



Ingeniería que produce, mantenimiento que protege

Análisis de Causa Raíz (RCA)

Fallas de campo de la flota HBOX — ICAVE, Veracruz

Helgen Drogheda — HBOX RTK

Fleet RTK GPS — Hutchison Ports (ICAVE · TIMSA · EIT · LCT)

Documento	DRG-RCA-001 — RCA / Informe de Falla
Versión	1.0 (Borrador — pendiente de registros)
Fecha	20 de junio de 2026
Autor	Dr. Leopoldo Rodríguez Salazar — Helgen Technologies
Clasificación	Confidencial — uso de Hutchison Ports y Helgen
Asistencia IA	Elaborado con asistencia de Claude (Anthropic), revisado por el autor

1 Resumen ejecutivo

Cinco unidades HBOX en Hutchison Ports ICARE (Veracruz) operaron de forma intermitente y luego fallaron de manera casi simultánea, con desconexiones recurrentes en la plataforma. La evidencia apunta a **al menos dos causas independientes**, no una sola: (1) defectos de **backend** confirmados en el código que pueden sacar de la plataforma a unidades sanas, y (2) un **evento térmico** sobre un prototipo frágil. El watchdog (firmware) amplificaba cada interrupción. Este informe es preliminar hasta ingerir los registros de campo.

2 Las dos fallas son, probablemente, fallas distintas

- **(A) Muerte súbita y casi simultánea de la flota.** Apunta a un factor de **modo común** (no a cinco fallas coincidentes): un golpe de calor, o un corte de backend/SIM/caster.
- **(B) Desconexiones recurrentes a lo largo del tiempo.** Intermitentes por vibración (Dupont/SMA/soldadura), bloqueos de la tarjeta 4G y un watchdog que se recupera lento y ruidoso.

3 Diagnóstico diferencial (lo barato primero)

Hipótesis	Mecanismo	Prioridad
Backend (modo común)	El <i>retranslator</i> espera el ACK TCP dentro del único bucle UDP → una lentitud aguas arriba tira a toda la flota.	Muy alta
Térmico	Carcasa PLA dentro de gabinete ABS IP67 sellado con la fuente Mean Well dentro: trampa de calor anidada.	Muy alta
Filtro anti-salto	Bloquea de forma permanente a una unidad sana (no actualiza referencia; sobrevive reconexiones).	Alta
Vibración	Dupont/SMA/soldadura se aflojan → intermitencias.	Alta
SIM/caster	Saldo de datos agotado o caster NTRIP caído.	Media
Fusible sub-dimensionado	Posible disparo bajo inrush/carga real (sospecha del cliente).	Media

Prueba gratuita primero

Una unidad que aparece **en línea en el monitor de Helgen pero fuera de línea en la plataforma del cliente** es **víctima del backend, no hardware muerto**. Verificar esto en los registros históricos no cuesta nada y puede exonerar al hardware.

4 Hipótesis térmica (reforzada por el BOM)

Es una **trampa de calor anidada**: una carcasa **PLA** (ablanda ~50–60 °C) sellada dentro de un gabinete **ABS IP67** que además aloja la fuente Mean Well (fuente interna de calor), bajo sol pleno. El PLA puede **deformarse** antes de que ningún chip esté sobre-temperatura. El ZED-F9P está calificado a -40 a $+85$ °C; los afectados por calor son el **18650/PowerBoost**, el **módem 4G** y la **carcasa PLA**, no el receptor. Un **ventilador dentro de una caja sellada no la enfría**; el calor debe conducirse afuera (o se rompe el IP67).

5 Backend — defectos confirmados en el código

- **Recuperación mal dirigida (5 min).** El v1 envía un *reset* del GNSS, que no revive un módem 4G colgado (la falla dominante reportada).
- **Reinicio duro sin backoff (10 min).** Si la tarjeta 4G está colgada, la unidad se reinicia cada ~10 min indefinidamente → desconexiones recurrentes.
- **Filtro anti-salto.** Puede dejar a una unidad fuera de la plataforma de forma permanente. (Ambos corregidos en el firmware v2 y en el plan de backend.)

6 La observación del cliente es correcta

ICAVE describe correctamente un prototipo de laboratorio en un entorno industrial brutal: conectores Dupont, estrés en soldaduras, sin diseño para vibración, conectores flojos, fallas recurrentes de la tarjeta 4G, baja mantenibilidad de SIM y electrónica «no apta para producción». Nada de esto se resuelve por software: es el núcleo del trabajo de **ruggedización + PCB** (Serie 2).

7 Conclusión provisional

Lo más probable es un **evento térmico** sobre un **prototipo frágil**, con el **backend** amplificando cada interrupción — a menos que la muerte simultánea resulte ser un **modo común de backend/SIM/caster**, que debe descartarse primero por ser lo más barato. El plan de corrección es robusto a todo lo anterior: rediseño térmico-mecánico (sin PLA, sin batería en el punto caliente, conducción de calor), interconexión ruggedizada (PCB), firmware más inteligente (v2), fusible verificado y **endurecimiento del backend**.

8 Evidencia pendiente

- Registros de campo (V de batería, calidad de fix, marcas de tiempo de reinicio) y la comparación monitor-Helgen vs. plataforma del cliente.
- Backend: *logs* del *retranslator* + caídas de buffer UDP en la ventana de la falla.
- Unidades retiradas: fotos de PLA deformado, batería inflada, soldaduras; prueba de banco del módem; soak térmico.