tensiones en la página 10.

Al acabar: desconecta la fuente, verifica cero voltios y retira los módulos para soldar el arnés. No es una prueba de motores ni de batería.

9 / ESC y motores: arnés al final

PCB sin energía ni módulos extraíbles. Presenta los ESC con su funda y salidas reales; conserva aislamiento y una pequeña reserva de cable para servicio. **No sueldes los ESC rígidamente contra la PCB:** se conectan por chicotes. Estaña cables y pads, sujeta el cable y limita el tiempo de calor.

U4 · ESC doble de los cuatro N20

Pad	Cable / función	Pad	Cable / función
1	**Rojo grueso: VBAT**	7	Salida izquierda A, ML_A
2	Negro grueso: GND	8	Salida izquierda B, ML_B
3	Blanco fino: PWM izquierdo, S08	9	Salida derecha A, MR_A
4	Amarillo fino: PWM derecho, S09	10	Salida derecha B, MR_B
5	Negro fino: GND de señal	6	**Vacío: NO soldar BEC+**

El rojo grueso junto al «1» en el visor NO queda suelto: es la entrada de alimentación del ESC y se suelda a **U4.1, VBAT**. No va a 5 V ni a U4.6. El **rojo fino del conector triple**, junto al blanco y negro fino, es otro hilo: salida BEC que debe quedar aislada individualmente y sujeta, sin cobre expuesto. A4 alimenta la lógica; no unir su salida con la del BEC. Identifica cada hilo por su origen: los rojos de motor tampoco son el rojo de entrada.

Su columna 1–6 va de proa a popa. Los cuatro pads de motor están en diagonal; lee cada número, no prolongues la numeración por intuición.

Par local	Pad 1	Pad 2
M1 · delantero izquierdo	ML_A	ML_B
M2 · trasero izquierdo	ML_A	ML_B
M3 · delantero derecho	MR_A	MR_B
M4 · trasero derecho	MR_A	MR_B

Cada motor lleva sólo sus dos hilos al par local. La PCB ya distribuye ambos motores de cada lado en paralelo: **no añadas otros cables largos entre ellos**. La orientación de giro se comprueba después, en una prueba de tracción separada y con el arma inhabilitada, no intercambiando cables con tensión.

U5 · ESC del tambor

Pad	Cable / función	Pad	Cable / función
1	Positivo de alimentación, VBAT	6	Fase U, W_U
2	Negativo de alimentación, GND	7	Fase V, W_V
3	PWM, S10	8	Fase W, W_W
4	GND de señal	5	**Vacío: NO soldar BEC+**

U5.6 llega a **M5.1**, U5.7 a **M5.2** y U5.8 a **M5.3**. Son fases, no positivo/negativo. Puedes preparar y soldar los extremos del arnés en la PCB; **deja el motor M5 desconectado**, con los tres extremos aislados por separado, hasta cerrar su montaje mecánico y la retención de cables.

> **U4: rojo fino BEC aislado individualmente, sin conectar.** No unirlo al positivo de alimentación ni al raíl 5 V de A4. La foto de U5 del 21-09-2026 muestra blanco/negro de señal, sin hilo BEC: U5.5 queda vacío. Sí conectar ambos GND previstos. Identifica los hilos antes de cortar: un rojo fino BEC no es el rojo grueso de batería ni un rojo de motor.

Pasa los cables por sus rutas en frío antes de recortar sobrantes. Ninguno debe quedar pinzado bajo apoyos, tirante en un pad ni al alcance del tambor.

10 / Cierre y hoja de comprobación

Antes de instalar la placa en el chasis

- [ ] W1 instalado, aislado y con continuidad CH4 hasta RP.
- [ ] Ocho resistencias del valor correcto; C2/C3 de 22 nF.
- [ ] Q3/Q4 G-D-S correctos, fijados y con ambos separadores H1.
- [ ] SW1 se desplaza libre; contactos ON/OFF comprobados en frío.
- [ ] Pi con sólo seis pines; RP con 9+9+5; sin forzar los zócalos.
- [ ] Altura y orientación reales de A4/FS2A comprobadas con las tapas.
- [ ] JBAT1 y JBAL1 identificados uno a uno, sin puentear BAL0.
- [ ] BEC+ de U4 y U5 aislados; sin hilos sueltos ni puentes.
- [ ] Cara inferior despejada: colas/filetes dentro de 0,8 mm.
- [ ] Arnés presentado y retenido fuera de ruedas, guías y tambor.

Repite la inspección y el control de cortos **después de soldar el arnés**. Los bobinados de un motor sí tienen baja resistencia entre sus terminales: para localizar un supuesto corto, prueba el cableado con motores separados. No interpretes cualquier pitido como defecto ni como prueba de que todo está bien.

Medida / comprobación	Resultado anotado
A4 VO+ sin Pi/RP	 V
Raíl 5 V con RP / con Pi, ESC todavía fuera	..... / V
RP 3,3 V (P1-21 respecto a P1-22)	 V
Encaje sin presión de headers y tapas	.....
Fecha e incidencias pendientes	.....

Qué queda fuera de esta sesión de soldadura

La medida de batería requiere firmware compatible con **33 kΩ / 1 kΩ**, una calibración por canal y contraste con multímetro. Cada divisor entrega nominalmente la tensión de entrada dividida entre 34: no conectar BAL1/BAL2 directamente a ningún GPIO. Soldar el circuito no demuestra por sí solo que las alarmas ni la estimación de batería funcionen.

No alimentar el conjunto con el arma conectada como prueba de soldadura. Quedan por cerrar físicamente el apoyo/acoplamiento M5 y la separación/retención de cables próximos al tambor. Una revisión ERC/DRC no sustituye esas pruebas. Se conservan las decisiones previas de circuito; OFF no es aislamiento para servicio: se desconectan descarga, balance y USB.

Trazabilidad y consultas

Esta guía contrasta **113 puntos de montaje** con `e04m.kicad_pcb` y `revision-v417/soldadura.json`. Hash abreviado del ZIP fabricado: `ed4a193f7494982b…ba632a18949c770`. Fuente editable: `soldadura-pcb-v4.17.md`; generador: `tools/build_soldering_v417.py`. No se han actualizado los manuales históricos ni cambiado los Gerbers.

[1] Infineon: IRF3708PbF, patillaje TO-220AB, pág. 7. [2] Waveshare: RP2040-Zero, pinout del módulo. [3] Raspberry Pi: documentación oficial de GPIO. [4] HAKKO: soldadura sin plomo y transferencia de calor. Consultas: 21-09-2026. Los mapas de esta guía representan **el cableado específico de E-04M**, no todos los pines disponibles de esos módulos.