NOTA TÉCNICA

Cargadores de baterías multibahía robustos a medida en 2026: de la hoja de datos a las muestras de ingeniería en 16 semanas

Un cargador robusto de catálogo rara vez encaja con una batería nueva, y quienes fabrican cargadores a medida casi nunca publican plazos ni precios. Esta es una plataforma de cargadores multibahía estanca y sin ventilador que pasa de una especificación a muestras de ingeniería funcionales en 16 semanas: cómo está construida, cómo se cubren los huecos de una especificación, cómo se escalona el desarrollo y qué enviar si necesita uno.

Tan Shuai · tanshuai.com · i@tanshuai.com

23 de noviembre de 2026

Resumen

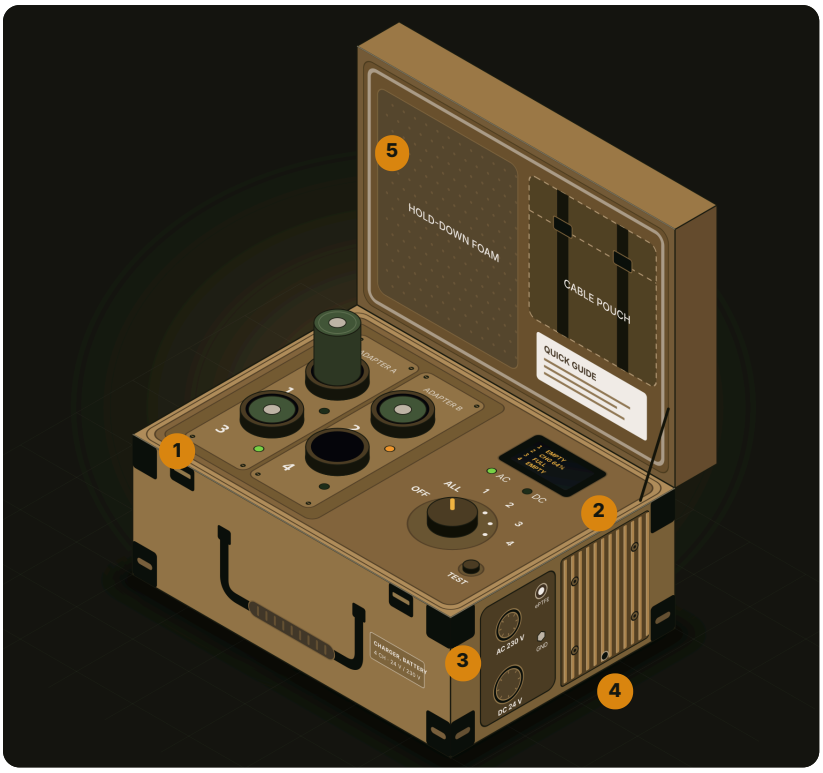
Un cargador multibahía robusto es un producto de bajo volumen construido alrededor de la batería de otro, y por eso la mayoría acaban siendo a medida. Esta nota describe una plataforma para construirlos rápido. Es una caja de aluminio estanca y sin ventilador, con placas adaptadoras de batería intercambiables, un canal de carga aislado por bahía sobre un bus común de 48 V, entradas de red y de vehículo de 24 V con prioridad de la red, y todos los parámetros propios de la batería guardados en tablas del firmware. El ejemplo desarrollado tiene cuatro bahías, 120 W, 14,3 litros y unos 5 kg; el mismo diseño cubre de dos a ocho bahías. Una vez recibidas la especificación y las baterías de muestra, una primera fase a precio fijo entrega en 16 semanas tres muestras de ingeniería, un informe de ensayos y una matriz de cumplimiento completa; una segunda fase congela el diseño y prepara la calificación, tras lo cual se entrega el paquete completo de datos de diseño. Fabricar en Shenzhen, sede de dos de los mayores fabricantes de baterías de China y a poca distancia en coche de casi cualquier componente, es lo que hace posibles ese calendario y ese precio.

Por qué escribí esto

Cada pocas semanas alguien necesita un cargador para una batería que nadie más carga: una batería de radio con su propia línea de datos, un pack de dron con un conector propio, un vehículo de 24 V en el que el cargador tiene que aguantar los arranques del motor. Los cargadores de catálogo de los grandes proveedores de defensa sirven para sus propias baterías. Los fabricantes de cargadores a medida que encontré describen sus capacidades, pero no sus plazos ni sus precios. Diseñé esta plataforma para que un cargador a medida pueda acotarse en días y muestrearse en semanas, y la describo para que cualquiera con una batería así sepa qué enviar y qué esperar. Todas las cifras son de noviembre de 2026, y los importes están en dólares estadounidenses.

Resultados de un vistazo

Figura 1. Una plataforma, configurada para cada programa: la versión de cuatro bahías, con la misma caja en tres acabados.



1. **Swappable adapter plates**
   Two wells each; a new battery means a new plate, not a new case
2. **Display, selector, TEST**
   All bays at a glance or one bay in detail; built-in test on demand
3. **AC and vehicle inputs**
   AC takes priority; vehicle input built for MIL-STD-1275
4. **Finned end wall**
   The sealed, fanless electronics bay sheds heat through it
5. **Lid pad and cable pouch**
   Holds the batteries in place with the lid closed

FINISHES



Desert tan | Olive drab | Black

Fuente: The author's concept design, revision 2.1, November 2026.

	Rango de la plataforma	Ejemplo de cuatro bahías
Bahías	De 2 a 8, idénticas y aisladas galvánicamente	4
Potencia de carga	Unos 60 a 300 W en total	120 W, 9 A en total, todas las bahías a la vez
Baterías	Li-ion, Li-polímero y $LiFePO_4$, de 1 a 14 celdas en serie por bahía	Cuatro packs de 99 Wh en unas 4 horas
Datos de la batería	Puerto SMBus o one-wire aislado por bahía: lectura de capacidad y número de ciclos, escritura con el documento de interfaz de la batería	Lectura y escritura
Entradas	90–264 VCA, 47–63 Hz; CC de vehículo de 12 o 24 V con transitorios MIL-STD-1275; la red tiene prioridad, sin cortes	230 VCA y 24 VCC
Controles	OLED hasta −40 °C, un LED bicolor por bahía, un selector (OFF, ALL, una posición por bahía) y un botón TEST estanco; texto en cualquier idioma, incluidos los de derecha a izquierda	Seis posiciones
Caja	Aluminio 5052 soldado, compartimento electrónico IP67, sin ventilador, tapa cerrada en marcha; verde oliva, arena desierto, negro o color a pedido	340 × 240 × 175 mm, 14,3 L, unos 5,1 kg
Entorno	Funcionamiento de −20 a +55 °C, almacenamiento de −40 a +71 °C	Igual
Diseñado según	MIL-STD-810H, 461G, 1275E y F, IEC 62368-1:2023; los informes pueden citar números de método antiguos	Igual
Calendario	16 semanas hasta tres muestras de ingeniería, unas 30 semanas hasta las unidades de precalificación	Igual

Para qué sirve

La plataforma está pensada para baterías que se llevan encima, se montan o se despliegan en grandes cantidades, donde un cargador tiene que vivir en un vehículo, un refugio o una maleta de campaña y no en un escritorio:

- **Radios militares y de seguridad.** Baterías de equipos de mochila y portátiles con líneas de datos, desde packs de clase BB-2590 hasta baterías de radios portátiles, donde el cargador lee la memoria de la batería y lleva la cuenta de sus ciclos.
- **Flotas de drones.** Maletas de carga de campaña que cargan de cuatro a ocho packs a la vez desde un vehículo, un generador o la red.
- **Flotas de radios profesionales.** Seguridad pública, minería, servicios públicos y emergencias, donde los cargadores múltiples viajan en camiones y se caen.
- **Vehículos y embarcaciones.** Vehículos militares y comerciales de 24 V, donde la entrada tiene que sobrevivir a arranques del motor, sobretensiones y cables con la polaridad invertida.
- **Equipos industriales y de ensayo.** Baterías de instrumentos y herramientas que necesitan un cargador estanco y repetible con registro.

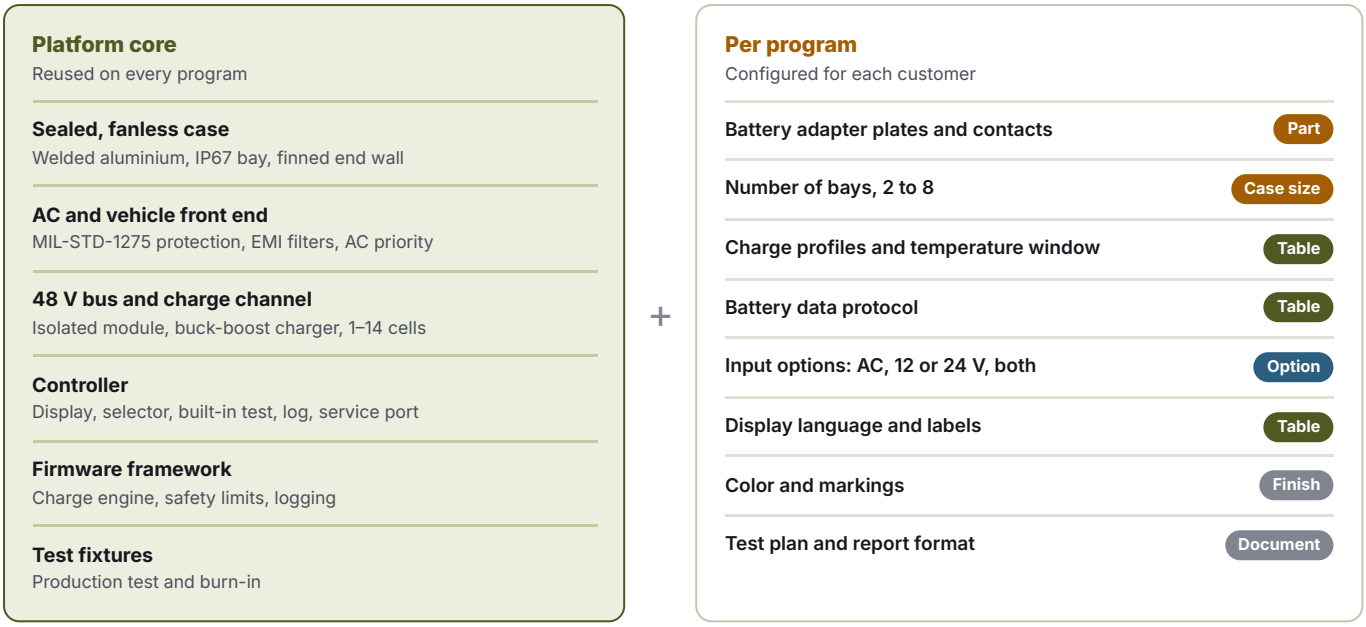
Los cargadores de catálogo fallan en estos casos de forma previsible: los contactos y el cierre de la batería le son propios, el protocolo de datos es distinto, la entrada no coincide con el vehículo, la caja es demasiado grande o las normas no están cubiertas. Un cargador a medida resuelve todo eso, pero solo si puede diseñarse sin empezar cada vez de cero. Ese es el sentido de la plataforma.

Paso 1: convertir la hoja de datos en una envolvente de diseño

Las especificaciones de cargadores robustos rara vez están completas. Los huecos habituales son el modelo exacto de batería, y con él la tensión, la capacidad, la química y los contactos; si "cuatro horas" significa una batería o cuatro a la vez; si "120 W" es de entrada o de salida; qué revisión de cada norma se aplica; qué significa "protección EMP"; y cómo se lee y se escribe la memoria de la batería. Esperar cada respuesta paralizaría el proyecto durante meses.

En su lugar, cubro cada hueco con su valor más probable, un nivel de confianza y el margen que necesita el diseño si la suposición es errónea, y después diseño una envolvente que abarca todas las respuestas plausibles. En el ejemplo de cuatro bahías, tres baterías distintas encajaban con la especificación; una sola envolvente de diseño cubre las tres. Todo lo que probablemente se confirme tarde vive en tablas del firmware: perfiles de carga, protocolos de batería, las posiciones del selector y cada texto mostrado. Una respuesta tardía cambia entonces un archivo de configuración, no el hardware.

Figura 2. Lo que se reutiliza en cada programa y lo que se configura para cada uno.

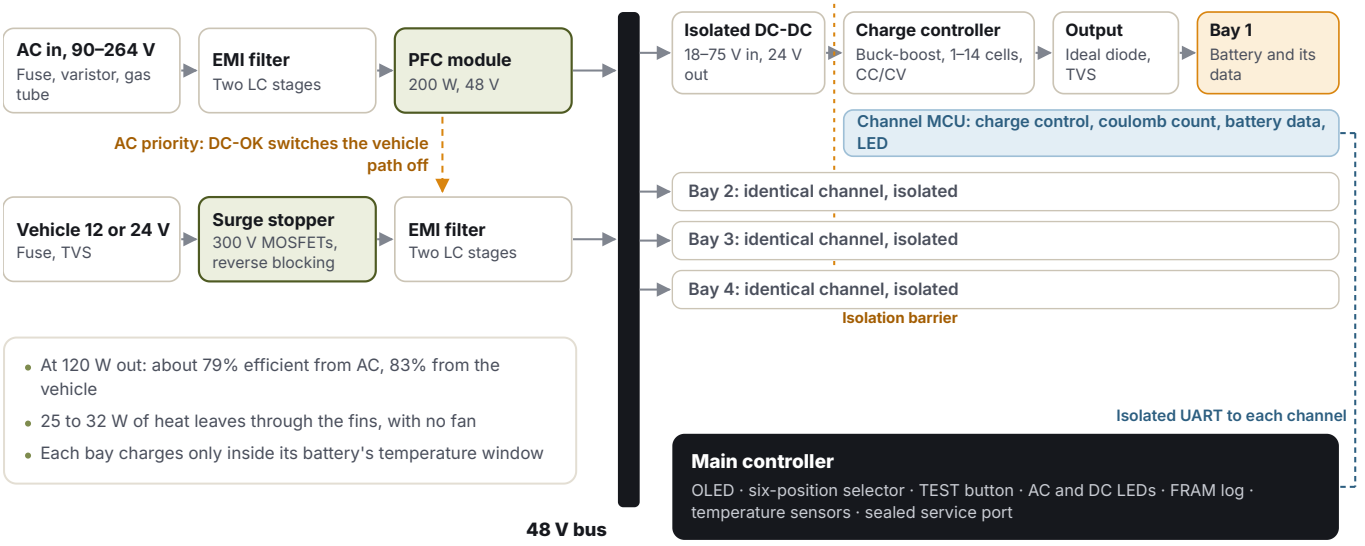


A late answer from the customer changes a table or a plate, not the hardware.

Fuente: The author's platform design.

Paso 2: la arquitectura eléctrica

Figura 3. Dos entradas, un bus de 48 V, cuatro canales aislados y un controlador que habla con cada uno por un enlace aislado.



Fuente: The author's design.

La ruta de red pasa por un fusible, un varistor y un descargador de gas, un filtro LC de dos etapas y un módulo de 200 W a 48 V con corrección del factor de potencia montado en la pared de la caja, y después por un diodo ideal hacia un bus de 48 V. La ruta de vehículo pasa por un fusible, un diodo TVS y un limitador de sobretensión con MOSFET de 300 V y bloqueo de polaridad inversa con MOSFET enfrentados, y después por su propio filtro hacia el mismo bus. Cuando hay red, la señal DC-OK de su módulo desconecta la ruta de vehículo, de modo que la prioridad de la red no necesita relé y la conmutación es sin cortes.

Cada bahía tiene un módulo CC-CC aislado (18–75 V de entrada, 24 V de salida), un controlador de carga reductor-elevador de TI que maneja de 1 a 14 celdas con control por hardware de corriente constante y tensión constante, un diodo ideal de salida y un TVS. Un pequeño microcontrolador en el lado aislado de cada canal

gobierna el controlador de carga, cuenta culombios, habla con la memoria de la batería y enciende el LED de la bahía; informa al controlador principal por una UART aislada. El controlador principal gestiona la pantalla, lee el selector y el botón TEST, guarda el registro en FRAM, vigila los sensores de temperatura y tiene un puerto de servicio estanco.

Las decisiones son deliberadas:

- **El aislamiento entre bahías sale casi gratis,** porque los módulos aislados están ahí de todos modos; los aisladores digitales cuestan bastante menos de un dólar por canal.
- **Un fallo se queda en su bahía.** Una batería en cortocircuito o un fallo de firmware en un canal deja a los otros tres cargando.
- **La mayor parte del riesgo EMI y de seguridad recae en módulos certificados** con un largo historial de campo, así que el esfuerzo de desarrollo va a la integración, el firmware y la mecánica en lugar de a reinventar fuentes de alimentación.
- **Basta una etapa de protección contra sobretensiones,** porque los módulos de canal toleran 100 V durante un segundo. El cálculo completo de la etapa de entrada está en mi lista de verificación MIL-STD-1275, 810 y 461 para cargadores de baterías.

A 120 W de salida, el rendimiento es de alrededor del 79 % desde la red y del 83 % desde el vehículo, así que la caja tiene que disipar de 25 a 32 W sin ventilador. El módulo de red reduce su potencia por encima de 50 °C, de modo que a +55 °C a pleno sol el firmware recorta la potencia de carga, o se monta un módulo mayor donde se exige plena potencia a esa temperatura. Cada canal mide además la temperatura de su batería y solo carga dentro de la ventana del fabricante de la batería, normalmente de 0 a 45 °C: fuera de ella, la bahía se pausa, parpadea en rojo e indica el motivo, y luego se reanuda sola. Las almohadillas calefactoras en las cavidades son una opción para clientes que deben cargar a −10 °C.

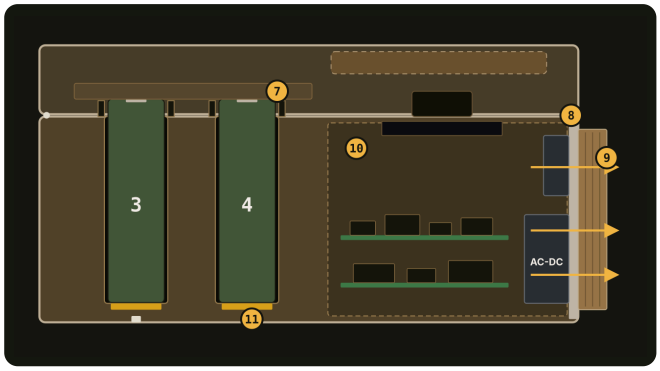
Paso 3: la caja

Figura 4. Planta y sección: las baterías a la izquierda, el compartimento electrónico estanco a la derecha, el calor sale por la pared frontal con aletas.

PLAN



SECTION



1. **Two swappable adapter plates**
   2 × 2 battery wells at 70 mm pitch
2. **Two-color LED per bay**
   Green full, amber charging, red fault
3. **2.42-inch OLED, −40 °C grade**
   Capacity, cycle count, status, any language
4. **AC and DC indicators**
   AC priority; DC takes over seamlessly
5. **Six-position selector, TEST button**
   OFF, ALL or one bay; all bays always charge
6. **Gasket land**
   The lid seals the full perimeter
7. **Lid foam pad**
   Holds the batteries in their wells
8. **D-section silicone gasket**
   Continuous; dust-tight and rain-tight
9. **Vertical fins**
   Natural convection; fan-ready bosses
10. **Sealed electronics bay**
    ePTFE vent; heat out through the fins
11. **Battery wells sized per battery**
    Contact block at the base, drain valve

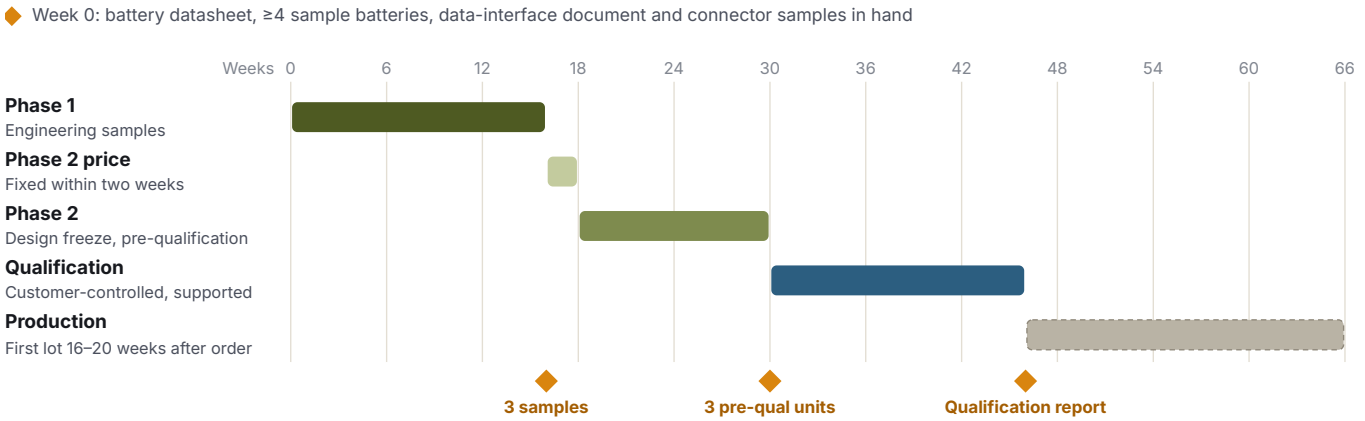
Fuente: The author's concept design, revision 2.1.

La caja es de aluminio 5052 soldado, con un compartimento electrónico estanco en un extremo y la cubierta de baterías en el otro. Cada pieza caliente conduce su calor a una pared frontal con aletas, que lo disipa por convección natural; hay resaltes de fijación para un ventilador externo estanco en los programas que necesitan más potencia a alta temperatura. Un respiradero de ePTFE deja respirar el compartimento en altitud sin dejar entrar agua, y las cavidades de batería drenan por sus propias válvulas. La cubierta lleva dos placas adaptadoras intercambiables con dos cavidades cada una, así que una batería nueva significa una placa nueva y contactos nuevos, no una caja nueva. Una junta continua de silicona de sección en D sella la tapa, y una almohadilla de espuma en la tapa sujeta las baterías en sus cavidades, de modo que el cargador puede funcionar con la tapa cerrada en un vehículo en marcha. Unos parachoques de esquina de polímero con ranuras para correas absorben las caídas, y el asa está dimensionada para guantes.

Los controles siguen la misma lógica que la electrónica. Las cuatro bahías cargan siempre: introducir una batería arranca su bahía, retirarla la detiene, y cada bahía tiene su LED. El selector de seis posiciones enciende la unidad y elige la vista: OFF, ALL para un resumen de todas las bahías, o una bahía cada vez con su capacidad en mAh y su número de ciclos. El autodiagnóstico se ejecuta en cada encendido y a demanda desde un botón TEST estanco, y sus resultados van al registro. El cliente que quiera detener una sola bahía lo obtiene por firmware, sin añadir un interruptor y una junta por bahía.

Paso 4: el desarrollo en dos fases a precio fijo

Figura 5. Dieciséis semanas hasta las muestras de ingeniería, unas treinta hasta las unidades de precalificación.



Phase 1 delivers

- Three working engineering samples
- Test report: heat soak, 1275 surge, EMC pre-scan
- Compliance matrix: every requirement, design response and test

Phase 2 delivers

- Design freeze and three pre-qualification units
- One test plan for MIL-STD-810, 461 and 1275
- On payment: the complete design data package

Then

- Qualification run by the customer, with supplier support
- Production lots 16–20 weeks after an order
- Development cost credited against production units

Fuente: The author's development plan.

El desarrollo se divide para que ninguna de las partes apueste todo el presupuesto antes de ver hardware.

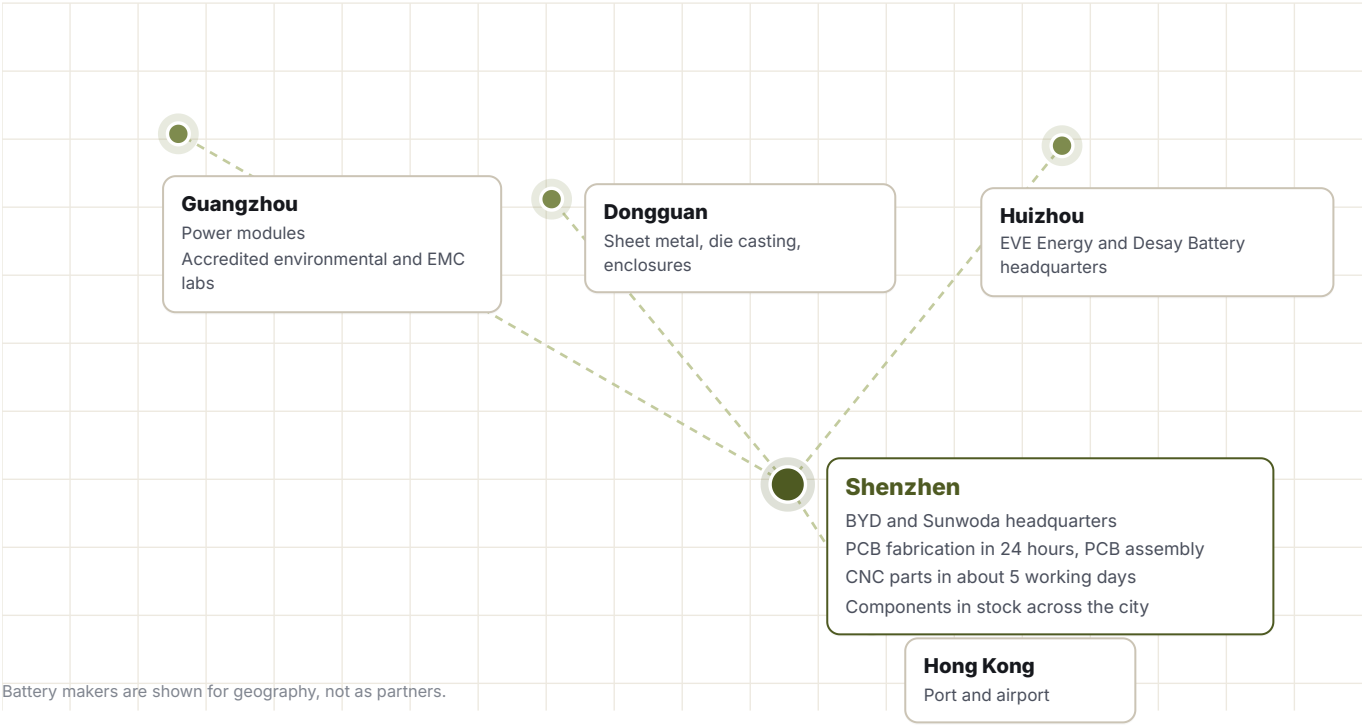
Fase 1, 16 semanas, precio fijo. El reloj arranca cuando llegan la hoja de datos de la batería, al menos cuatro baterías de muestra, el documento de interfaz de datos de la batería y muestras de los conectores, normalmente en las dos semanas siguientes al pedido. La fase 1 entrega tres muestras de ingeniería funcionales, un informe de ensayos que cubre los puntos de riesgo (estabilización térmica, la sobretensión MIL-STD-1275 y un preescaneo EMC) y una matriz de cumplimiento que responde a cada línea de la especificación con una respuesta de diseño y un método de verificación.

Fase 2, precio fijo fijado en las dos semanas siguientes a la fase 1. Congelación del diseño, unidades de precalificación hacia la semana 30 y un plan de ensayos que cubre MIL-STD-810, 461 y 1275 en un solo documento. Al pagarse la fase 2, el paquete completo de datos de diseño cambia de manos: esquemas, archivos de circuito impreso, código fuente del firmware, CAD mecánico, procedimientos de ensayo y una lista de materiales con proveedores. El cliente puede entonces fabricar el cargador en cualquier parte.

Calificación y producción. La calificación corresponde al cliente, con nuestro plan de ensayos, los datos de precumplimiento y las acciones correctivas como respaldo. Los lotes de producción llegan de 16 a 20 semanas después del pedido, y el coste de desarrollo puede descontarse de las unidades de producción. Lo que cuestan cargadores militares comparables, y dónde queda uno a medida frente a ellos, está en Precios de los cargadores de baterías militares multibahía en 2026.

Por qué Shenzhen

Figura 6. Fabricantes de baterías, placas, mecanizado y laboratorios de ensayo a poca distancia en coche unos de otros.



Fuente: Company headquarters from public company information; supply-chain lead times are typical Shenzhen figures, November 2026.

La velocidad y el coste vienen de la geografía. Shenzhen acoge las sedes de BYD y Sunwoda, y EVE Energy y Desay Battery tienen su sede en la vecina Huizhou, así que los ingenieros que conocen las celdas de litio, la gestión de baterías y sus modos de fallo nunca están lejos. Una placa prototipo vuelve en 24 horas, una pieza mecanizada en unos cinco días laborables, y casi cualquier componente está en stock en algún lugar de la ciudad. Los laboratorios de ensayos ambientales y EMC con las acreditaciones que necesita un informe de ensayos están en Shenzhen y Guangzhou. En la práctica, eso convierte una iteración de diseño de semanas en días, y es buena parte de la razón por la que la plataforma puede tener un precio muy inferior al de los proveedores establecidos. Los fabricantes de baterías se nombran por geografía, no como socios.

Qué enviar para pedir presupuesto

Un primer correo útil responde a la mayoría de estos puntos; el resto puede llegar después:

- **La batería:** modelo y hoja de datos; las baterías de muestra llegan más tarde.
- **Bahías:** cuántas, y cuántas deben cargar a la vez.
- **Potencia:** fuentes de entrada (red, vehículo de 12 o 24 V, ambas) y el tiempo de carga que necesita.
- **Datos:** qué leer de la memoria de la batería o escribir en ella.
- **Entorno y normas,** con revisiones: temperaturas, estanqueidad, MIL-STD-810, 461, 1275, seguridad.
- **Límites:** tamaño, peso, color y marcado.
- **Cantidades y fechas:** prototipos, primer lote, volumen anual y cuándo necesita las muestras.

Envíelo a i@tanshuai.com. Respondo con las preguntas que deciden el diseño y, cuando la batería esté clara, con un precio fijo para la fase 1. Si todavía está redactando su propia especificación, mi lista de verificación de diseño MIL-STD-1275, 810 y 461 muestra qué cláusulas marcan el coste.

Fuentes

1. Tan Shuai, MIL-STD-1275, 810 and 461 for Battery Chargers: A Design Checklist (companion note). https://tanshuai.com/blog/mil-std-1275-810-461-battery-charger-design-checklist
2. Texas Instruments, BQ25756 bidirectional buck-boost charge controller. https://www.ti.com/product/BQ25756
3. Mornsun, LMF200 series AC-DC module datasheet (thermal derating). https://www.mornsun-power.com/public/uploads/pdf/LMF200-23BxxUH.pdf
4. Mean Well UHP-200-48 (Octopart listing). https://octopart.com/part/mean-well/UHP-200-48
5. MIL-STD-1275E (2013). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1100-1299/MIL-STD-1275E_45886/
6. MIL-STD-461G (2015). https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0300-0499/MIL-STD-461G_53571/
7. MIL-STD-810E (1989) and 810H (2019) method equivalents. https://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0800-0899/MIL-STD-810E_13775/
8. Battery University, BU-410: Charging at high and low temperatures. https://batteryuniversity.com/article/bu-410-charging-at-high-and-low-temperatures
9. BYD Company (headquarters: Shenzhen). https://en.wikipedia.org/wiki/BYD_Company
10. Sunwoda Electronic (headquarters: Shenzhen). https://en.wikipedia.org/wiki/Sunwoda
11. EVE Energy (headquarters: Huizhou). https://en.wikipedia.org/wiki/EVE_Energy
12. Huizhou Desay Battery Co., Ltd. (Huizhou). https://ees-europe.com/exhibitorlist/huizhou-desay-battery-coltd
13. JLCPCB, PCB prototype service (24-hour builds). https://jlcpcb.com/

Sobre el autor

Tan Shuai es tecnólogo y fundador con más de veinte años de trabajo en chips, hardware y software de sistema, y 20 patentes concedidas. Su trabajo lo ha llevado por Silicon Valley, Nueva York, Chicago, Taiwán, la Gran Área de la Bahía (Shenzhen y Hong Kong), Vietnam y Malasia, con un largo enfoque en la fabricación avanzada y las cadenas de suministro. Hoy trabaja como investigador y desarrollador de IA, y construye electrónica robusta a medida con socios de fabricación en Shenzhen.

Proyectos de cargadores a medida y conversación técnica: i@tanshuai.com.