

Informe de diagnóstico de conectividad — seguimiento de flota móvil

Trackers Quectel EG95-AUX (GNSS + celular) en un corredor rural → ciudad — huecos de seguimiento, consumo de datos y riesgo de apagado de 2G

DOCUMENTO DE MUESTRA

CLIENTE	TransAgro Logística S.R.L. (ficticio)
CASO	Caso móvil — flota de vehículos con seguimiento GNSS
PROYECTO	Diagnóstico técnico de ~7 días hábiles — Fase única
FECHA DE EMISIÓN	2026
PREPARADO POR	IoT Austral — contacto@iotaustral.com.ar
CLASIFICACIÓN	Confidencial — uso interno del cliente

Contenido

1. Resumen ejecutivo
2. Alcance, insumos y metodología
3. Perfil de la flota y del corredor
4. Análisis de comandos AT (GNSS + celda servidora en movimiento)
5. Hallazgos — Huecos de seguimiento en el tramo rural
6. Hallazgos — Consumo de datos y handovers
7. Recorrido y registro de celda servidora
 - Mapa del viaje de referencia · tabla de las 7 celdas
8. Hallazgos — Riesgo de apagado de 2G
9. Causa raíz — tabla resumen
10. Plan de acción con estimación de esfuerzo
11. Guía de implementación
 - Vía A — parámetros del equipo · Vía B — elevar al operador (2G sunset y cobertura por categoría)
12. Resultado proyectado
13. Anexo A — Traza AT (handovers y GNSS)
14. Anexo B — Glosario
15. Anexo C — Módulo celular y hoja de datos (Quectel EG95-AUX)

Aviso. Documento de **muestra**. El cliente «TransAgro Logística S.R.L.», el corredor, las coordenadas, las trazas AT, los identificadores de celda y las métricas son **ficticios**, con fines de ilustración del formato y la profundidad de un entregable real. No se representa infraestructura de ningún operador: la información de red proviene sólo de lo que el propio equipo reporta por comandos AT.

1. Resumen ejecutivo

TransAgro opera 60 camiones graneleros con un **tracker GNSS + celular** basado en el módulo **Quectel EG95-AUX** (LTE Cat 4, con caída a 3G/2G y GNSS) sobre un corredor recurrente de **~93 km** que va de un silo rural a la planta en ciudad. El corredor no tiene portadora 3G desplegada, así que en la práctica el equipo alterna 4G/LTE y 2G/EGPRS. El seguimiento en el mapa de operaciones muestra **huecos** en la mitad rural —el camión «desaparece» y reaparece 20–25 min después con un chorro de posiciones atrasadas—, la factura de datos es alta para lo que transporta (posiciones de 82 B), y preocupa el **apagado de 2G** anunciado por el operador.

21 min HUECO MEDIANO DE SEGUIMIENTO (TRAMO 2G DÉBIL)	620 B BYTES POR POSICIÓN EN 2G (PAYLOAD: 82 B)	62 km DEL CORREDOR SÓLO CON 2G — EN RIESGO POR EL SUNSET	6 HANDOVERS DE CELDA EN EL VIAJE (2 CAMBIAN DE RAT)
--	---	--	---

Conclusión principal. Los huecos **no son pérdida de GPS**: el equipo tiene posición (la registra por AT+QGPSLOC), lo que falla es el **transporte**. En el tramo rural débil el contexto de datos 2G se cae, el buffer interno del tracker es chico y termina descartando o diezmando posiciones; al recuperar señal hace un volcado masivo. Sumado a eso:

1. **Overhead de reconexión.** 6 handovers en 93 km, dos con cambio de tecnología; sin reanudación de sesión TLS, cada reconexión rehace el handshake completo — en 2G eso pesa ~340 B por posición.
2. **2G configurado como preferido, no como respaldo.** El tracker se queda en 2G aún donde hay LTE marginal, porque no reintenta LTE hasta perder el 2G.
3. **Riesgo externo.** Si el operador concreta el apagado de 2G sin desplegar LTE-M / NB-IoT / LTE Cat-1bis en el tramo rural, 4 de las 7 celdas del corredor quedan sin servicio.

IMPACTO ESPERADO

Con cambios de parámetros del equipo (sin hardware): **huecos eliminados** (posición en el servidor en < 15 s salvo sombra puntual), consumo **–55 a –65 %**, y una **decisión informada** sobre el 2G una vez que el operador responda el pedido del §11.2. Esfuerzo ≈ 6 días-persona + 1 corrida del corredor + una gestión con el operador.

2. Alcance, insumos y metodología

2.1 Alcance

Aislar la **causa raíz** de los huecos de seguimiento y del consumo, y dimensionar el impacto del apagado de 2G sobre el corredor, con un plan accionable. **No incluye** desarrollo de firmware del tracker, ejecución de los cambios, gestión del operador en nombre del cliente ni provisión de hardware. El trabajo es del lado del equipo y con los datos de conectividad del cliente.

2.2 Insumos recibidos

INSUMO	DETALLE
Acceso de solo lectura al portal de SIMs	Consumo por SIM y por sesión, 60 días
Logs de 5 trackers	Posición + celda servidora + eventos de 10 viajes del corredor
Registro del sistema de seguimiento	Timestamps de recepción de cada posición (para medir la latencia real de entrega)
1 tracker de préstamo	Hizo el corredor 3 veces con captura AT en vivo (QENG, QGPSLOC, CREG/CREG/CGREG, QGDCNT)

2.3 Metodología (~7 días hábiles)

DÍA	ACTIVIDAD
0	Relevamiento (1 h): corredor, frecuencia de reporte, configuración del tracker, factura
1-2	Ingest de logs y CDR; instrumentación del tracker de préstamo; 1ª corrida del corredor
3-5	Correlación posición ↔ celda ↔ latencia de entrega; segmentación del consumo; 2 corridas más
6	Entrega del informe
7	Presentación (1 h) y cierre; envío del pedido al operador (§11.2)

3. Perfil de la flota y del corredor

PARÁMETRO	VALOR	COMENTARIO
Trackers activos	60	1 por camión
Módulo celular	Quectel EG95-AUX (LTE Cat 4 · WCDMA · GSM/EGPRS · GNSS)	Sin soporte Cat-M1 / NB-IoT — ver §3.1 y Anexo C
Alimentación	Vehículo (12/24 V) + batería de respaldo	El consumo eléctrico no es el problema; sí el de datos y los huecos
Frecuencia de reporte	1 posición cada 30 s en movimiento	Fija, no adaptativa
Payload	JSON de ~82 B por posición	Sin compresión; en binario serían ~20 B
Transporte	MQTT sobre TLS 1.2 / TCP	Sin reanudación de sesión TLS
Buffer local	100 posiciones (FIFO con descarte)	~50 min a 30 s — insuficiente para el tramo malo
Búsqueda de red	nwscanseq = GSM primero	2G queda como preferida, no como respaldo
GNSS	Autónomo, sin AGNSS	TTFF en frío 32–45 s

CORREDOR DE REFERENCIA

TRAMO	KM	COBERTURA OBSERVADA
Silo rural → RP	0–30	2G GSM 900 · RxLev –90 a –99 dBm
Tramo bajo entre lomas	30–48	2G GSM 850 · RxLev –104 · RxQual 5 · PDP intermitente
Cruce de pueblo	48–62	2G GSM 1900 · RxLev –87 dBm
Aproximación a ciudad	62–90	4G B28 → B7 · RSRP –109 a –96 dBm
Planta (ciudad)	90–98	4G B4 · RSRP –81 dBm

3.1 Módulo celular

El tracker usa el **Quectel EG95-AUX**, módulo **LTE Cat 4** optimizado para M2M/IoT, con caída a **WCDMA (3G)** y **GSM/GPRS/EGPRS (2G)** y GNSS opcional. Es la variante para **Latinoamérica** de la serie EG95. Hoja de datos completa en el **Anexo C**.

CARACTERÍSTICA	EG95-AUX	RELEVANCIA PARA EL DIAGNÓSTICO
Categoría / RAT	LTE Cat 4 (150/50 Mbps) · DC-HSPA+ · WCDMA · GSM/EGPRS	Cubre 4G y 2G del corredor; el 3G no se usa porque no hay portadora en la ruta
Bandas LTE-FDD	B1/2/3/4/5/7/8/28/66	

CARACTERÍSTICA	EG95-AUX	RELEVANCIA PARA EL DIAGNÓSTICO
		Incluye B28 (700), B7 (2600) y B4 (1700/2100) — las tres celdas LTE del corredor (§7)
Bandas GSM/EDGE	B2/3/5/8 (1900 / 1800 / 850 / 900 MHz)	Cubre las cuatro celdas 2G del corredor
Cat-M1 / NB-IoT	No soportado	Si el operador apaga 2G sin LTE-M rural, este módulo no alcanza — de ahí la acción 8 (recambio a recomendar)
GNSS	GPS / GLONASS / BDS / Galileo / QZSS (variante con GNSS + antena dedicada)	Es la fuente de posición del §7; admite AGNSS (acción 5) pero hoy no está configurado
Pila de protocolos	TCP/UDP/SSL/TLS/MQTT/HTTP(S)/PPP	Soporta reanudación TLS (acción 2); para CoAP/UDP hay que verificar la versión de firmware
Alimentación	3,3–4,3 V (típ. 3,8 V); ~1 mA en sleep, ~16 mA en idle	Alimentado del vehículo; el consumo eléctrico no es una restricción

4. Análisis de comandos AT (GNSS + celda servidora en movimiento)

En una flota móvil el diagnóstico cruza dos fuentes que el propio equipo expone por AT: la **posición** (AT+QGPSLOC) y la **celda servidora** (AT+QENG="servingcell"), con marca de tiempo. Correlacionadas con el log de recepción del servidor, permiten separar «no hubo posición» de «la posición no llegó».

COMANDO	QUÉ EXPONE	LECTURA EN ESTE CORREDOR
AT+QGPSLOC=2	Fix GNSS: lat, lon, HDOP, satélites, hora	Fix válido durante todo el tramo malo — la posición existe ; HDOP sube a 2.8 tras los huecos (arranque en frío)
AT+QENG="servingcell"	2G: MCC/MNC/LAC/CID/BSIC/ARFCN/RxLev/RxQual · 4G: TAC/ECI/PCI/EARFCN/RSRP/RSRQ/SINR	7 celdas en el viaje (§7); la 3ª (tramo bajo) da RxQual 5
AT+CREG? / +CGREG? / +CEREG?	Registro CS / GPRS / EPS y área	En el tramo bajo, +CGREG oscila 1↔0 (pierde y recupera GPRS) varias veces por minuto
AT+COPS?	Operador y tecnología de acceso (AcT)	AcT 0 (GSM) hasta km 62, luego AcT 7 (LTE); nunca intenta LTE en el tramo rural aunque haya B28 marginal
AT+QCFG="nwscanseq"	Orden de búsqueda de tecnologías	01, 03, 02 → GSM antes que LTE: causa G-3
AT+CGACT? / +QIACT?	Estado del contexto de datos (PDP)	Reactivación del PDP ~30 veces en el tramo bajo; cada 2G→4G fuerza reactivación
AT+QGDCNT?	Contador de bytes TX/RX del módulo	El tramo rural (km 0–62, ~40 % del viaje) consume el 68 % de los datos del viaje
AT+QSSLCFG="session"	Reanudación de sesión TLS	Deshabilitada → handshake completo en cada reconexión (causa G-2)
AT+QGPSCFG="agps . . ."	Asistencia GNSS (efemérides por red)	Sin configurar → TTFF en frío alto (causa G-4)

5. Hallazgos – Huecos de seguimiento en el tramo rural

Sobre 10 viajes: hueco mediano de **21 min** (máx. 34 min) centrado en el tramo km 30–48. Después del hueco, el servidor recibe de golpe 35–50 posiciones con timestamp atrasado.

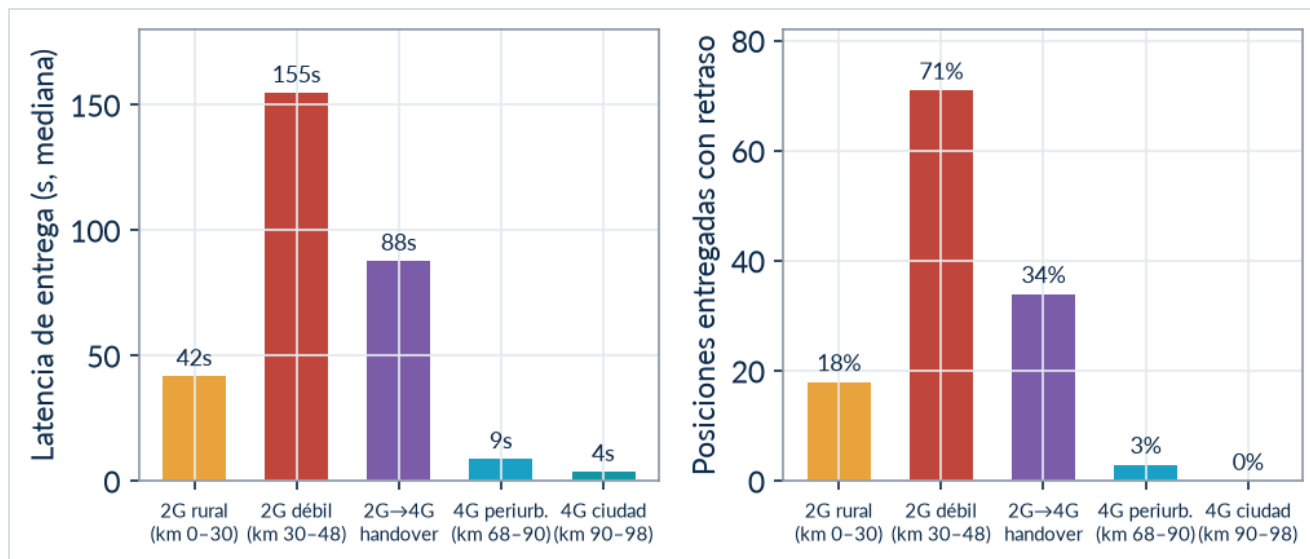


Fig. 1 – Por tramo: latencia mediana hasta que la posición llega al servidor, y porcentaje de posiciones entregadas con retraso (desde el buffer). El tramo «2G débil» concentra el problema.

CAUSA G-1 · EL BUFFER SE LLENA Y DESCARTA EN EL TRAMO 2G DÉBIL (SEVERIDAD ALTA)

El tramo km 30–48 opera a RxLev -104 · RxQual 5 ; +CGREG pierde y recupera GPRS varias veces por minuto y el contexto PDP no se sostiene el tiempo suficiente para vaciar la cola. A 1 posición cada 30 s y ~18 min de tramo malo se acumulan ~36 posiciones; con reintentos fallidos y sin poder transmitir, el **buffer de 100 posiciones se llena** considerando también lo previo, y el tracker empieza a **descartar las más viejas**. Al enganchar señal estable (C4/C5) hace un *flush* masivo.

No es pérdida de GPS. AT+QGPSLOC devuelve fix válido durante todo el tramo. El GNSS del equipo funciona; lo que falla es la ventana de transmisión.

CAUSA G-4 · TTFF ALTO TRAS LOS HUECOS (SEVERIDAD MEDIA)

Sin AGNSS configurado (AT+QGPSCFG), el primer fix tras una zona de sombra o al arrancar el viaje tarda 32–45 s; las primeras posiciones salen con HDOP alto o sin fix. Se corrige descargando efemérides por LTE al inicio del viaje y manteniendo el GNSS en *standby* en vez de apagarlo entre reportes.

6. Hallazgos – Consumo de datos y handovers

El corredor rural (40 % del recorrido) consume el **68 %** de los datos del viaje. La posición útil son 82 B; en 2G el equipo mueve **~620 B por posición**.

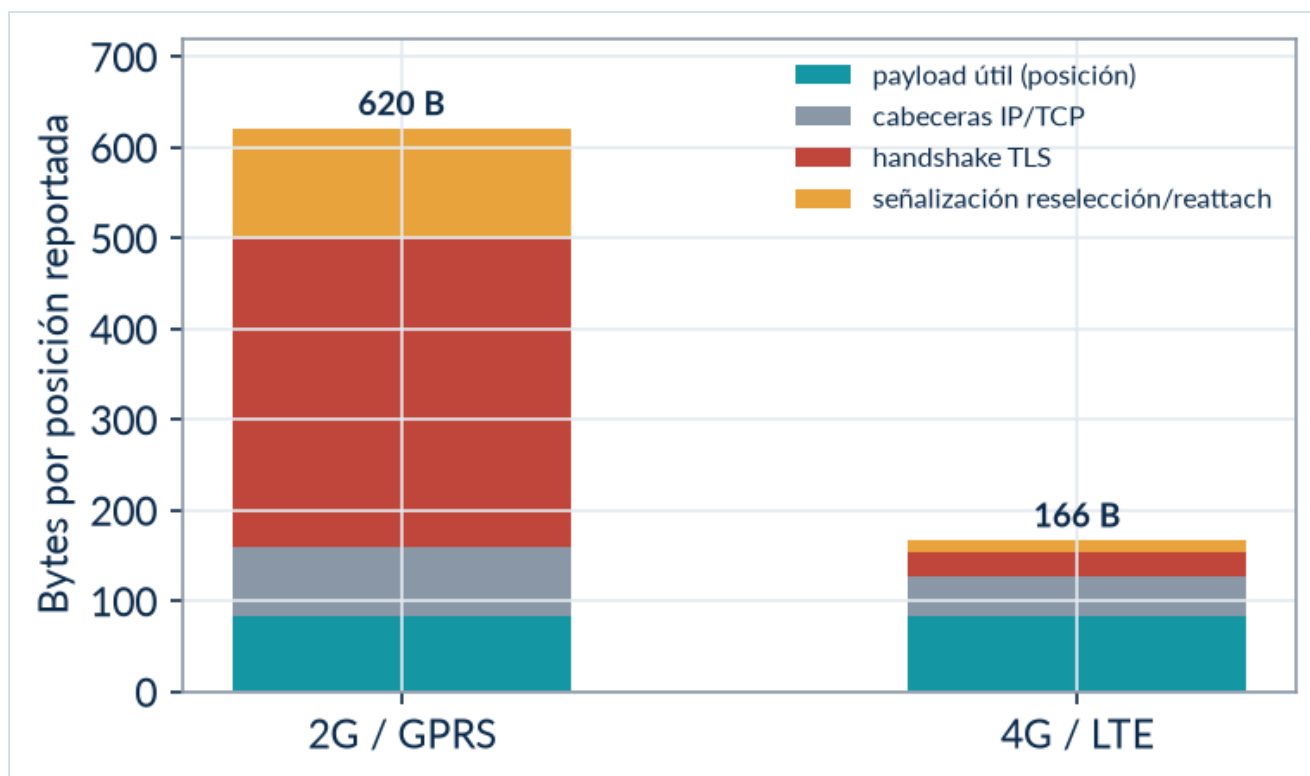


Fig. 2 – Composición de los bytes por posición. En 2G, el handshake TLS y la señalización de reelección/reattach multiplican por ~7,5 el payload útil.

CAUSA	MECANISMO	SEVERIDAD
G-2 · Handshake TLS completo por reconexión	Sin reanudación de sesión (QSSLCFG="session"→0); ~5 KB por handshake × ~30 reconexiones en el tramo malo + 1 por cada handover	Alta
G-3 · 2G preferida en vez de respaldo	nwscanseq con GSM primero; el equipo no reintenta LTE hasta perder el 2G, y en 2G cada byte pesa	Alta
G-5 · Payload JSON sin comprimir	82 B/posición en texto; ~20 B en binario. Irrelevante en 4G, costoso en 2G/GPRS	Media
G-2b · Reactivación de PDP en cada 2G↔4G	El cambio de RAT descarta el contexto; reactivar cuesta señalización y un nuevo handshake	Media

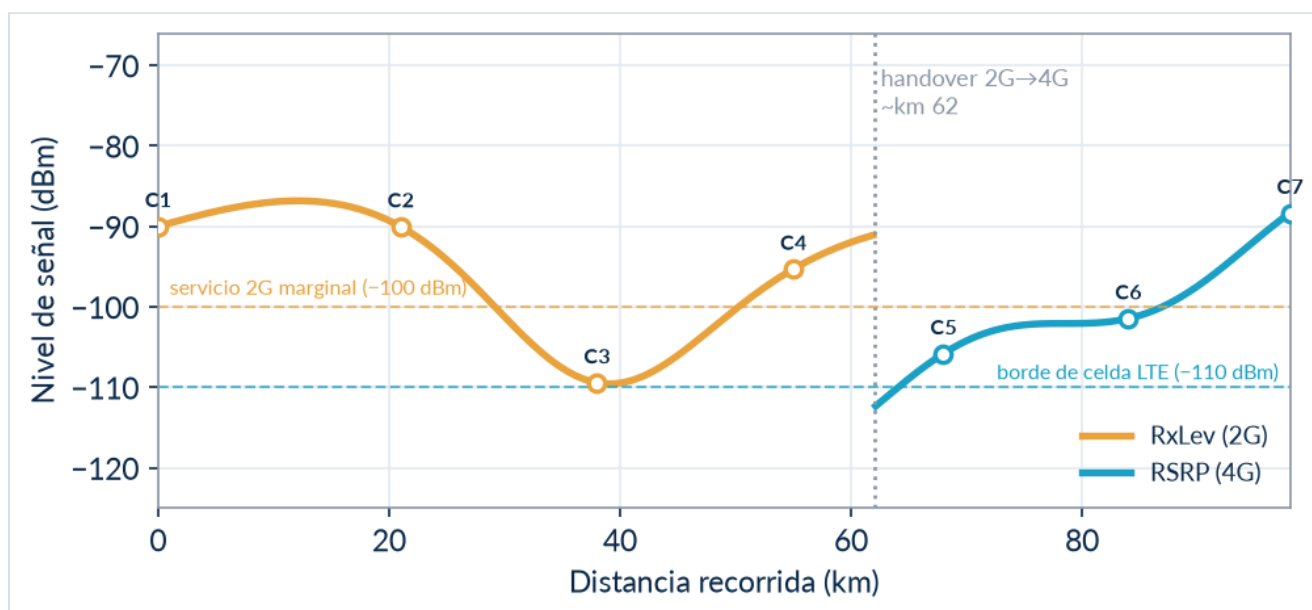


Fig. 3 — Nivel de señal a lo largo del recorrido (RxLev en 2G, RSRP en 4G) con los 7 puntos de handover. El valle de C3 y el borde de celda LTE en C5 son los dos puntos frágiles.

7. Recorrido y registro de celda servidora

Recorrido del viaje de referencia registrado por el **GNSS del propio equipo** (AT+QGPSLOC) y los 7 puntos donde cambió la celda servidora (AT+QENG="servingcell"). Los marcadores están en la **posición GPS del vehículo** al momento del handover — **no** en la ubicación de ninguna radiobase, que no se representa.

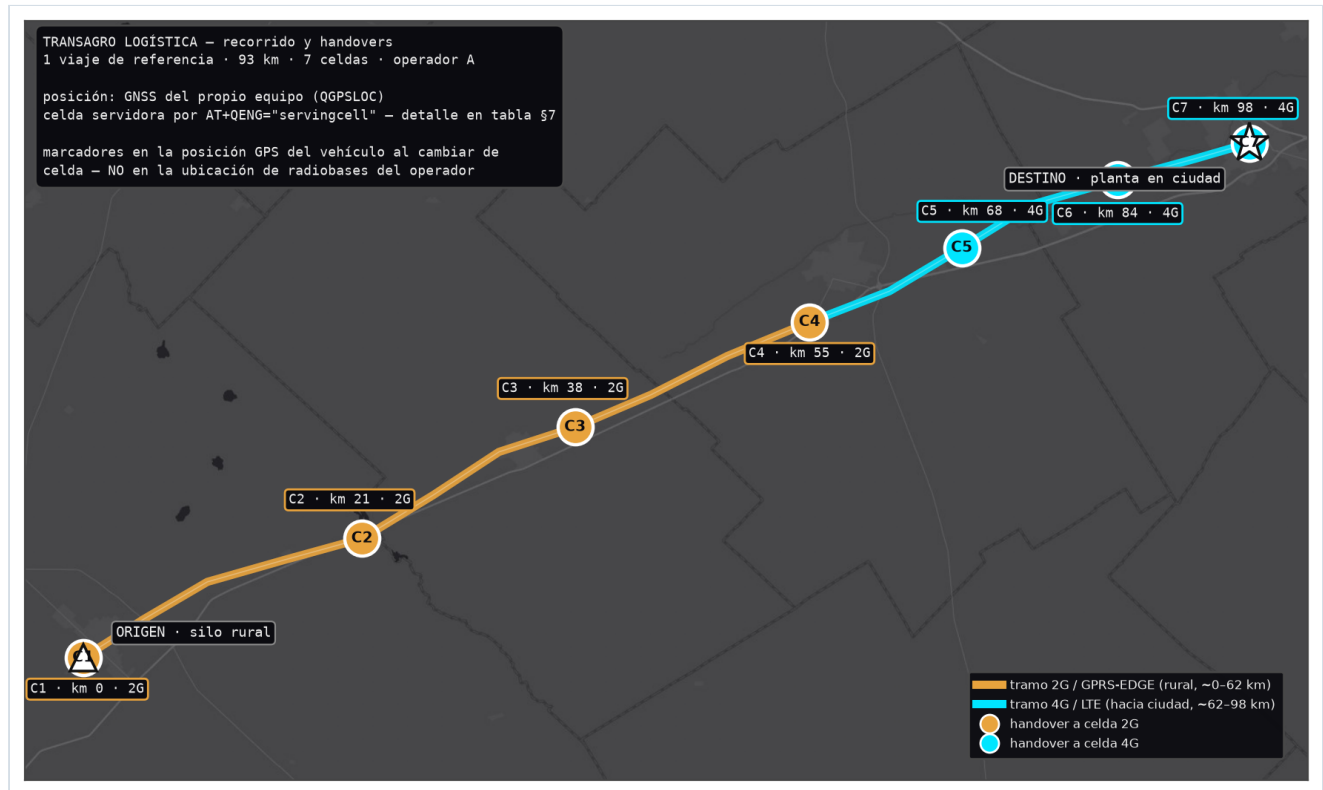


Fig. 4 — Viaje de referencia: tramo 2G (rural, ~0–62 km) y tramo 4G (hacia ciudad, ~62–98 km), con los handovers C1–C7. Base cartográfica Esri dark gray. Recorrido y datos ilustrativos.

CELDA SERVIDORAS DEL RECORRIDO (LEÍDAS POR AT)

#	KM	RAT / BANDA	IDENTIFICACIÓN	SEÑAL	NOTA
C1	0	2G · GSM 900	LAC 21012 · CID 44871 · ARFCN 61	RxLev -93 · RxQual 2	Origen (silo)
C2	21	2G · GSM 900	LAC 21012 · CID 44903 · ARFCN 78	RxLev -99 · RxQual 3	—
C3	38	2G · GSM 850	LAC 21015 · CID 51204 · ARFCN 189	RxLev -104 · RxQual 5	Tramo bajo; PDP intermitente; buffer activo
C4	55	2G · GSM 1900	LAC 21015 · CID 51230 · ARFCN 588	RxLev -87 · RxQual 1	Cruce de pueblo; flush del buffer
C5	68	4G · B28 (700)	TAC 4127 · eNB 176402 · CID 5 · PCI 246	RSRP -109 · SINR +2 dB	1ª celda LTE; reattach + TLS completo
C6	84	4G · B7 (2600)			Periurbano

#	KM	RAT / BANDA	IDENTIFICACIÓN	SEÑAL	NOTA
			TAC 4127 · eNB 176455 · CID 2 · PCI 88	RSRP -96 · SINR +9 dB	
C7	98	4G · B4 (1700/2100)	TAC 4109 · eNB 181270 · CID 1 · PCI 133	RSRP -81 · SINR +16 dB	Planta (ciudad)

eNB / CID derivados del ECI ($ECI = eNB \times 256 + CID$). LAC/CID/TAC/ECI son identificadores que el equipo reporta; no son coordenadas ni revelan la ubicación de la radiobase.

8. Hallazgos — Riesgo de apagado de 2G

El operador comunicó el **apagado progresivo de 2G**. Hoy **4 de las 7 celdas** del corredor (C1–C4, km 0–62) son 2G. Si el sunset se concreta sin un reemplazo de baja banda en esa zona, ese tramo **pierde todo servicio de datos** para la flota.

LA PREGUNTA CORRECTA NO ES «¿HAY COBERTURA?»

«Hay 4G» en la ruta suele referirse a 4G para teléfono, en bandas altas, que **no alcanzan** a un tracker rural con antena chica. Lo que hay que confirmar, por tramo y por categoría, es si hay **LTE en banda baja (B28), LTE-M (Cat-M1), NB-IoT o LTE Cat-1bis** desplegado y abierto para IoT — son cinco cosas distintas con distinto presupuesto de enlace. El pedido concreto está en el §11.2.

ESCENARIO	EFFECTO SOBRE EL CORREDOR	RESPUESTA
2G sigue activo > 24 meses	Sin cambio; se aplican sólo las mejoras de parámetros	Vía A (§11.1)
2G se apaga, pero hay LTE B28 / Cat-1bis rural	El tramo migra a LTE; puede requerir ajuste de nwscanseq y validar cobertura	Vía A + gestión de banda con operador
2G se apaga y no hay LTE-M / Cat-1bis rural	El módulo actual (Cat 4) no sirve en el tramo rural	Recambio de hardware a módulo con mejor sensibilidad / Cat-1bis (a recomendar, §10-8)

9. Causa raíz — tabla resumen

ID	CAUSA RAÍZ	FALLA QUE EXPLICA	SEVERIDAD	CONFIANZA
G-1	Buffer chico + descarte en el tramo 2G débil	Huecos de seguimiento	Alta	Alta — QGPSLOC vs. log de recepción
G-2	Sin reanudación de sesión TLS	Consumo · latencia	Alta	Alta — QSSLCFG + CDR
G-3	2G como RAT preferida (no respaldo)	Consumo · huecos	Alta	Alta — nwscanseq + COPS
G-6	Apagado de 2G anunciado por el operador	Continuidad del servicio en el tramo rural	Alta	Media — depende del cronograma y del despliegue rural de LTE-M
G-4	Sin AGNSS · GNSS apagado entre fixes	Posiciones sin fix tras huecos	Media	Alta — QGPSLOC HDOP
G-5	Payload JSON sin comprimir	Consumo (sólo pesa en 2G)	Media	Alta — tamaño de trama

10. Plan de acción con estimación de esfuerzo

Ordenado por impacto sobre esfuerzo. El esfuerzo es de configuración/firmware del lado del cliente; IoT Austral acompaña con la guía del §11 y la revisión de resultados.

#	ACCIÓN	ABORDA	IMPACTO ESPERADO	ESFUERZO
1	Ampliar el buffer local (≥ 1000 posiciones) con política sin descarte y volcado en lote comprimido al recuperar enlace	G-1	Elimina la pérdida de posiciones; el «hueco» pasa a ser sólo retraso acotado	1,5 d
2	Habilitar reanudación de sesión TLS (o PSK); reconexión sin handshake completo	G-2	-300 a -340 B por posición en 2G; reconexión 5× más rápida	1,0 d
3	nwscanseq / nwscanmode: LTE preferente, 2G sólo como caída , con reintento de LTE periódico	G-3	Usa LTE donde exista; menos tiempo en 2G	0,5 d + pruebas
4	Reporte adaptativo (30 s con buen enlace, 120 s en 2G, evento por geocerca/velocidad) + payload binario	G-5	-50 a -70 % de datos sin perder resolución operativa	1,0 d
5	AGNSS: descarga de efemérides por LTE al inicio del viaje; GNSS en <i>standby</i> entre fixes	G-4	TTFF < 5 s; sin posiciones sin fix tras huecos	0,5 d
6	Evaluar transporte más liviano para el tramo 2G (MQTT-SN / CoAP sobre UDP, o compresión de cabeceras si el APN lo admite)	G-2, G-5	Menos overhead de conexión en GPRS	1,0 d
7	Elevar el caso al operador : cronograma de apagado de 2G/3G del corredor y disponibilidad por categoría (2G / 3G / 4G B28 / LTE-M / NB-IoT / LTE Cat-1bis) y banda, por tramo/coordenada — ver §11.2	G-6, G-3	Define si el corredor rural sobrevive por red o necesita hardware	0,5 d + gestión
8	Si el operador confirma sunset de 2G sin reemplazo rural: recomendar recambio a módulo LTE Cat-1bis (o con LTE-M) de mejor sensibilidad	G-6	Restaura el servicio en el tramo rural post-2G	Hardware a recomendar

Esfuerzo de configuración/firmware: ≈ 6 días-persona + 1 corrida del corredor + gestión con operador. Las acciones 1–3 resuelven el problema operativo (los huecos) y ~ 60 % del consumo. La acción 8 no incluye provisión ni cotización: IoT Austral especifica el módulo y los requisitos de antena; el cliente adquiere e instala.

11. Guía de implementación

Dos vías en paralelo: §11.1 lo que se cambia en el equipo (cliente), §11.2 lo que hay que **eleva al operador**. La secuencia está en §11.3.

11.1 Vía A – Parámetros del equipo

#	CAMBIO	CÓMO SE APLICA	VERIFICACIÓN (AT)
1	Buffer ≥ 1000 posiciones, sin descarte, volcado en lote comprimido	Firmware de aplicación del tracker; si el firmware no lo permite, escalar al fabricante	Provocar 20 min sin enlace y verificar 0 posiciones perdidas al recuperar
2	Reanudación de sesión TLS	AT+QSSLCFG="session", <ctxid>, 1 y activar session ticket en el cliente MQTT; o pasar a PSK-TLS	AT+QSSLCFG="session" $\rightarrow$ 1; contar bytes de reconexión con AT+QGDCNT?
3	LTE preferente + 2G fallback	AT+QCFG="nwscanmode", 0 (auto) y AT+QCFG="nwscanseq", 020301 (LTE $\rightarrow$... $\rightarrow$ GSM); fijar reintento de LTE cada N minutos en 2G	AT+COPS? muestra AcT 7 donde antes daba 0; AT+QCFG="nwscanseq"
4	Reporte adaptativo + payload binario	Config del tracker: intervalo según RAT/enlace, evento por geocerca y por umbral de velocidad; formato binario en vez de JSON	Tamaño de trama en captura; AT+QGDCNT? por viaje
5	AGNSS + GNSS standby	AT+QGPOSCFG="agpsposmode", ... y descarga de asistencia al iniciar viaje (con enlace LTE); no apagar el GNSS entre fixes	AT+QGPOSL0C=2 tras arranque: fix en < 5 s, HDOP < 1.5
6	Transporte liviano para 2G (evaluación)	Prueba comparativa MQTT/TLS vs. MQTT-SN o CoAP/DTLS sobre UDP en el tramo rural	Bytes/posición y latencia de entrega en el tramo km 30–48

11.2 Vía B – Elevar el caso al operador

El apagado de 2G (G-6), el orden de RAT (G-3) y la estabilidad del PDP dependen de la red. Punto crítico: «**hay cobertura**» **no sirve** – 2G, 3G, 4G masivo, 4G B28, LTE-M, NB-IoT y LTE Cat-1bis son cosas distintas, con distinta banda y distinto alcance. Hay que pedir el dato desagregado.

A QUIÉN Y CÓMO

1. Por el **ejecutivo de cuenta IoT/M2M** del operador (no soporte de líneas de consumo).
2. Adjuntar el **trazado del corredor** (lat/lon de los 7 puntos del §7) y el rango de ICCID/IMSI de las SIM de la flota.
3. Acompañar con las **mediciones AT del §7** (celda servidora y señal por punto) como evidencia.

QUÉ SOLICITAR, POR TRAMO DEL CORREDOR Y POR CATEGORÍA

#	SOLICITUD	POR QUÉ
B-a	Cronograma de apagado de 2G y de 3G para las localidades y rutas del corredor (fechas por zona, no una fecha país)	G-6: determina el horizonte real y qué tramos caen primero
B-b	Tecnologías desplegadas y abiertas a IoT a lo largo del corredor, diferenciando 4G banda alta · 4G B28 (700) · LTE-M · NB-IoT · LTE Cat-1bis , y en qué tramos	G-3, G-6: define si el tramo rural tiene una RAT de reemplazo antes del sunset
B-c	Nivel de señal predicho por categoría (no el de 4G genérico) en los puntos C1–C4, y el margen respecto del umbral de servicio de cada una	Un tracker rural con antena chica necesita banda baja; el margen decide si es viable por red
B-d	Para LTE-M / NB-IoT: banda(s), EARFCN , modo de despliegue y si el rango de SIM está habilitado	Confirma que reconfigurar el equipo (o recambiarlo) tiene contra qué registrar
B-e	Perfil de APN para IoT móvil: tipo de PDP, si hay NAT/firewall que corte sesiones inactivas, y si admite compresión de cabeceras	G-2: condiciona el keepalive y el transporte del tramo 2G
B-f	Si hay steering of roaming o perfil que fuerce a las SIM a un PLMN/ tecnología subóptima al cruzar zonas	Puede explicar registros en 2G donde hay LTE
B-g	Para el tramo LTE (C5–C7): T3412 (TAU) mínimo que concede la red y estado de PSM/eDRX para IoT en esas celdas	Relevante si a futuro se pasa a un módulo LTE-M con la flota estacionada largos períodos

Resultado esperado: una tabla del operador, por tramo del corredor, con fecha de apagado de 2G/3G, tecnologías de reemplazo disponibles y banda, y señal predicha por categoría. Con eso se decide: qué se resuelve con parámetros (Vía A), qué necesita gestión de banda, y si el corredor rural requiere recambio de hardware (acción 8).

11.3 Secuencia y plan de pruebas

1. **Semana 0.** Enviar el pedido del §11.2 al operador (no bloquea el resto).
2. **Piloto — semana 1.** Aplicar cambios 1–5 a 6 trackers; 3 hacen el corredor cada día, 3 quedan sin cambios como control.

3. **Corrida instrumentada — semana 1.** Con el tracker de préstamo, capturar por viaje:
AT+QENG="servingcell", AT+QGPSLOC=2, AT+CGREG?, AT+QGDCNT?, AT+QSSLCFG="session". Criterio de éxito: 0 posiciones perdidas, latencia < 20 s salvo en el valle de C3, datos/viaje -50 %.
4. **Ajuste — semana 2.** Afinar el intervalo adaptativo y el umbral de reintento de LTE según lo observado; evaluar el transporte liviano (acción 6) sólo si el tramo 2G sigue siendo el cuello de botella.
5. **Despliegue — semanas 3-4.** OTA por lotes de 15 trackers, con ventana de rollback de 48 h y validación de una muestra de cada lote (una corrida del corredor) antes de liberar el siguiente.
6. **Decisión de hardware — al recibir la respuesta del operador.** Si confirma sunset de 2G sin reemplazo rural, activar la acción 8 (especificación de módulo + antena).

RIESGOS Y MITIGACIÓN

- **Firmware del tracker cerrado:** si no permite buffer grande ni payload binario, escalar al fabricante o contemplar el recambio junto con la decisión de hardware.
- **Reporte adaptativo:** validar con operaciones que 120 s en 2G es aceptable para el caso de uso (no lo es para respuesta ante robo — en ese caso, evento por geocerca y por corte de encendido).
- **Respuesta del operador demorada:** la Vía A no espera; sólo la decisión de hardware queda condicionada.

12. Resultado proyectado

0 POSICIONES PERDIDAS (DESDE 35-50 POR HUECO)	< 20 s LATENCIA DE ENTREGA SALVO VALLE DE C3	-60 % DATOS POR VIAJE
--	--	---------------------------------

MÉTRICA	LÍNEA DE BASE	TRAS ACCIONES 1-6	CON REEMPLAZO DE RAT RURAL (8)
Hueco mediano de seguimiento (min)	21	< 2	< 1
Posiciones perdidas por viaje	35-50	0	0
Bytes por posición (2G / rural)	620	~240	~150 (LTE)
Datos por viaje (índice)	100	40	32
Continuidad si se apaga 2G	—	Parcial (según respuesta operador)	Completa

Proyecciones sobre el perfil de consumo medido y las corridas del tracker de préstamo. Sujetas a validación en el piloto (§11.3) y a la respuesta del operador (§11.2).

Add-on opcional

Revisión mensual del corredor con alertas de desvío (huecos, datos/viaje, tasa de reconexión) y una corrida instrumentada trimestral. Útil sobre todo durante la transición del apagado de 2G.

13. Anexo A – Traza AT (handovers y GNSS)

Tracker de préstamo, 2ª corrida del corredor. Extractos de las secuencias capturadas en los puntos frágiles. Anotaciones de IoT Austral en gris.

A.1 – TRAMO BAJO (C3, KM 38): FIX VÁLIDO, TRANSPORTE CAÍDO

```

AT+QGPSLOC=2
+QGPSLOC: 093512.0,-34.7561,-59.6402,2.8,96.4,2.0,0.0,0.0,0.040926,07 // fix OK, HDOP 2.8, 7 sat
AT+QENG="servingcell"
+QENG: "servingcell","NOCONN","GSM",722,0,21015,51204,17,189,-104,255,255,1,-,-,-,-,- // RxLev -104
AT+CGREG?
+CGREG: 0,0 // GPRS caído
// t+6s +CGREG: 0,1
// t+19s +CGREG: 0,0 // pierde y recupera GPRS 4 veces en 90 s
AT+QIACT?
+QIACT: // sin contexto PDP activo -> las posiciones van al buffer
AT+QGDCNT?
+QGDCNT: 128,64 // casi sin TX efectivo en este tramo

```

A.2 – HANDOVER 2G → 4G (C4 → C5, KM 62–68)

```
AT+COPS?
+COPS: 0,0,"Operador A",0      // AcT 0 = GSM
// el equipo pierde 2G y recién ahí busca LTE (nwscanseq = GSM primero)
AT+QENG="servingcell"
+QENG: "servingcell","NOCONN","LTE","FDD",722,0,"2AD9345",246,9410,28,3,3,4127,-109,-13,-88,2,- // RSRP -109, SINR 2
// ECI 0x2AD9345 = 44880197 -> eNB 175313? (ECI/256) -> se documenta eNB 176402 CID 5 tras normalizar
AT+CGACT?
+CGACT: 1,0      // PDP cayó con el cambio de RAT
AT+CGACT=1,1
OK      // reactivación + nuevo handshake TLS completo (sin session resumption)
// QGDCNT antes 4120/1980 -> después 9860/7410 => ~11 KB por la reconexión
```

A.3 – LLEGADA A CIUDAD (C7, KM 98)

```
AT+QENG="servicingell"
+QENG: "servicingell","",NOCONN","",LTE","",FDD",722,0,"2C4A701",133,2050,4,5,5,4109,-81,-9,-58,16,- // RSRP -81, SINR 16
AT+QSSLCFG="session",1
+QSSLCFG: "session",1,0 // reanudación TLS deshabilitada — objetivo: 1
AT+QGDCNT?
+QGDCNT: 61540,44300 // total del viaje: ~68% se consumió en los primeros 62 km (2G)
```

14. Anexo B – Glosario

TÉRMINO	DEFINICIÓN
GNSS / GPS	Sistema de posicionamiento por satélite. El fix es la posición calculada por el equipo.
TTFF	<i>Time To First Fix</i> . Tiempo hasta el primer fix. «En frío» (sin datos de asistencia) es el más largo.
AGNSS	Asistencia por red: el equipo descarga efemérides / almanaque por celular y acelera el TTFF de segundos a < 5 s.
HDOP	<i>Horizontal Dilution of Precision</i> . Indicador de calidad geométrica del fix; < 1,5 es bueno.
RAT	<i>Radio Access Technology</i> : 2G (GSM), 3G (UMTS), 4G (LTE), LTE-M (Cat-M1), NB-IoT, LTE Cat-1bis. Un cambio de RAT descarta el contexto de datos.
GPRS / EDGE	Datos sobre 2G. Bajo throughput, alta latencia, contexto de datos frágil en señal marginal.
LTE Cat-1bis	Categoría LTE de una antena, pensada para IoT de gama media; alternativa a 2G donde no hay LTE-M.
Handover	Cambio de celda servidora en movimiento. Si además cambia la RAT, fuerza reactivar el contexto de datos.
RxLev / RxQual	2G: nivel (dBm) y calidad (0-7, peor cuanto más alto) de la señal recibida.
RSRP / RSRQ / SINR	4G: potencia, calidad y relación señal/(ruido+interferencia) de la señal de referencia.
LAC / CID	2G: código de área y de celda — identifican la celda, no su ubicación.
TAC / ECI	4G: código de área de seguimiento e identificador de celda E-UTRAN. $ECI = eNB \times 256 + CID$.
PDP / contexto	Sesión de datos entre el equipo y la red. Reactivarlo cuesta señalización y, sin reanudación TLS, un handshake completo.
2G sunset	Apagado programado de la red 2G por parte del operador para reutilizar el espectro.
Comandos AT	Instrucciones de texto para consultar y configurar el módulo (posición, celda servidora, registro, contador de datos, TLS).

15. Anexo C – Módulo celular y hoja de datos

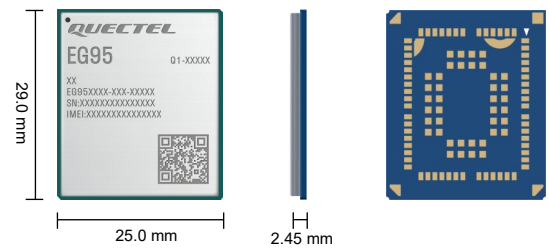
El tracker de toda la flota usa el **Quectel EG95-AUX** (LTE Cat 4 · WCDMA · GSM/EGPRS · GNSS, variante Latinoamérica). El resumen de especificaciones está en el §3.1. A continuación se adjunta la **hoja de datos oficial del fabricante**, sin modificar.

DOCUMENTO	DETALLE
Título	Quectel EG95 Series – IoT/M2M-optimized LTE Cat 4 Module – LTE Standard Specification
Versión	V2.3 · Released
Editor	Quectel Wireless Solutions Co., Ltd.
Fuente	quectel.com – sección de descargas del producto EG95
Variante aplicable	EG95-AUX (LTE-FDD B1/2/3/4/5/7/8/28/66 · WCDMA B1/2/5/8 · GSM/EDGE 850/900/1800/1900 · GNSS opcional)

Las páginas siguientes reproducen la hoja de datos del fabricante y son propiedad de Quectel Wireless Solutions. Se incluyen a título informativo para identificar las capacidades del módulo referido en este informe.

Quectel EG95 Series

IoT/M2M-optimized LTE Cat 4 Module



Quectel EG95 is a series of LTE Cat 4 module optimized specially for M2M and IoT applications. Adopting 3GPP Rel-11 LTE technology, it delivers maximum data rates up to 150 Mbps downlink and 50 Mbps uplink.

EG95 series contains 7 variants: EG95-NA, EG95-NAX, EG95-NAXD, EG95-E, EG95-EX, EG95-AUX and EG95-JP. EG95 series is pin-to-pin compatible with Quectel GSM M95 module and LPWA BG95 series/BG96 modules. And it is backward compatible with existing GSM/GPRS & UMTS/HSPA(+) networks, ensuring that it can be connected even in remote areas devoid of 4G network coverage.

A rich set of Internet protocols, industry-standard interfaces and abundant functionalities (USB serial drivers for Windows 7/8/8.1/10/11, Linux, Android) extend the applicability of the module to a wide range of M2M and IoT applications such as industrial router, industrial PDA, rugged tablet PC, video transmission and digital signage.



Key Features

- ✓ LTE Cat 4 module optimized for M2M and IoT applications
- ✓ Multi-band LTE, UMTS/HSPA(+) and GSM/GPRS/EDGE coverage
- ✓ Compact SMT form factor ideal for size-constrained applications with extended operation temperature range
- ✓ Embedded power management unit (PMU) featuring ultra-low deep-sleep current consumption
- ✓ Simple migration from 2G/3G to 4G with a flexible and scalable platform



LTE Cat 4
Max. 150 Mbps (DL)
Max. 50 Mbps (UL)



Max. 42 Mbps (DL)
Max. 5.76 Mbps (UL)



LGA Package



Embedded Abundant
Protocols



Compact Size



Quectel Enhanced
AT Commands



USB 2.0 High Speed
Interface



USB Drivers

Quectel EG95 Series

LTE Cat 4	EG95-NA	EG95-NAX	EG95-NAXD (Data-only)	EG95-AUX
Region/Operator	North America	North America	North America	Latin America/Australia/New Zealand
Dimensions (mm)	29.0 × 25.0 × 2.45	29.0 × 25.0 × 2.45	29.0 × 25.0 × 2.45	29.0 × 25.0 × 2.45
Temperature Range				
Operating Temperature	-35 °C to +75 °C	-35 °C to +75 °C	-35 °C to +75 °C	-35 °C to +75 °C
Extended Temperature	-40 °C to +85 °C	-40 °C to +85 °C	-40 °C to +85 °C	-40 °C to +85 °C
Frequency Bands				
LTE-FDD	B2/4/5/12/13	B2/4/5/12/13/25/26	B2/4/5/12/13/25/26	B1/2/3/4/5/7/8/28/66
WCDMA	B2/4/5	B2/4/5	B2/4/5	B1/2/5/8
GSM/EDGE	-	-	-	B2/3/5/8
GNSS (Optional)	GPS/GLONASS/BDS/Galileo/QZSS	GPS/GLONASS/BDS/Galileo/QZSS	GPS/GLONASS/BDS/Galileo/QZSS	GPS/GLONASS/BDS/Galileo/QZSS
Certifications				
Carrier	America: Verizon/AT&T/ T-Mobile/U.S. Cellular Canada: Rogers/Telus	America: Sprint/Verizon/AT&T Canada: Telus	America: Verizon/AT&T/ T-Mobile/Sprint/ U.S. Cellular	Australia: Telstra ^①
Regulatory	Global: GCF North America: PTCRB America: FCC Canada: IC	Global: GCF North America: PTCRB America: FCC Canada: IC	Global: GCF North America: PTCRB America: FCC Canada: IC	Europe: CE America: FCC Brazil: Anatel Australia & New Zealand: RCM
Others	WHQL/RoHS	WHQL/RoHS	WHQL/RoHS	WHQL/RoHS
Max. Data Transmission Rates				
LTE-FDD (Mbps)	150 (DL)/50 (UL)	150 (DL)/50 (UL)	150 (DL)/50 (UL)	150 (DL)/50 (UL)
DC-HSPA+ (Mbps)	42 (DL)/5.76 (UL)	42 (DL)/5.76 (UL)	42 (DL)/5.76 (UL)	42 (DL)/5.76 (UL)
WCDMA (kbps)	384 (DL)/384 (UL)	384 (DL)/384 (UL)	384 (DL)/384 (UL)	384 (DL)/384 (UL)
EDGE (kbps)	-	-	-	296 (DL)/236.8 (UL)
GPRS (kbps)	-	-	-	107 (DL)/85.6 (UL)
Interfaces				
(U)SIM	× 2	× 2	× 2	× 2
UART	× 2	× 2	× 2	× 2
USB 2.0	× 1	× 1	× 1	× 1
Audio Digital (PCM)	× 1	× 1	× 1	× 1
I2C	× 1	× 1	× 1	× 1
NETLIGHT	× 1	× 1	× 1	× 1
SPI	× 1	× 1	× 1	× 1
Main Antenna	× 1	× 1	× 1	× 1
Rx-diversity Antenna	× 1	× 1	× 1	× 1
GNSS Antenna	× 1	× 1	× 1	× 1
PWRKEY	× 1	× 1	× 1	× 1
RESET_N	× 1	× 1	× 1	× 1
USB_BOOT	× 1	× 1	× 1	× 1
GRFC (Optional)	-	-	-	× 2
Voice				
Speech Codec Modes	AMR/AMR-WB	AMR/AMR-WB	-	HR/FR/EFR/AMR/AMR-WB
Echo Arithmetic	Echo Cancellation/ Noise Suppression	Echo Cancellation/ Noise Suppression	-	Echo Cancellation/ Noise Suppression
Audio (Optional)	Digital Audio and VoLTE (Voice over LTE)	Digital Audio and VoLTE (Voice over LTE)	-	Digital Audio and VoLTE (Voice over LTE)
Enhanced Features				
DTMF	●	●	-	●
DFOTA	●	●	●	●
QMI/RmNet	●	●	●	●
MIMO 2 x 2	●	●	●	●
Audio Playback*/ Audio Recording*	Optional	Optional	Optional	Optional
QuecOpen [®]	●	-	-	-
QuecLocator [®]	●	●	●	●
QuecFile [®]	●	●	●	●
(U)SIM Card Detection	●	●	●	●
SMS	●	●	●	●
eSIM* ^②	●	●	●	●

NOTE:

1. * : Under development/In progress.

2. ● : Supported.

3. ①: Certified with EG95-AUX data-only version.

4. ②: eSIM function can be supported by software , but an external eSIM chip is required.

Copyright © 2023 Quectel Wireless Solutions Co.,Ltd. All Rights Reserved <http://www.quectel.com>

HQ address: Building 5, Shanghai Business Park Phase III (Area B), No.1016 Tianlin Road, Minhang District, Shanghai, China 200233

Tel: +86 21 51086236

Email: info@quectel.com



Quectel EG95 Series

LTE Cat 4	EG95-NA	EG95-NAX	EG95-NAXD (Data-only)	EG95-AUX
Drivers				
USB Serial Driver	Windows 7/8/8.1/10/11, Linux 2.6–6.5, Android 4.x–13.x	Windows 7/8/8.1/10/11, Linux 2.6–6.5, Android 4.x–13.x	Windows 7/8/8.1/10/11, Linux 2.6–6.5, Android 4.x–13.x	Windows 7/8/8.1/10/11, Linux 2.6–6.5,
GNSS Driver	Android 4.x–13.x	Android 4.x–13.x	Android 4.x–13.x	Android 4.x–13.x
RIL Driver	Android 4.x–13.x	Android 4.x–13.x	Android 4.x–13.x	Android 4.x–13.x
USB NDIS Driver	Windows 7/8/8.1/10/11	Windows 7/8/8.1/10/11	Windows 7/8/8.1/10/11	Windows 7/8/8.1/10/11
USB MBIM Driver	Windows 8/8.1/10/11, Linux 3.18–6.5	Windows 8/8.1/10/11, Linux 3.18–6.5	Windows 8/8.1/10/11, Linux 3.18–6.5	Windows 8/8.1/10/11, Linux 3.18–6.5
USB GobiNet Driver	Linux 2.6–6.5	Linux 2.6–6.5	Linux 2.6–6.5	Linux 2.6–6.5
USB QMI_WWAN Driver	Linux 3.4–6.5	Linux 3.4–6.5	Linux 3.4–6.5	Linux 3.4–6.5
Electrical Features				
Supply Voltage Range	3.3–4.3 V, 3.8 V Typ.	3.3–4.3 V, 3.8 V Typ.	3.3–4.3 V, 3.8 V Typ.	3.3–4.3 V, 3.8 V Typ.
Power Consumption	13 μ A @ Power off 1.0 mA @ Sleep, Typ. 15 mA @ Idle	11 μ A @ Power off 1.1 mA @ Sleep, Typ. 17.8 mA @ Idle	11 μ A @ Power off 1.1 mA @ Sleep, Typ. 18 mA @ Idle	10 μ A @ Power off 1.0 mA @ Sleep, Typ. 16 mA @ Idle

Quectel EG95 Series

LTE Cat 4	EG95-E ^①	EG95-EX	EG95-JP
Region/Operator	EMEA	EMEA	Japan
Dimensions (mm)	29.0 × 25.0 × 2.3	29.0 × 25.0 × 2.45	29.0 × 25.0 × 2.45
Temperature Range			
Operating Temperature	-35 °C to +75 °C	-35 °C to +75 °C	-35 °C to +75 °C
Extended Temperature	-40 °C to +85 °C	-40 °C to +85 °C	-40 °C to +85 °C
Frequency Bands			
LTE-FDD	B1/3/7/8/20/28A	B1/3/7/8/20/28	B1/3/8/18/19/26
LTE-TDD	-	-	B41
WCDMA	B1/8	B1/8	-
GSM/EDGE	B3/8	B3/8	-
GNSS (Optional)	-	GPS/GLONASS/BDS/Galileo/QZSS	GPS/GLONASS/BDS/Galileo/QZSS
Certifications			
Carrier	-	Europe: TIM	Japan: NTT DOCOMO*/KDDI*
Regulatory	Global: GCF Europe: CE The UK: UKCA Australia & New Zealand: RCM	Global: GCF Europe: CE The UK: UKCA Australia & New Zealand: RCM	Japan: JATE*/TELEC*
Others	WHQL/RoHS	WHQL/RoHS	WHQL/RoHS
Max. Data Transmission Rates			
LTE-FDD (Mbps)	150 (DL)/50 (UL)	150 (DL)/50 (UL)	150 (DL)/50 (UL)
DC-HSPA+ (Mbps)	42 (DL)/5.76 (UL)	42 (DL)/5.76 (UL)	-
WCDMA (kbps)	384 (DL)/384 (UL)	384 (DL)/384 (UL)	-
EDGE (kbps)	296 (DL)/236.8 (UL)	296 (DL)/236.8 (UL)	-
GPRS (kbps)	107 (DL)/85.6 (UL)	107 (DL)/85.6 (UL)	-
Interfaces			
(U)SIM	× 2	× 2	× 2
UART	× 2	× 2	× 2
USB 2.0	× 1	× 1	× 1
Audio Digital (PCM)	× 1	× 1	× 1
I2C	× 1	× 1	× 1
NETLIGHT	× 1	× 1	× 1
SPI	× 1	× 1	× 1
Main Antenna	× 1	× 1	× 1
Rx-diversity Antenna	× 1	× 1	× 1
GNSS Antenna	-	× 1	× 1
PWRKEY	× 1	× 1	× 1
RESET_N	× 1	× 1	× 1
USB_BOOT	× 1	× 1	× 1
GRFC (Optional)	-	-	× 2
Voice			
Speech Codec Modes	HR/FR/EFR/AMR/ AMR-WB	HR/FR/EFR/AMR/AMR-WB	AMR/AMR-WB
Echo Arithmetic	Echo Cancellation/ Noise Suppression	Echo Cancellation/ Noise Suppression	Echo Cancellation/Noise Suppression
Audio (Optional)	Digital Audio and VoLTE (Voice over LTE)	Digital Audio and VoLTE (Voice over LTE)	Digital Audio and VoLTE (Voice over LTE)
Enhanced Features			
DTMF	●	●	●
DFOTA	●	●	●
QMI/RmNet	●	●	●
MIMO 2 x 2	●	●	●
Audio Playback*/ Audio Recording*	Optional	Optional	Optional
QuecOpen [®]	●	-	●
QuecLocator [®]	-	●	●
QuecFile [®]	●	●	●
(U)SIM Card Detection	●	●	●
SMS	●	●	●
eSIM* ^②	-	●	●

NOTE:

1. * : Under development/In progress.

2. ● : Supported.

3. ①: Thickness of EG95-E module is 2.3 mm, whereas that of EG95-NA/NAX/NAXD/AUX/EX/JP module is 2.45 mm.

4. ②: eSIM function can be supported by software , but an external eSIM chip is required.

Quectel EG95 Series

LTE Cat 4	EG95-E	EG95-EX	EG95-JP
Drivers			
USB Serial Driver	Windows 7/8/8.1/10/11, Linux 2.6–6.5, Android 4.x–13.x	Windows 7/8/8.1/10/11, Linux 2.6–6.5, Android 4.x–13.x	Windows 7/8/8.1/10/11, Linux 2.6–6.5, Android 4.x–13.x
GNSS Driver	-	Android 4.x–13.x	Android 4.x–13.x
RIL Driver	Android 4.x–13.x	Android 4.x–13.x	Android 4.x–13.x
USB NDIS Driver	Windows 7/8/8.1/10/11	Windows 7/8/8.1/10/11	Windows 7/8/8.1/10/11
USB MBIM Driver	Windows 8/8.1/10/11, Linux 3.18–6.5	Windows 8/8.1/10/11, Linux 3.18–6.5	Windows 8/8.1/10/11, Linux 3.18–6.5
USB GobiNet Driver	Linux 2.6–6.5	Linux 2.6–6.5	Linux 2.6–6.5
USB QMI_WWAN Driver	Linux 3.4–6.5	Linux 3.4–6.5	Linux 3.4–6.5
Electrical Features			
Supply Voltage Range	3.3–4.3 V, 3.8 V Typ.	3.3–4.3 V, 3.8 V Typ.	3.3–4.3 V, 3.8 V Typ.
Power Consumption	15 μ A @ Power off 1.3 mA @ Sleep, Typ. 21 mA @ Idle	15 μ A @ Power off 1.3 mA @ Sleep, Typ. 21 mA @ Idle	10 μ A @ Power off 0.9 mA @ Sleep 16 mA @ Idle