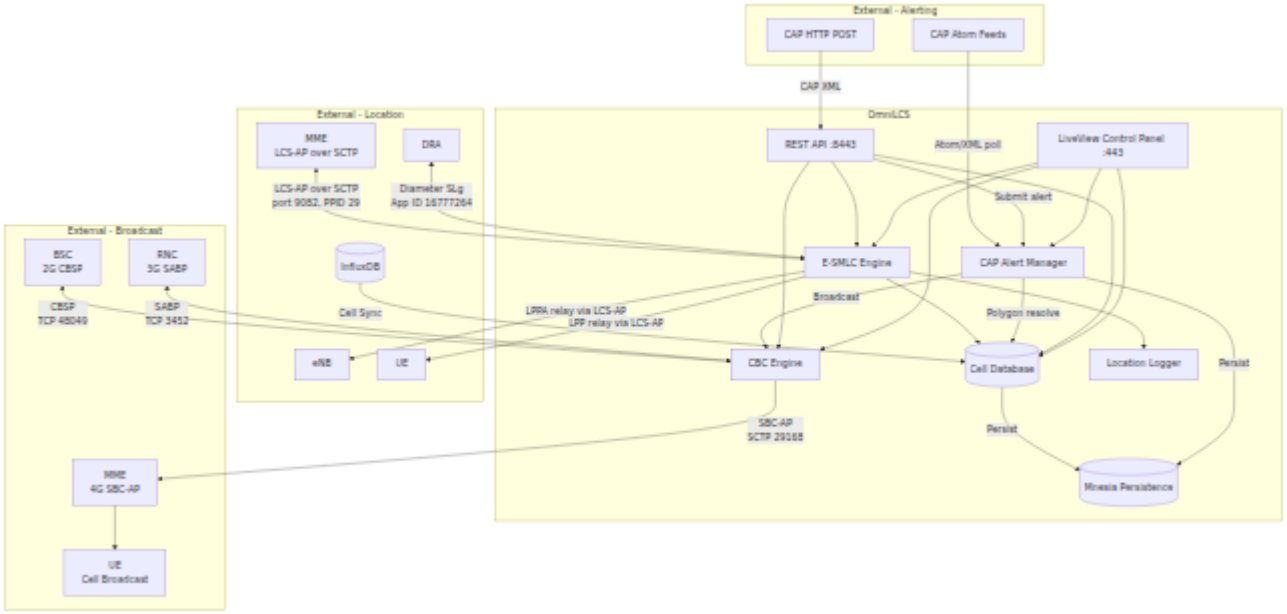
# Guía de Operaciones de OmniLCS

OmniLCS es una plataforma integrada de Localización LTE/GSM y Difusión Celular. Combina un **E-SMLC** (Centro de Localización Móvil Evolucionado) para la posicionamiento de UE con un **CBC** (Centro de Difusión Celular) para servicios de advertencia pública y difusión comercial, todo dentro de una única aplicación Elixir/OTP.

## Visión General de la Arquitectura




## Visión General de Características

### E-SMLC: Servicios de Localización

- **Métodos de Posicionamiento**: Cell ID, Enhanced Cell ID (E-CID), GNSS/A-GPS, OTDOA
- **LCS-AP sobre SCTP (Interfaz SLs)**: Se comunica con el MME utilizando LCS-AP nativo según 3GPP TS 29.171, puerto 9082, PPID 29

- **Relay LPPA/LPP**: Envía mensajes de protocolo de posicionamiento a eNBs y UEs a través del MME mediante Información Orientada a Conexión LCS-AP
- **Base de Datos de Celdas**: Almacena posiciones de celdas para posicionamiento por Cell ID y OTDOA. Soporta importación desde Huawei U2020 XLSX (GSM/UMTS/LTE/NR), CSV específico del proveedor, JSON y sincronización con InfluxDB. Persistido en Mnesia para sobrevivir a reinicios
- **Multilateración OTDOA**: Calcula la posición de UE a partir de mediciones RSTD utilizando mínimos cuadrados iterativos
- **Registro de Localización**: Persiste cada fijación de localización en CSV y en la historia en memoria. Registro opcional en InfluxDB cuando está configurado
- **Seguimiento de Suscriptores**: Polling de localización periódico por IMSI con intervalo y método configurables. Resultados almacenados en Mnesia con exportación KML/CSV
- **Prueba de Conducción Virtual**: Campañas multi-IMSI que combinan posicionamiento GNSS con mediciones de señal E-CID (RSRP/RSRQ). Gestión a nivel de campaña con monitoreo en tiempo real, registro en InfluxDB y exportación KML/CSV con datos de calidad de señal

## GMLC: Centro de Localización Móvil Gateway

- **Interfaz Le**: Interfaz Diameter para clientes LCS externos (PSAPs, gestión de flotas, interceptación legal) según 3GPP TS 29.172
- **Autorización de Clientes**: Control de acceso por cliente con coincidencia de tipo y límites de tasa configurables
- **Localización Periódica**: Sesiones diferidas que realizan fijaciones de posición a intervalos configurables con registro en InfluxDB y entrega de LRR Diameter
- **Localización Activada (Geo-fence)**: Suscripciones a eventos de área con disparadores de entrada/salida/estar dentro contra áreas circulares o poligonales
- **Entrega de Informe de Localización**: Envía mensajes Diameter Location-Report-Request (LRR) a los clientes de origen para cada fijación diferida

## CBC: Difusión Celular

- **CBSP 2G**: Servidor TCP en el puerto 48049 aceptando conexiones de BSCs
- **SABP 3G**: TCP en el puerto 3452 (interfaz Iu-BC, 3GPP TS 25.419, transporte según TS 25.414 §7.1.3.3). CBC se conecta saliendo a pares RNC configurados; también escucha conexiones RNC entrantes (Indicaciones de Fallo/Reinicio)
- **SBC-AP 4G**: Cliente SCTP conectándose a pares MME en el puerto 29168
- **Difusiones Multilingües**: Envía la misma alerta en múltiples idiomas simultáneamente, cada una con su propio Esquema de Codificación de Datos CBS y Código de Mensaje según 3GPP TS 23.038
- **Actualizaciones de Difusión**: Actualiza una difusión activa incrementando el Número de Actualización. Envía automáticamente Stop-Warning para el antiguo serial antes del nuevo Write-Replace
- **Formateo de Mensajes**: Codificación GSM de 7 bits y UCS-2, ensamblaje de páginas CBS, construcción de números de serie
- **Tipos de Advertencia**: Soporte ETWS (terremoto, tsunami, prueba) con alerta de emergencia y activación de ventana emergente
- **Gestión del Estado de Difusión**: Seguimiento de difusión activa con persistencia a través de reinicios, monitoreo de tiempo de espera de respuesta
- **Persistencia en Mnesia**: Base de datos de celdas y estado de alerta CAP persistidos en tablas disc_copies de Mnesia, sobreviviendo a reinicios de la aplicación sin re-importación
- **Procedimientos PWS**: Maneja PWS-Restart-Indication y PWS-Failure-Indication de MMEs
- **Ingesta de Alertas CAP**: Acepta el Protocolo Común de Alertas (CAP) v1.2 XML de autoridades de alerta externas a través de HTTP POST o polling de feed Atom, resuelve áreas de advertencia poligonales a TACs/LACs, y activa difusiones celulares con aprobación opcional del operador

## Interfaces de Control

- **API REST**: HTTPS en el puerto 8443 con puntos finales para solicitudes de localización, gestión de celdas y estado del sistema

- **Panel de Control LiveView**: HTTPS en el puerto 443 con tablero en tiempo real, pruebas de localización, gestión de base de datos de celdas, monitoreo de pares Diameter y composición de difusión CBC

# Estructura de la Documentación

| Documento | Descripción |
|---|---|
| Referencia de Configuración | Todos los parámetros de configuración con tablas y ejemplos |
| Operaciones de Difusión Celular | Operaciones CBSP (2G), SABP (3G) y SBC-AP (4G), formateo de mensajes, solución de problemas |
| Operaciones de Alertas CAP | Ingesta CAP v1.2, resolución de polígonos, flujo de aprobación, polling de feeds |
| Servicios de Localización | Métodos de posicionamiento E-SMLC, interfaz LCS-AP, base de datos de celdas, OTDOA |
| Seguimiento de Suscriptores y Prueba de Conducción | Seguimiento periódico, campañas de prueba de conducción virtual, mediciones RSRP/RSRQ, exportación KML/CSV |
| GMLC y Interfaz Le | Acceso de clientes LCS externos, localización periódica y geo-fence, registro en InfluxDB |
| Referencia de API REST | Todos los puntos finales de API con ejemplos de solicitud/respuesta |
| Guía de Interfaz Web | Páginas y características del panel de control LiveView |

# Resumen de Interfaces

| Interfaz | Protocolo | Transporte | Puerto | Dirección | Refe 3( |
|---|---|---|---|---|---|
| SLs (E-SMLC ↔ MME) | LCS-AP | SCTP | 9082 | OmniLCS se conecta a MMEs | TS 29 |
| SLg/Le (GMLC ↔ Clientes LCS/DRA) | Diameter | SCTP | 3868 | Entrante de clientes LCS, saliente a DRA | TS 29 |
| CBSP | CBSP | TCP | 48049 | BSCs se conectan a OmniLCS | TS 48 |
| SABP (Iu-BC) | SABP | TCP | 3452 | Saliente a RNCs / Entrante de RNCs | TS 25 §7.1. |
| SBC-AP | SBC-AP | SCTP | 29168 | OmniLCS se conecta a MMEs | TS 29 |
| API REST | HTTPS | TCP | 8443 | Clientes se conectan a OmniLCS | -- |
| Panel de Control | HTTPS | TCP | 443 | Navegadores se conectan a OmniLCS | -- |

| Interfaz | Protocolo | Transporte | Puerto | Dirección | Refe 3( |
|---|---|---|---|---|---|
| Sincronización de Celdas | HTTP | TCP | 8086 | OmniLCS consulta InfluxDB | -- |

# Árbol de Supervisión

OmniLCS inicia los siguientes procesos bajo un supervisor uno-a-uno:

1. **OmniLcs.Persistence**: Inicialización de Mnesia y persistencia respaldada en disco para la base de datos de celdas y alertas CAP
2. **OmniLcs.Context**: Inicialización de tabla ETS (cell_database, location_session, pending_transactions); carga de celdas persistidas desde Mnesia al iniciar
3. **OmniLcs.InfluxDb**: Pool de conexiones InfluxDB
4. **OmniLcs.Esmlc.LocationLogger**: Registro de fijaciones de localización en CSV y ETS
5. **Task.Supervisor**: Ejecución de tareas asíncronas
6. **OmniLcs.Sls.SctpTransport**: Conexiones de cliente LCS-AP SCTP SLs a MMEs
7. **DiameterEx.Supervisor**: Gestión de servicio y pares Diameter (SLg y otras interfaces Diameter)
8. **OmniLcs.Esmlc.CellSync**: Sincronización periódica de celdas en InfluxDB
9. **OmniLcs.Cbc.CbspConnectionSupervisor**: DynamicSupervisor para conexiones TCP CBSP 2G
10. **OmniLcs.Cbc.CbspTransport**: Escucha TCP CBSP (puerto 48049)
11. **OmniLcs.Cbc.SabpConnectionSupervisor**: DynamicSupervisor para conexiones TCP SABP 3G
12. **OmniLcs.Cbc.SabpTransport**: Escucha TCP SABP (puerto 3452)
13. **OmniLcs.Cbc.Engine**: Gestión del estado de difusión CBC (2G, 3G y 4G)
14. **OmniLcs.Cbc.SctpTransport**: Conexiones de cliente SBC-AP SCTP a MMEs

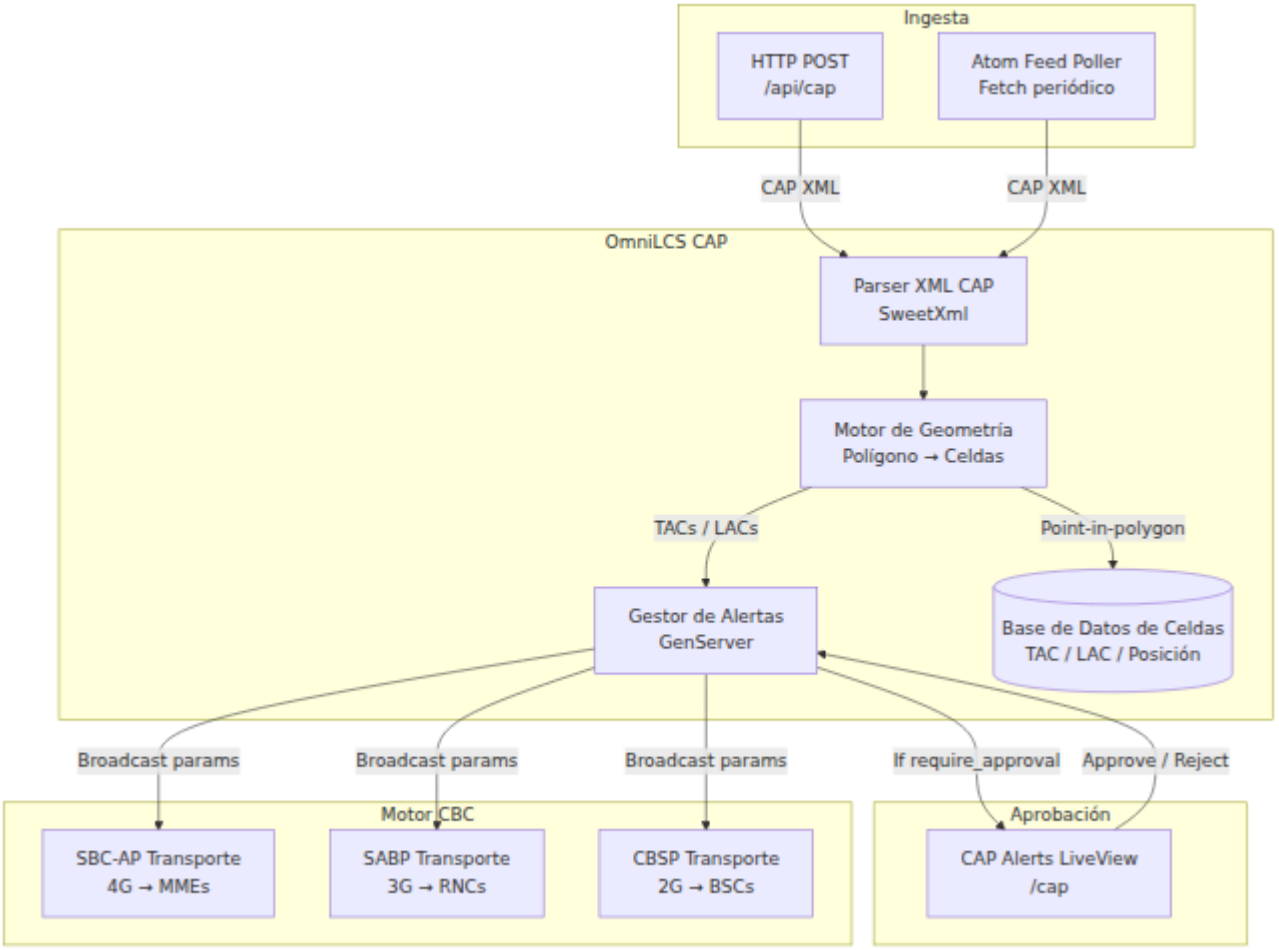
15. **OmniLcs.Cap.AlertManager**: Gestión del ciclo de vida de alertas CAP (analizar, resolver, aprobar, difundir); persistido en Mnesia
16. **OmniLcs.Cap.FeedPoller**: Polling periódico de feed Atom CAP
17. **OmniLcs.Gmlc.ClientRegistry**: Gestión de clientes LCS externos autorizados
18. **OmniLcs.Gmlc.SessionSupervisor**: DynamicSupervisor para sesiones de localización periódicas y activadas
19. **OmniLcs.Tracking.SessionSupervisor**: DynamicSupervisor para sesiones de vigilancia de seguimiento de suscriptores
20. **OmniLcs.DriveTest.CampaignSupervisor**: DynamicSupervisor para campañas de prueba de conducción virtual

# Guía de Operaciones de Alertas CAP

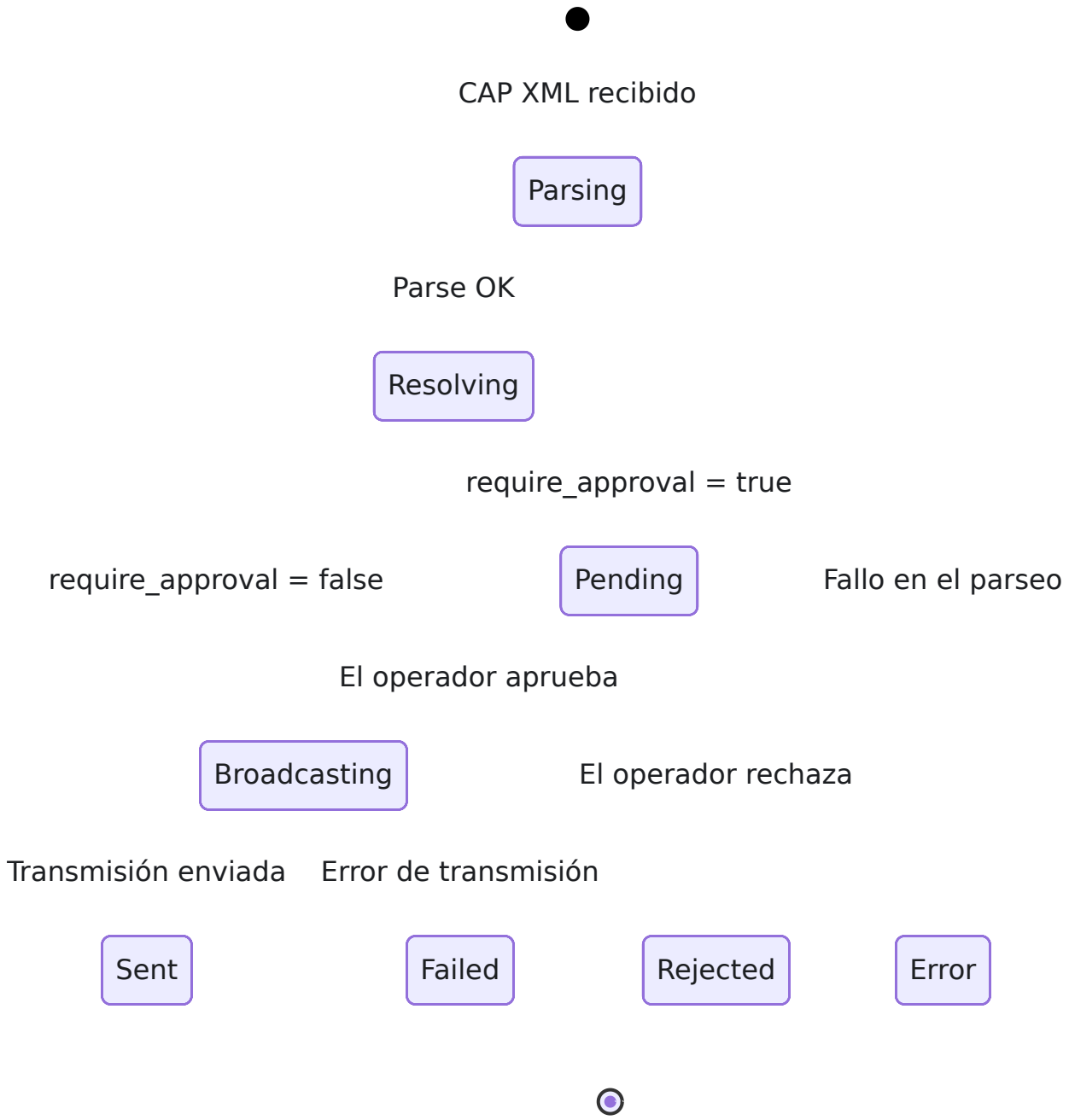
OmniLCS acepta mensajes XML del **Protocolo Común de Alertas (CAP) v1.2** de autoridades de alerta externas (servicios meteorológicos, agencias de gestión de emergencias, etc.), resuelve áreas de advertencia geográficas a la infraestructura celular de la red y activa transmisiones celulares a través del motor CBC existente en interfaces 4G (SBC-AP), 3G (SABP) y 2G (CBSP).

Se admiten dos métodos de ingestión: **HTTP POST** (push) para integración directa y **sondeo de feed Atom** (pull) para monitorear fuentes de feed CAP estándar. Un **paso de aprobación manual** configurable permite a los operadores previsualizar alertas antes de la transmisión.

# Arquitectura



# Ciclo de Vida de la Alerta




Cuando se recibe una alerta CAP (a través de HTTP POST o sondeo de feed):

1. El **parser XML CAP** extrae el sobre de alerta, bloques de información, áreas de advertencia (polígonos) y parámetros CB.
2. El **motor de geometría** empareja cada polígono con la base de datos de celdas utilizando ray-casting (point-in-polygon), resolviendo áreas de advertencia a listas de TACs (4G), SAIs (3G) y LACs (2G).
3. Si `require_approval` es `true`, la alerta se coloca en cola como **pendiente** y aparece en la interfaz de usuario LiveView del operador para su

previsualización y aprobación.

4. Si `require_approval` es `false`, la alerta se aprueba automáticamente y se envía inmediatamente al motor CBC.
5. Al transmitir, el motor CBC envía Write-Replace-Warning-Request (4G SBC-AP), Write-Replace (3G SABP) y/o WRITE-REPLACE (2G CBSP) a todos los MMEs, RNCs y BSCs conectados.

# Configuración

## Configuración de CAP

```
config :omnilcs, :cap,
  # Requiere aprobación del operador antes de transmitir
  require_approval: true,

  # Identidad PLMN para mensajes de transmisión
  plmn: %{mcc: "001", mnc: "01"},

  # Utiliza el radio de cobertura celular para el emparejamiento
de polígonos (vs solo punto central)
  coverage_aware: false,

  # Fuentes de feed Atom a sondear (vacío = sin sondeo)
  feeds: []
```

## Parámetros de CAP

| Parámetro | Tipo | Requerido | Predeterminado | Descr |
|---|---|---|---|---|
| `require_approval` | booleano | No | `true` | Cuando las alert colocan para la aprobac operado de la transmis Cuando `false`, l alertas s aprueba automát y se trar de inme |
| `plmn` | mapa | No | `%{mcc: "001", mnc: "01"}` | Identida (MCC/MN utilizada mensaje transmis Debe co con la re servicio. |
| `plmn.mcc` | cadena | Sí | `"001"` | Código d Móvil (3 |
| `plmn.mnc` | cadena | Sí | `"01"` | Código d Móvil (2- dígitos). |

| Parámetro | Tipo | Requerido | Predeterminado | Descr |
|---|---|---|---|---|
| `coverage_aware` | booleano | No | `false` | Cuando el emparej de políg utiliza el cobertur cada cel determin intersec lugar de punto ce Útil para grandes bordes c polígono |
| `feeds` | lista | No | `[]` | Lista de configur de feed CAP a sc Ver Conf de Feed. |

## Configuración de Feed

Cada entrada en la lista `feeds` define una fuente de feed Atom CAP a monitorear.

```
config :omnilcs, :cap,
  feeds: [
    %{url: "https://alerts.weather.gov/cap/us.php?x=1",
poll_interval_seconds: 60},
    %{url: "https://feeds.meteoalarm.org/api/v1/warnings/atom",
poll_interval_seconds: 120}
  ]
```

| Parámetro | Tipo | Requerido | Predeterminado | Des |
|---|---|---|---|---|
| `url` | cadena | Sí | -- | URL Aton Debe devo XML (RFC con de a CAP incru |
| `poll_interval_seconds` | entero | No | `60` | Segu entre sond feed más prop una inge alert rápic aum tráfi red. |

El sondeador de feeds rastrea los identificadores de alertas vistos para evitar reprocesamiento. Cada nueva `<entry>` en el feed tiene su `<alert>` XML

incrustado extraído y enviado al Gestor de Alertas.

## Ejemplo de Configuración: Configuración Completa de CAP

```
config :omnilcs, :cap,
  require_approval: true,
  plmn: %{mcc: "001", mnc: "01"},
  coverage_aware: true,
  feeds: [
    %{url: "https://alerts.weather.gov/cap/us.php?x=1",
poll_interval_seconds: 60}
  ]
```

**Cómo funciona:** Las alertas CAP del feed meteorológico del NWS se verifican cada 60 segundos. Se analizan nuevas alertas y sus áreas de advertencia en polígono se emparejan con la base de datos de celdas utilizando intersección consciente de cobertura. Las alertas emparejadas aparecen en la página LiveView de Alertas CAP para revisión del operador. El operador puede previsualizar los detalles de la alerta (texto del mensaje, severidad, celdas emparejadas, TACs/LACs), luego aprobar para transmitir o rechazar para descartar.

# Base de Datos de Celdas: Campos TAC, LAC y RAT

La resolución de polígonos CAP depende de que las celdas en la base de datos tengan campos **TAC** (4G), **LAC** (2G y 3G), **SAC** (3G) y **RAT** poblados. Estos campos determinan qué interfaz de transmisión se utiliza para cada celda.

# Campos de Celda para CAP

| Campo | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `tac` | entero | Código de Área de Seguimiento. Utilizado para transmisiones SBC-AP 4G. Las celdas con un TAC se incluyen en la lista TAI enviada a los MMEs. |
| `lac` | entero | Código de Área de Localización. Utilizado para transmisiones CBSP 2G y SABP 3G. Las celdas con un LAC se incluyen en la lista de celdas enviada a los BSCs y en la lista SAI enviada a los RNCs. |
| `rat` | cadena | Tecnología de Acceso Radio: `"4g"`, `"3g"` o `"2g"`. Informativo; la presencia de `tac` o `lac` determina la focalización de la transmisión. |

Estos campos se pueden establecer a través de:

- **API REST** al crear o actualizar celdas (`POST /api/cells`, `PUT /api/cells/:id`)
- **Importación JSON** (`priv/cells.json`) con campos `"tac"`, `"lac"` y `"rat"` por celda
- **Entrada manual** en la página LiveView de la Base de Datos de Celdas

Al sincronizar celdas desde InfluxDB, se preservan los valores TAC/LAC/RAT existentes (InfluxDB no proporciona estos campos, por lo que no se sobrescriben con `nil`).

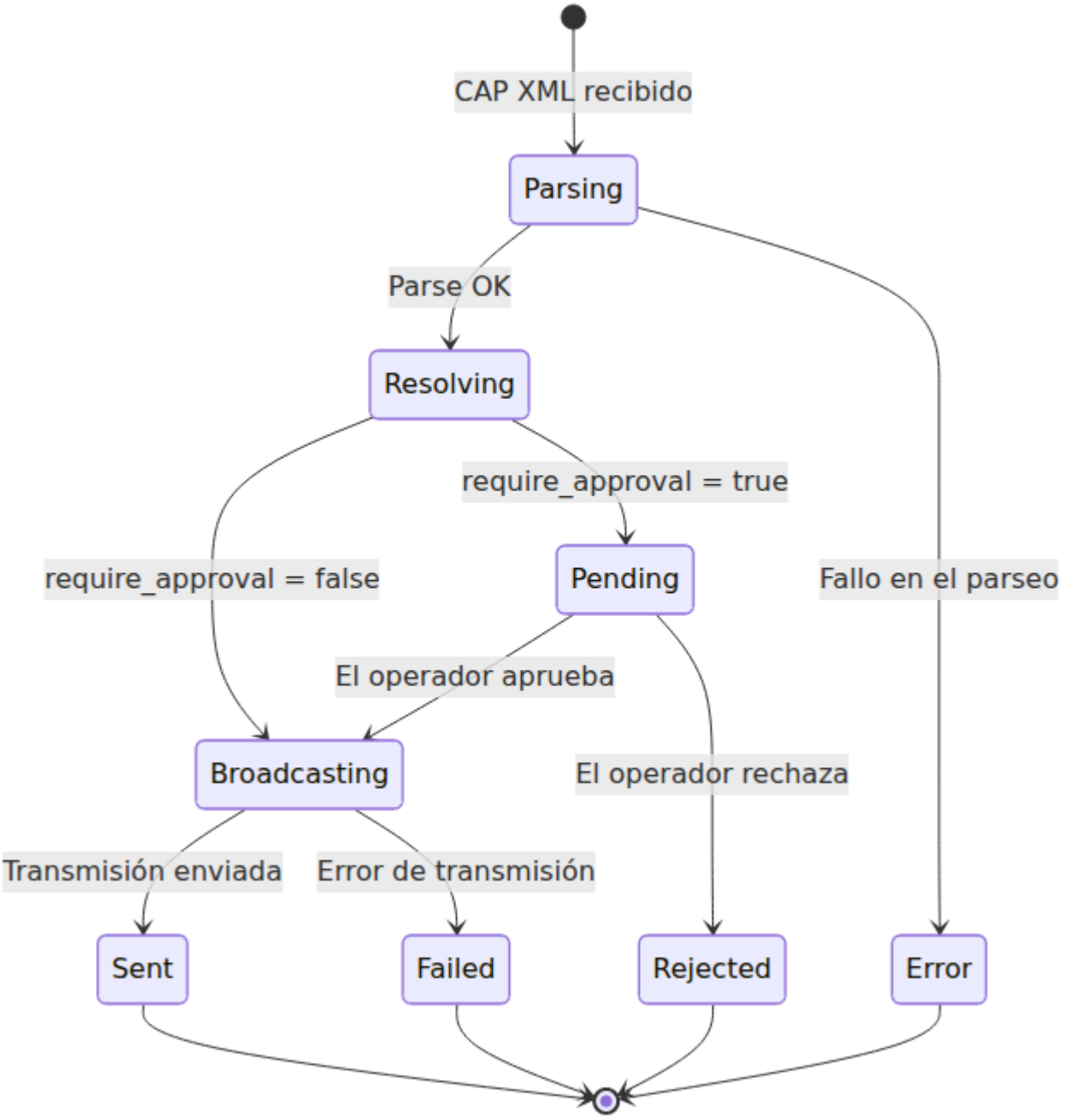
## Ejemplo de JSON de Celda

```
[
  {
    "cell_id": "eNB-001-cell-01",
    "latitude": 40.7128,
    "longitude": -74.0060,
    "pci": 100,
    "earfcn": 1300,
    "radius": 500,
    "tac": 100,
    "lac": null,
    "rat": "4g"
  },
  {
    "cell_id": "BTS-001-cell-01",
    "latitude": 40.7130,
    "longitude": -74.0065,
    "pci": null,
    "earfcn": null,
    "radius": 2000,
    "tac": null,
    "lac": 5001,
    "rat": "2g"
  }
]
```

# Resolución de Polígonos

Cuando una alerta CAP contiene áreas de advertencia en polígono, el motor de geometría determina qué celdas caen dentro de cada polígono.

# Cómo Funciona el Emparejamiento de Polígonos




**Modo estándar** (`coverage_aware: false`): Una celda coincide si su punto central (latitud/longitud) cae dentro del polígono, utilizando el algoritmo de ray-casting.

**Modo consciente de cobertura** (`coverage_aware: true`): Una celda coincide si su área de cobertura (modelada como un círculo con el campo `radius` de la celda) intersecta el polígono. Esto captura celdas cuyo centro está justo fuera del polígono pero cuya cobertura se extiende dentro de él.

## Formato de Polígono CAP

CAP v1.2 define polígonos como pares de `lat,lon` separados por espacios. Los primeros y últimos puntos deben ser idénticos (polígono cerrado):

```
38.47,-120.14 38.34,-119.95 38.52,-119.74 38.62,-119.89
38.47,-120.14
```

# Formato XML CAP

El parser maneja CAP v1.2 según el estándar OASIS. Elementos clave extraídos:

## Sobre de Alerta

| Elemento | Descripción |
|---|---|
| `<identifier>` | Identificador único de alerta |
| `<sender>` | Originador de la alerta |
| `<sent>` | Marca de tiempo de emisión de la alerta |
| `<status>` | `Actual`, `Ejercicio`, `Sistema`, `Prueba`, `Borrador` |
| `<msgType>` | `Alerta`, `Actualización`, `Cancelar`, `Ack`, `Error` |
| `<scope>` | `Público`, `Restringido`, `Privado` |

## Bloque de Información

Cada bloque `<info>` contiene el contenido de la alerta para un idioma/público específico:

| Elemento | Descripción |
|---|---|
| `<category>` | Categoría de alerta (Geo, Met, Seguridad, etc.) |
| `<event>` | Descripción del tipo de evento (por ejemplo, "Advertencia de Tornado") |
| `<urgency>` | Inmediato, Esperado, Futuro, Pasado, Desconocido |
| `<severity>` | Extremo, Severo, Moderado, Menor, Desconocido |
| `<certainty>` | Observado, Probable, Posible, Improbable, Desconocido |
| `<headline>` | Breve encabezado de alerta |
| `<description>` | Texto completo de descripción de alerta (utilizado como mensaje de transmisión) |
| `<instruction>` | Acción recomendada |

## Parámetros CB

Los parámetros de transmisión celular se extraen de los elementos `<parameter>` dentro de cada bloque `<info>`:

| Nombre del Parámetro | Descripción |
|---|---|
| `CBMessageIdentifier` | ID de mensaje CB de 16 bits para la transmisión |
| `CBRepetitionInterval` | Segundos entre repeticiones de transmisión |
| `CBNumberOfBroadcasts` | Número total de veces que se transmitirá |

Si estos parámetros no están presentes en el XML CAP, se utilizan valores predeterminados (ID de mensaje `0x1112`, período de repetición de 30 segundos, 10 transmisiones).

## Bloque de Área

Cada `<area>` dentro de un `<info>` puede contener:

| Elemento | Descripción |
|---|---|
| `<areaDesc>` | Descripción del área legible por humanos |
| `<polygon>` | Pares de coordenadas `lat,lon` separados por espacios que definen el área de advertencia |
| `<circle>` | Punto central y radio (para uso futuro) |

# API REST

## POST /api/cap

Enviar una alerta XML CAP para su procesamiento.

### Cuerpo de la Solicitud

```
{
  "xml": "<alert xmlns=\"urn:oasis:names:tc:emergency:cap:1.2\">...</alert>"
}
```

| Parámetro | Tipo | Requerido | Descripción |
|---|---|---|---|
| `xml` | cadena | Sí | Documento XML completo de alerta CAP v1.2 |

**Respuesta (201)** -- Alerta enviada con éxito

```
{
  "status": "ok",
  "data": {
    "id": "a1b2c3d4-e5f6-...",
    "status": "pending",
    "source": "http_post",
    "received_at": "2025-01-15T10:30:00Z",
    "matched_cells": 42,
    "tacs": [100, 101, 102],
    "lacs": [5001, 5002],
    "mcc": "001",
    "mnc": "01",
    "broadcast_params": {
      "message_id": 4370,
      "repetition_period": 30,
      "num_broadcasts": 10,
      "message_text": "Advertencia de Tornado para el Condado de
Springfield...",
      "event": "Advertencia de Tornado",
      "severity": "Extremo",
      "urgency": "Inmediato"
    }
  }
}
```

El campo `status` será `"pending"` si `require_approval` es `true`, o `"sent"` si se aprueba automáticamente.

**Respuestas de Error**

| Estado | Razón |
|---|---|
| 400 | `"se requiere el campo xml"` |
| 422 | Detalles del error de análisis |

---

# GET /api/cap

Listar todas las alertas en todos los estados.

**Respuesta (200)**

```
{
  "status": "ok",
  "data": {
    "pending": [...],
    "active": [...],
    "history": [...]
  }
}
```

Cada array contiene objetos de alerta en el mismo formato que la respuesta POST.

---

# GET /api/cap/:id

Obtener una sola alerta por ID.

**Parámetros de Ruta**

| Parámetro | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `id` | cadena | UUID de alerta |

**Respuesta (200)**

Devuelve el objeto de alerta.

**Respuesta de Error**

| Estado | Razón |
|---|---|
| 404 | `"Alerta no encontrada: <id>"` |

---

# PUT /api/cap/:id

Aprobar o rechazar una alerta pendiente.

### Cuerpo de la Solicitud

```
{
  "action": "approve",
  "operator": "operator1"
}
```

| Parámetro | Tipo | Requerido | Descripción |
|---|---|---|---|
| `action` | cadena | Sí | `"approve"` o `"reject"` |
| `operator` | cadena | No | Nombre del operador para el registro de auditoría. Por defecto es `"unknown"`. |

### Respuesta (200)

Devuelve el objeto de alerta actualizado con nuevo estado (`"sent"`, `"broadcasting"` o `"rejected"`).

### Respuestas de Error

| Estado | Razón |
|---|---|
| 400 | `"la acción debe ser 'approve' o 'reject'"` |
| 404 | `"Alerta no encontrada: <id>"` |

# Interfaz Web: Página de Alertas CAP

**Ruta**: `/cap` **Actualización**: Cada 3 segundos + actualizaciones en tiempo real de PubSub

La página de Alertas CAP proporciona el flujo de trabajo de aprobación del operador y la interfaz de monitoreo de transmisión.

## Tarjetas de Estadísticas

Cuatro tarjetas de resumen en la parte superior:

| Tarjeta | Descripción |
|---|---|
| Aprobación Pendiente | Número de alertas que esperan acción del operador (ámbar cuando > 0) |
| Transmisiones Activas | Número de alertas que se están transmitiendo actualmente |
| Total Procesadas | Total de alertas en la historia (enviadas + rechazadas + fallidas) |
| Modo de Aprobación | Modo actual: "Manual" o "Automático" |

# Panel de Alertas Pendientes

Solo visible cuando `require_approval` es `true`. Muestra alertas que esperan aprobación del operador.

| Columna | Descripción |
|---|---|
| HORA | Cuando se recibió la alerta (HH:MM:SS) |
| EVENTO | Tipo de evento de alerta (por ejemplo, "Advertencia de Tornado") |
| SEVERIDAD | Nivel de severidad de la alerta |
| CELDAS | Número de celdas emparejadas por resolución de polígonos |
| ESTADO | Insignia pendiente (ámbar) |
| ACCIONES | Botones de Previsualizar, Aprobar y Rechazar |

**Previsualizar** expande la fila para mostrar:

| Detalle | Descripción |
|---|---|
| Descripción | Texto completo de descripción de alerta (el contenido del mensaje de transmisión) |
| Fuente | Cómo se recibió la alerta (`http_post` o `feed_poll`) |
| TACs | Códigos de Área de Seguimiento emparejados para transmisión 4G |
| LACs | Códigos de Área de Localización emparejados para transmisión 2G y 3G |
| ID de Mensaje | Identificador de mensaje CB |
| PLMN | MCC/MNC utilizado para la transmisión |

**Aprobar** activa la transmisión inmediata a través del motor CBC a todos los MMEs (4G), RNCs (3G) y BSCs (2G) conectados.

**Rechazar** mueve la alerta a la historia con estado `:rejected`.

# Panel de Transmisiones Activas

Muestra alertas que se están transmitiendo actualmente:

| Columna | Descripción |
|---|---|
| EVENTO | Tipo de evento de alerta |
| ID MSG | Identificador de mensaje CB |
| TACs | Códigos de Área de Seguimiento dirigidos |
| INICIADO | Hora de inicio de la transmisión |
| ESTADO | Transmitiendo (azul) o Enviado (verde) |

## Panel de Historia de Alertas

Muestra alertas enviadas, rechazadas y fallidas (últimas 200):

| Columna | Descripción |
|---|---|
| HORA | Marca de tiempo de envío o recepción |
| EVENTO | Tipo de evento de alerta |
| SEVERIDAD | Nivel de severidad de la alerta |
| CELDAS | Conteo de celdas emparejadas |
| TACs/LACs | TACs y LACs dirigidos |
| ESTADO | Enviado (verde), Rechazado (rojo) o Fallido (rojo) |

## Actualizaciones en Tiempo Real

La página se suscribe al tema PubSub `cap:alerts`. Cuando llega una nueva alerta o cambia el estado de una alerta, la página se actualiza automáticamente. Aparece una notificación emergente cuando se recibe una nueva alerta pendiente ("Nueva alerta CAP recibida: esperando aprobación").

# Persistencia del Estado de Alerta

El estado de la alerta se persiste en `priv/cap_alerts.json` en formato JSON, siguiendo el mismo patrón que el `priv/active_broadcasts.json` del Motor CBC. Al iniciar, el Gestor de Alertas recarga este archivo para restaurar alertas pendientes y activas.

La historia está limitada a **200 entradas** para evitar un crecimiento descontrolado.

# Sondeo de Feed Atom

El sondeador de feeds admite feeds Atom CAP estándar utilizados por servicios meteorológicos nacionales y autoridades de alerta. El formato del feed sigue la RFC 4287 (Sindicación Atom) con entradas de alerta CAP.

## Formato de Feed Esperado

```
<feed xmlns="http://www.w3.org/2005/Atom">
  <entry>
    <id>urn:oid:2.49.0.1.840.0.abc123</id>
    <title>Advertencia de Tornado</title>
    <content type="text/xml">
      <alert xmlns="urn:oasis:names:tc:emergency:cap:1.2">
        <!-- XML completo de alerta CAP -->
      </alert>
    </content>
  </entry>
</feed>
```

## Deducción

El sondeador rastrea el `<id>` de cada entrada que ha visto. Las entradas con IDs previamente vistos se omiten. El conjunto de deduplicación se mantiene en memoria y se restablece al reiniciar la aplicación.

## Manejo de Errores

Los fallos en la obtención del feed (errores de red, errores HTTP, errores de análisis XML) se registran como advertencias y no afectan los ciclos de sondeo posteriores. El sondeador continúa en su intervalo configurado independientemente de los resultados de obtención individuales.

# Supervisión

El subsistema CAP agrega dos procesos al supervisor de OmniLCS:

| Proceso | Descripción |
|---|---|
| `OmniLcs.Cap.AlertManager` | GenServer del ciclo de vida de alertas. Gestiona el estado pendiente/activo/historia, resolución de polígonos y despacho de transmisión. |
| `OmniLcs.Cap.FeedPoller` | GenServer de sondeo de feed Atom. Programa obtenciones periódicas para cada URL de feed configurada. |

Ambos se inician automáticamente y son supervisados con la estrategia `:one_for_one` junto con los procesos existentes de CBC y E-SMLC.

# Solución de Problemas

## No se Coinciden Celdas por Polígono

**Síntomas**: La alerta es aceptada pero `matched_cells` es 0 y las listas de TAC/LAC están vacías.

**Causas posibles**:

- La base de datos de celdas no tiene celdas con posiciones geográficas dentro del polígono de advertencia.
- Existen celdas en el área del polígono pero carecen de campos `tac` y `lac`.
- Las coordenadas del polígono en el XML CAP están en el orden o formato incorrecto.

**Resolución**:

1. Verifique que las celdas en el área de advertencia tengan valores `tac` y/o `lac` establecidos a través de `GET /api/cells`.
2. Verifique que las posiciones de las celdas (latitud/longitud) sean correctas.
3. Intente habilitar `coverage_aware: true` si las celdas están cerca de los bordes del polígono.
4. Valide las coordenadas del polígono CAP contra un mapa.

# Alerta Atascada en Pendiente

**Síntomas**: La alerta aparece como pendiente pero el operador no puede aprobar.

**Causas posibles**:

- `require_approval` es `true` y ningún operador ha aprobado la alerta.
- La página LiveView no está conectada (verifique la conexión WebSocket del navegador).

**Resolución**:

1. Navegue a `/cap` en el Panel de Control y haga clic en Aprobar.
2. Alternativamente, use la API REST: `PUT /api/cap/<id>` con `{"action": "approve", "operator": "operator1"}`.

# El Sondeador de Feed No Recoge Alertas

**Síntomas**: La URL de feed configurada tiene nuevas alertas pero no aparecen en OmniLCS.

**Causas posibles**:

- La URL del feed es incorrecta o inalcanzable.
- El formato del feed no es Atom estándar con CAP incrustado.
- Problemas con el certificado TLS.
- Las entradas de alerta no contienen `<content>` con XML `<alert>` incrustado.

**Resolución**:

1. Verifique los registros para mensajes de `CAP FeedPoller: Failed to fetch`.
2. Verifique que la URL del feed devuelva un XML Atom válido.
3. Confirme que el feed contenga elementos `<entry>` con `<content>` que contenga XML `<alert>`.
4. Para problemas de TLS, verifique que la URL del feed sea accesible desde el servidor OmniLCS.

# Transmisión Enviada pero No Recibida por UEs

**Síntomas**: El estado de la alerta muestra "Enviado" pero ningún UE recibe el mensaje de transmisión.

**Causas posibles**:

- Los valores TAC/LAC no coinciden con la configuración real de la red.
- Los MMEs o BSCs rechazaron la transmisión (verifique los detalles de respuesta en las páginas CBC 4G / CBC).
- Problemas de codificación de mensajes.

**Resolución**:

1. Verifique que los valores TAC coincidan con la configuración del área de seguimiento del MME.
2. Verifique la página CBC para el estado de Write-Replace-Warning-Response.
3. Verifique la página CBC para mensajes de WRITE-REPLACE COMPLETE/FAILURE.
4. Revise los resultados de la transmisión en la historia de alertas (expanda la fila de la alerta).

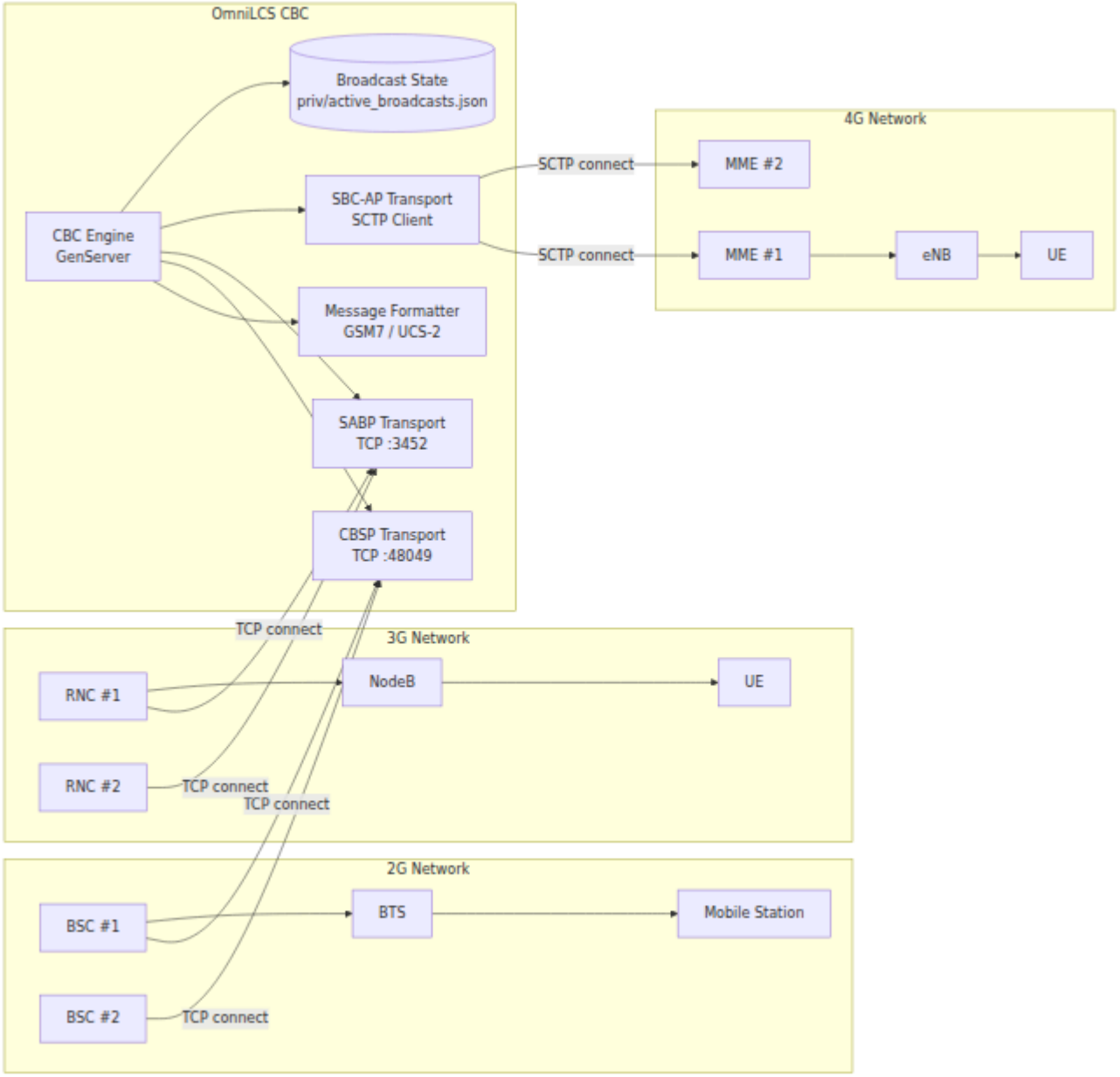
# Referencias de 3GPP y Normativas

| Especificación | Título |
|---|---|
| OASIS CAP v1.2 | Protocolo Común de Alertas Versión 1.2 |
| RFC 4287 | El Formato de Sindicación Atom |
| TS 29.168 | Interfaces del Centro de Transmisión Celular con el Núcleo de Paquetes Evolucionado (SBC-AP) |
| TS 48.049 | Protocolo del Centro de Transmisión Celular (CBSP) |
| TS 23.041 | Realización técnica del Servicio de Transmisión Celular (CBS) |
| TS 23.038 | Alfabetos e información específica del idioma |

# Guía de Operaciones de Difusión Celular

OmniLCS implementa un Centro de Difusión Celular (CBC) que admite redes 2G a través de CBSP, redes 3G UTRAN a través de SABP y redes 4G LTE a través de SBC-AP. El CBC puede enviar, actualizar y detener mensajes de difusión en todos los elementos de red de acceso radio conectados simultáneamente.

# Arquitectura




# Operaciones CBSP 2G

## Modelo de Conexión

CBSP utiliza transporte TCP según 3GPP TS 48.049. El CBC escucha en el puerto TCP **48049** (registrado por IANA) y los BSC establecen conexiones entrantes.

- Cada conexión aceptada genera un manejador de conexión bajo un DynamicSupervisor

- Las conexiones se rastrean en la tabla ETS `:cbsp_connections`
- El estado de la conexión se transmite a través de PubSub a la interfaz de usuario de LiveView

## Mantenimiento de Conexión

El CBC implementa un mantenimiento proactivo de conexión:

| Parámetro | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|
| Intervalo de mantenimiento | 30 segundos | Con qué frecuencia el CBC envía KEEP-ALIVE a cada par |
| Tiempo de espera de mantenimiento | 10 segundos | Tiempo a esperar por KEEP-ALIVE COMPLETE antes de marcar como no saludable |

El CBC envía mensajes KEEP-ALIVE proactivos y responde a los mensajes KEEP-ALIVE iniciados por los BSC con KEEP-ALIVE COMPLETE.

## Tipos de Mensajes CBSP

| Mensaje | Dirección | Código | Descripción |
|---|---|---|---|
| WRITE-REPLACE | CBC -> BSC | 0x01 | Enviar o actualizar un mensaje de difusión |
| WRITE-REPLACE COMPLETE | BSC -> CBC | 0x02 | Difusión aceptada por BSC |
| WRITE-REPLACE FAILURE | BSC -> CBC | 0x03 | Difusión rechazada por BSC |
| KILL | CBC -> BSC | 0x04 | Detener una difusión |
| KILL COMPLETE | BSC -> CBC | 0x05 | Difusión detenida |
| KILL FAILURE | BSC -> CBC | 0x06 | Falló al detener la difusión |
| LOAD-QUERY | CBC -> BSC | 0x07 | Consultar carga de recursos de radio |
| LOAD-QUERY COMPLETE | BSC -> CBC | 0x08 | Información de carga devuelta |
| LOAD-QUERY FAILURE | BSC -> CBC | 0x09 | Falló la consulta de carga |
| STATUS-QUERY | CBC -> BSC | 0x0A | Consultar estado de entrega de difusión |
| STATUS-QUERY COMPLETE | BSC -> CBC | 0x0B | Información de estado devuelta |

| Mensaje | Dirección | Código | Descripción |
|---|---|---|---|
| STATUS-QUERY FAILURE | BSC -> CBC | 0x0C | Falló la consulta de estado |
| RESET | CBC -> BSC | 0x10 | Restablecer estado de difusión en BSC |
| RESET COMPLETE | BSC -> CBC | 0x11 | Restablecimiento reconocido |
| RESET FAILURE | BSC -> CBC | 0x12 | Fall►► el restablecimiento |
| RESTART | BSC -> CBC | 0x13 | BSC reiniciado (informativo) |
| FAILURE | BSC -> CBC | 0x14 | Indicación de falla del BSC |
| ERROR INDICATION | Cualquiera | 0x15 | Error de protocolo |
| KEEP-ALIVE | Cualquiera | 0x16 | Supervisión de conexión |
| KEEP-ALIVE COMPLETE | Cualquiera | 0x17 | Respuesta de mantenimiento |

## Formateo de Mensajes CBSP

Cada mensaje CBSP en la red es:

```
+----------+----------+------+
| Longitud | Tipo     | IEs  |
| (3 bytes)| (1 byte) | ...  |
+----------+----------+------+
```

El campo de longitud de 3 bytes cubre el byte de tipo más todos los IEs (excluye los 3 bytes de longitud en sí).

## Formatos de Lista de Celdas

El IE de Lista de Celdas identifica qué celdas se dirigen en una difusión. Formatos admitidos:

| Discriminador | Valor | Formato | Descripción |
|---|---|---|---|
| CGI | 0x00 | MCC+MNC+LAC+CI | Identidad Celular Global Completa |
| LAC+CI | 0x01 | PLMN+LAC+CI | Código de Área de Localización + Identidad de Celda |
| CI | 0x02 | Solo CI | Solo Identidad de Celda |
| LAI | 0x04 | MCC+MNC+LAC | Identidad de Área de Localización |
| LAC | 0x05 | Solo LAC | Código de Área de Localización |
| Todos en BSC | 0x06 | (sin celdas) | Todas las celdas gestionadas por el BSC |

## Indicador de Canal

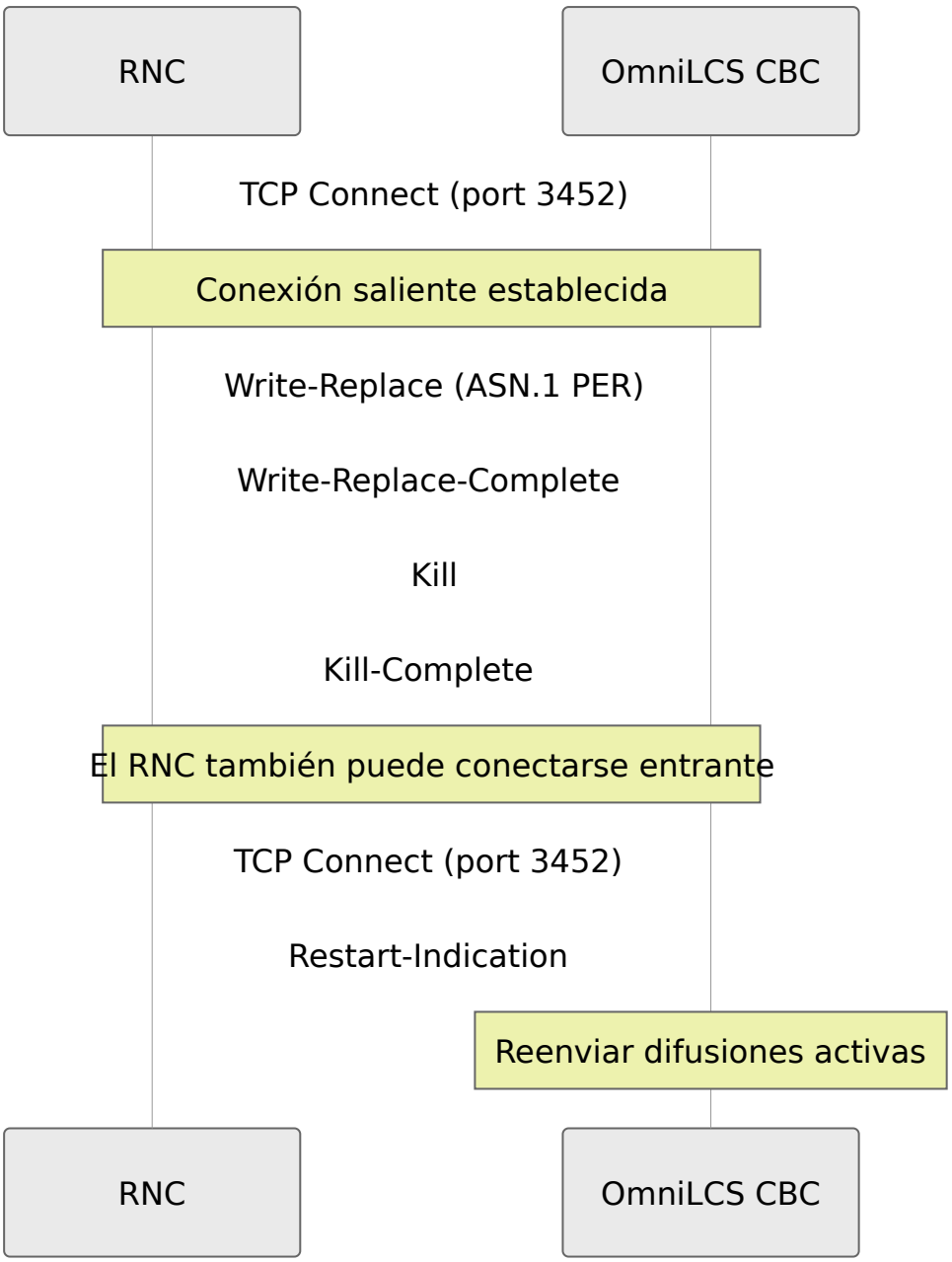
| Valor | Nombre | Descripción |
|---|---|---|
| 0 | CBCH Básico | Canal Primario de Difusión Celular |
| 1 | CBCH Ampliado | Canal Ampliado de Difusión Celular (mayor capacidad) |

# Operaciones SABP 3G

El Protocolo de Difusión de Área de Servicio (SABP) proporciona la interfaz Iu-BC entre el CBC y los RNC en una red 3G UTRAN, según 3GPP TS 25.419. SABP utiliza codificación ASN.1 PER alineada sobre TCP.

## Modelo de Conexión

SABP utiliza transporte TCP según TS 25.414 §7.1.3.3. El puerto registrado por IANA para SABP es **3452**. Según TS 25.419 §5, el CBC inicia conexiones para operaciones normales (Write-Replace, Kill, etc.) y el RNC inicia conexiones solo para Indicaciones de Falla/Reinicio. Ambos lados utilizan el puerto de destino 3452 al establecer nuevas conexiones.




- Cada conexión TCP aceptada genera un manejador de conexión bajo el DynamicSupervisor de conexión SABP
- Las conexiones se rastrean en la tabla ETS `:sabp_connections`
- Los cambios de estado de conexión se transmiten a través de PubSub a la interfaz de usuario de LiveView
- La opción de socket de mantenimiento TCP está habilitada ya que SABP no tiene un mecanismo de mantenimiento a nivel de protocolo

# Formateo de Mensajes SABP

Los mensajes SABP se enmarcan sobre TCP con un prefijo de longitud de 4 bytes en big-endian:

```
+-------------------+---------------------------+
| Longitud (4 bytes)   | PDU Codificada ASN.1 PER     |
| uint32 en big-endian | ...                       |
+-------------------+---------------------------+
```

El campo de longitud especifica el número de bytes en la carga útil codificada ASN.1 PER que sigue. Múltiples mensajes pueden llegar en un solo segmento TCP; el manejador de conexión los almacena en búfer y los reensambla según sea necesario.

## Procedimientos SABP

| Procedimiento | Código | Clase | Dirección | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| Write-Replace | 0 | Clase 1 | CBC -> RNC | Enviar o actualizar un mensaje de difusión |
| Kill | 1 | Clase 1 | CBC -> RNC | Detener una difusión activa |
| Load-Status-Enquiry | 2 | Clase 1 | CBC -> RNC | Consultar carga de recursos de radio |
| Message-Status-Query | 3 | Clase 1 | CBC -> RNC | Consultar estado de entrega de difusión |
| Reset | 4 | Clase 1 | CBC -> RNC | Restablecer estado de difusión en RNC |
| Restart-Indication | 5 | Clase 2 | RNC -> CBC | RNC reiniciado, reenviar difusiones activas |
| Failure-Indication | 6 | Clase 2 | RNC -> CBC | Indicación de falla del RNC |
| Error-Indication | 7 | Clase 2 | Cualquiera | Reportar un error de protocolo |

## Elementos de Información SABP

El protocolo SABP utiliza Elementos de Información (IEs) definidos por ASN.1. IEs clave utilizados en Write-Replace:

| IE | ID | Criticalidad | Tipo | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| Broadcast-Message-Content | 0 | Rechazar | Binario | Contenido del mensaje CBS codificado |
| Category | 1 | Ignorar | Enum | Prioridad del mensaje (alta, normal, fondo, predeterminado) |
| Cause | 2 | Ignorar | Entero | Valor de causa para indicaciones de falla/error |
| Data-Coding-Scheme | 4 | Ignorar | 8-bit | Cómo se codifica el contenido del mensaje (por ejemplo, 0x0F para GSM de 7 bits) |
| Message-Identifier | 6 | Rechazar | 16-bit | Identificador del mensaje CB |
| New-Serial-Number | 7 | Rechazar | 16-bit | Número de serie para la difusión nueva/actualizada |
| Number-of-Broadcasts-Requested | 9 | Rechazar | Entero | Total de recuento de difusión (0..65535) |
| Old-Serial-Number | 10 | Ignorar | 16-bit | Número de serie del mensaje que se está reemplazando (opcional) |
| Repetition-Period | 13 | Rechazar | Entero | Segundos entre repeticiones (1..4096) |
| Service-Areas-List | 15 | Rechazar | Lista | Áreas de servicio objetivo (lista de SAIs) |

## Identificador de Área de Servicio (SAI)

SABP dirige las difusiones a áreas de servicio específicas identificadas por SAIs. Cada SAI consiste en:

| Campo | Tamaño | Descripción |
|---|---|---|
| Identidad PLMN | 3 bytes | MCC+MNC codificados en BCD según 3GPP TS 24.008 |
| LAC | 2 bytes | Código de Área de Localización |
| SAC | 2 bytes | Código de Área de Servicio |

## Categoría de Difusión

El IE de Categoría opcional establece la prioridad de un mensaje de difusión:

| Categoría | Descripción |
|---|---|
| alta-prioridad | Mayor prioridad, interrumpe otras difusiones |
| normal-prioridad | Prioridad estándar |
| fondo-prioridad | Baja prioridad, no interrumpe |
| predeterminado-prioridad | Predeterminado cuando no se especifica categoría |

## Manejo de Indicaciones de Reinicio y Falla

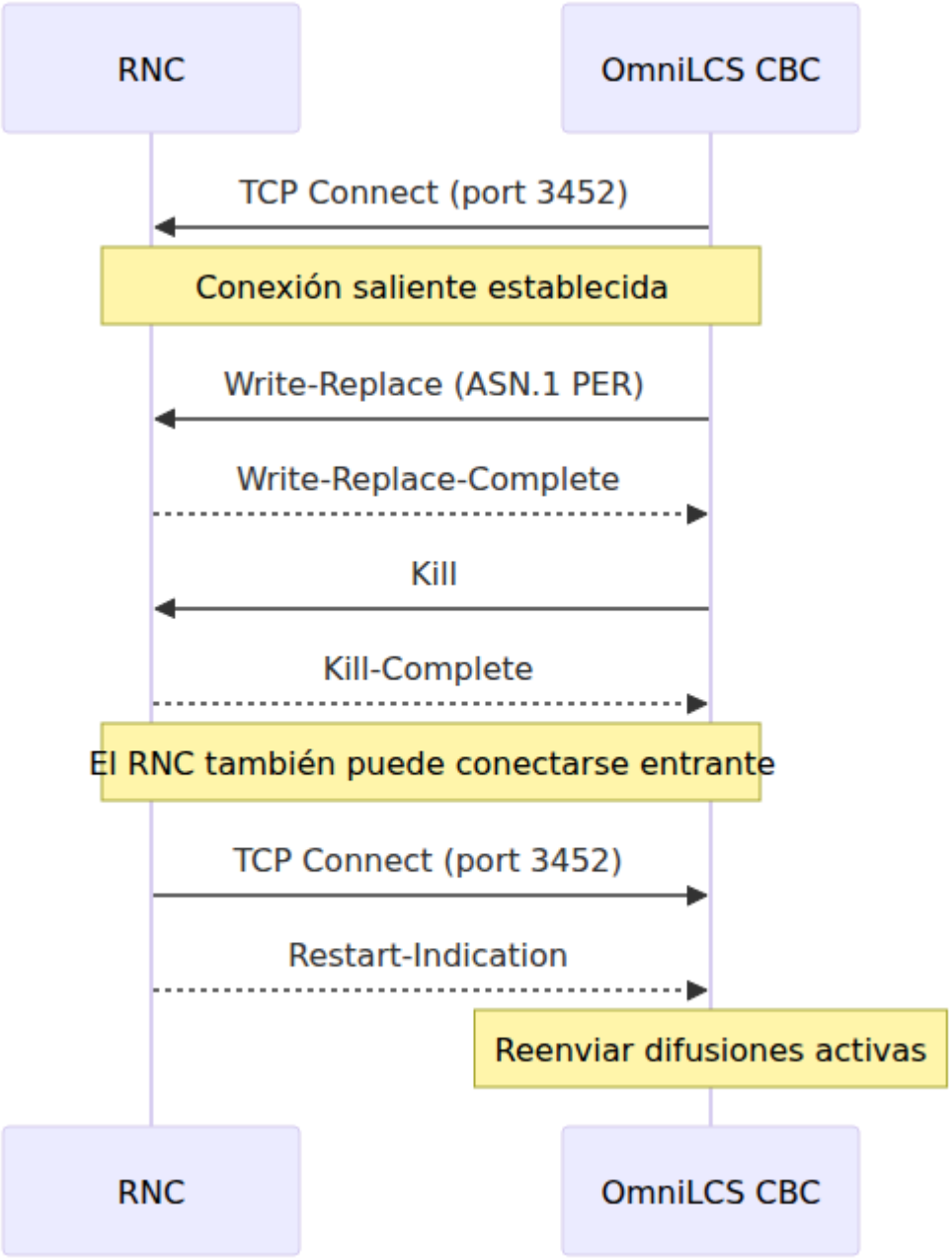
Cuando el CBC recibe una **Indicacion de Reinicio** de un RNC, el RNC se ha reiniciado y ha perdido su estado de difusión. El CBC debe reenviar todas las difusiones activas a ese RNC.

Cuando el CBC recibe una **Indicacion de Falla**, el RNC está informando que ciertas áreas de servicio han perdido la capacidad de difusión. Esto se registra y se emite como un evento de telemetría.

# Operaciones SBC-AP 4G

## Modelo de Conexión

Según la Sección 4.3 de 3GPP TS 29.168, el **CBC inicia asociaciones SCTP** a cada MME. El MME escucha en el puerto **29168** (registrado por IANA). El Identificador de Protocolo de Carga SCTP (PPID) para SBC-AP es **24**.




El transporte implementa reconexión automática con retroceso exponencial:

| Parámetro | Valor | Descripción |
|---|---|---|
| Retraso inicial de reconexión | 5 segundos | Retraso del primer intento después de una falla de conexión |
| Retraso máximo de reconexión | 60 segundos | Techo máximo de retroceso |
| Intervalo de latido SCTP | 10 segundos | Latido de dirección par |
| Máximo de retransmisiones de ruta SCTP | 7 | Antes de declarar falla de ruta |
| SCTP RTO máximo | 30 segundos | Tiempo máximo de espera para retransmisión |
| SCTP RTO mínimo | 1 segundo | Tiempo mínimo de espera para retransmisión |

## Procedimientos SBC-AP

| Procedimiento | Código | Clase | Dirección | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| Write-Replace-Warning | 0 | Clase 1 | CBC -> MME | Enviar o actualizar un mensaje de advertencia |
| Stop-Warning | 1 | Clase 1 | CBC -> MME | Detener una advertencia activa |
| Error-Indication | 2 | Clase 2 | Cualquiera | Reportar un error de protocolo |
| PWS-Restart-Indication | 3 | Clase 2 | MME -> CBC | MME reiniciado, reenviar advertencias activas |
| PWS-Failure-Indication | 4 | Clase 2 | MME -> CBC | Falla de eNB, celdas perdieron capacidad de difusión |

## IEs de Write-Replace-Warning-Request

| IE | ID | Criticalidad | Tipo | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| Message-Identifier | 5 | Rechazar | 16-bit | Identificador del mensaje CB (por ejemplo, 0x1112 para CMAS) |
| Serial-Number | 11 | Rechazar | 16-bit | Número de serie con alcance geográfico, código de mensaje, número de actualización |
| List-of-TAIs | 14 | Rechazar | Lista | Identidades de área de seguimiento para la difusión |
| Warning-Area-List | 15 | Ignorar | Opción | Área objetivo (lista de TAI, lista de celdas o área de emergencia) |
| Repetition-Period | 10 | Rechazar | Entero | Segundos entre repeticiones (0..4096) |
| Number-of-Broadcasts-Requested | 7 | Rechazar | Entero | Total de recuento de difusión (0..65535) |
| Warning-Type | 18 | Ignorar | 2 bytes | Tipo de advertencia ETWS + banderas de activación |
| Data-Coding-Scheme | 3 | Ignorar | 8-bit | Cómo se codifica el contenido del mensaje |

| IE | ID | Criticalidad | Tipo | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| Warning-Message-Content | 16 | Ignorar | Binario | Páginas CBS codificadas |
| Omc-Id | 19 | Ignorar | Binario | Identificador del centro de operaciones |
| Concurrent-Warning-Message-Indicator | 20 | Rechazar | Booleano | Permitir advertencias concurrentes |

## IEs de Stop-Warning-Request

| IE | ID | Criticalidad | Descripción |
|---|---|---|---|
| Message-Identifier | 5 | Rechazar | Identificador del mensaje CB a detener |
| Serial-Number | 11 | Rechazar | Número de serie de la difusión a detener |
| List-of-TAIs | 14 | Rechazar | (Opcional) Limitar la detención a TAIs específicos |
| Warning-Area-List | 15 | Ignorar | (Opcional) Limitar la detención a áreas específicas |

## Manejo de PWS-Restart-Indication

Cuando el CBC recibe una PWS-Restart-Indication de un MME, reenvía todas las difusiones activas (aquellas en estado `:sent` o `:acknowledged`) a ese MME. Esto asegura la continuidad de la difusión después de que el MME se reinicie.

## Manejo de PWS-Failure-Indication

Cuando el CBC recibe una PWS-Failure-Indication, marca las difusiones afectadas con una respuesta `:pws_failure` para la asociación MME que reporta. Esto se registra como una advertencia.

# Formateo de Mensajes

## Codificación GSM de 7 bits

La codificación predeterminada para mensajes CBS. Cada página CBS contiene hasta **93 septetos** empaquetados en **82 bytes**.

El alfabeto predeterminado de GSM de 7 bits mapea caracteres latinos estándar más letras griegas y símbolos especiales. Los caracteres que no están en el alfabeto básico utilizan la tabla de extensión (secuencia de escape 0x1B + código de extensión), consumiendo dos septetos.

La estructura binaria de Warning-Message-Content:

```
+----------+-------------------------------------------+
| Num Pages| Página 1 (82 bytes empaquetados + 1 byte de longitud)
|
| (1 byte) | Página 2 ...                                |
+----------+-------------------------------------------+
```

## Codificación UCS-2

Para scripts no latinos (CJK, árabe, tailandés, etc.). Cada página CBS contiene hasta **40 caracteres UCS-2** (80 bytes de datos UTF-16BE), rellenados a 82 bytes.

## Esquema de Codificación de Datos (DCS)

| Codificación | Valor DCS | Descripción |
|---|---|---|
| GSM de 7 bits | 0x0F | Alfabeto predeterminado GSM de 7 bits, idioma no especificado |
| UCS-2 | 0x48 | UCS-2 (UTF-16BE), idioma no especificado |

El DCS se puede establecer explícitamente por difusión o se deriva automáticamente del parámetro de codificación.

# Estructura del Número de Serie

Según 3GPP TS 23.041 Sección 9.4.1.2.1, el número de serie de 16 bits tiene una estructura interna:

```
+----+------------+--------+
| GS | Código de Msg | Actualización |
| 2b | 10 bits    | 4 bits |
+----+------------+--------+
```

| Campo | Bits | Descripción |
|---|---|---|
| Alcance Geográfico (GS) | 15-14 | 0 = Inmediato a nivel de celda, 1 = a nivel de PLMN, 2 = a nivel de LA/TA, 3 = a nivel de celda |
| Código de Mensaje | 13-4 | Identifica la difusión dentro de su alcance (0..1023) |
| Número de Actualización | 3-0 | Incrementado para actualizaciones de mensaje (0..15) |

El número de serie se construye a partir de estos componentes.

# Tipos de Advertencias (ETWS)

El IE de Tipo de Advertencia es de 2 bytes según 3GPP TS 23.041 Sección 9.3.24:

| Tipo de Advertencia | Valor del Octeto 1 | Descripción |
|---|---|---|
| Terremoto | 0x00 | Advertencia de terremoto |
| Tsunami | 0x01 | Advertencia de tsunami |
| Terremoto + Tsunami | 0x02 | Combinación de terremoto y tsunami |
| Prueba | 0x03 | Advertencia de prueba |
| Otro | 0x04 | Otra emergencia |

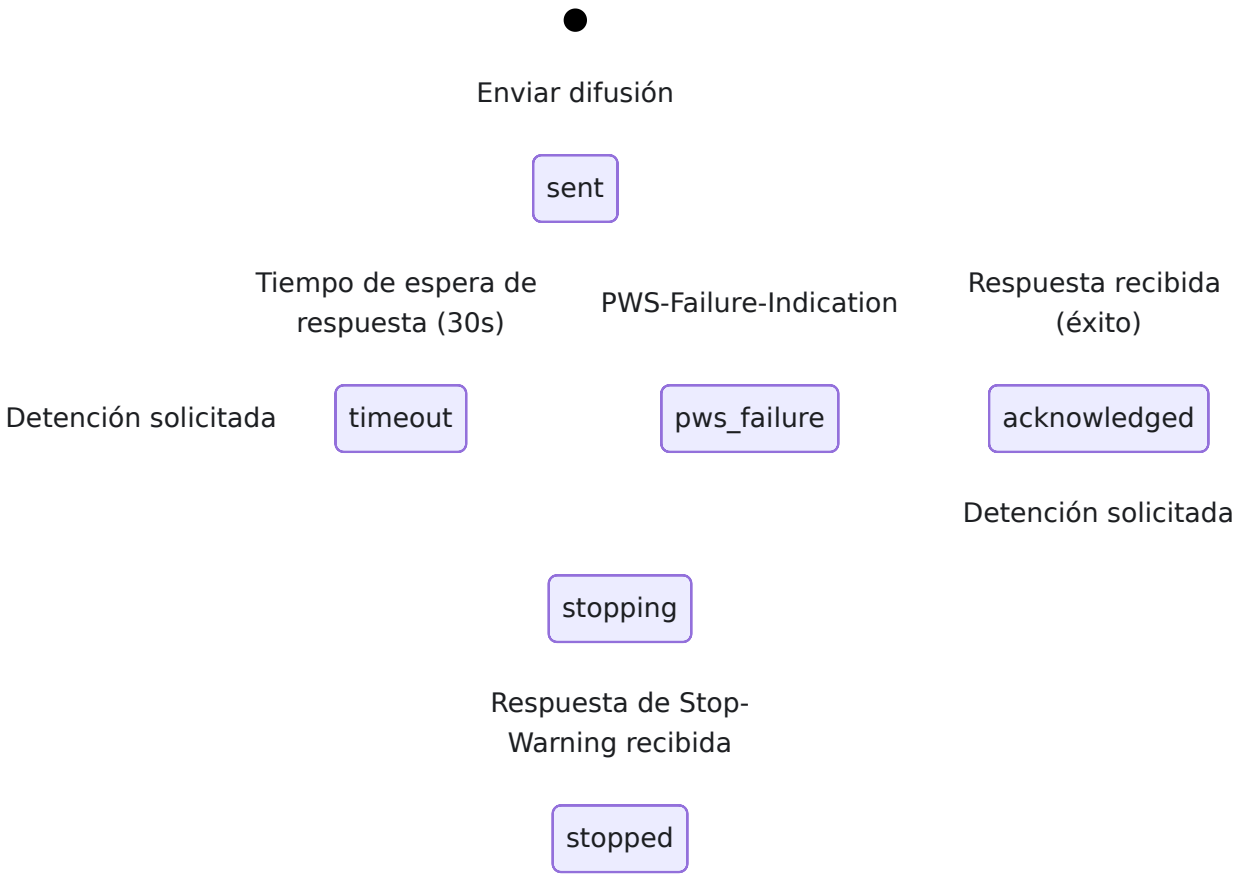
Las banderas de activación del octeto 2 (predeterminado 0xC0):

| Bit | Valor | Descripción |
|---|---|---|
| Bit 8 | 0x80 | Alerta de Usuario de Emergencia (activar tono/vibración de alerta) |
| Bit 7 | 0x40 | Popup (mostrar automáticamente el mensaje en pantalla) |

Ambos bits están configurados por defecto (0xC0) para asegurar la máxima visibilidad.

# Gestión del Estado de Difusión

## Ciclo de Vida del Estado




## Persistencia

Las difusiones activas para 2G, 3G y 4G se persisten en `priv/active_broadcasts.json` como JSON. Al iniciar, el Engine recarga este archivo para restaurar el estado de difusión. Esto permite al CBC reenviar advertencias activas después del reinicio de la aplicación. El archivo de persistencia almacena tres mapas de difusión separados: `active_broadcasts_4g`, `active_broadcasts_3g` y `active_broadcasts_2g3g`.

## Seguimiento de Respuestas

Para las difusiones 4G, cada `send_broadcast_4g` inicia un temporizador de tiempo de espera de respuesta de 30 segundos. Las respuestas de los MMEs se correlacionan por Message-Identifier y Serial-Number. El temporizador se

cancela cuando todos los pares MME esperados han respondido. Los pares que exceden el tiempo de espera se registran con una causa `:timeout`.

## Vista de Difusiones Activas

La página de Difusiones Activas proporciona una vista unificada de todas las difusiones en curso en redes 2G, 3G y 4G.

## Historial de Difusiones

El Engine mantiene un historial continuo de las últimas 100 difusiones 4G para la interfaz de usuario de LiveView y consultas API.

# Solución de Problemas

## No hay MMEs Conectados (SBC-AP)

1. Verifique que la configuración de `mme_peers` contenga las direcciones IP y puertos correctos
2. Verifique que la `local_ip` sea accesible desde la red MME

3. Busque errores de conexión SCTP en el registro: `SBC-AP: Failed to connect to MME`
4. Verifique que SCTP no esté bloqueado por firewalls (protocolo 132)
5. Confirme que el MME esté escuchando en el puerto 29168

## No hay BSCs Conectados (CBSP)

1. Verifique la configuración de `listen_ip` y `listen_port` bajo `:cbsp`
2. Verifique que el puerto TCP 48049 no esté bloqueado por firewalls
3. Busque errores de aceptación: `CBSP accept failed`
4. Confirme que el BSC esté configurado con la dirección IP y puerto del CBC

## No hay RNCs Conectados (SABP)

1. Verifique la configuración de `listen_ip` y `listen_port` bajo `:sabp`
2. Verifique que el puerto TCP 3452 no esté bloqueado por firewalls
3. Busque errores de aceptación: `SABP accept failed`
4. Confirme que el RNC esté configurado con la dirección IP y puerto del CBC
5. Verifique los registros para mensajes `SABP connection closed by peer` o `SABP TCP error`

## Difusión No Entregada

1. Verifique la tabla de difusiones activas para el estado de respuesta
2. Busque mensajes WRITE-REPLACE FAILURE o KILL FAILURE en el registro de mensajes CBSP/SABP
3. Verifique que el formato de la lista de celdas coincida con lo que el BSC/RNC/MME espera
4. Para 4G, verifique que los valores TAC sean válidos para el MME objetivo
5. Para 3G, verifique que los Identificadores de Área de Servicio (SAIs) sean válidos para el RNC objetivo
6. Verifique el historial de difusión para entradas de tiempo de espera

## Problemas de Codificación

1. Para texto no latino, asegúrese de que se seleccione la codificación `:ucs2`
2. Verifique que el DCS coincida con la codificación (0x0F para GSM de 7 bits, 0x48 para UCS-2)
3. GSM de 7 bits solo puede representar el alfabeto predeterminado de GSM; los caracteres no compatibles se reemplazan con `?`

# Referencias 3GPP

| Especificación | Título |
|---|---|
| TS 25.419 | Interfaz UTRAN Iu-BC: Protocolo de Difusión de Área de Servicio (SABP) |
| TS 29.168 | Interfaces del Centro de Difusión Celular con el Núcleo de Paquetes Evolucionado (SBC-AP) |
| TS 48.049 | Protocolo del Centro de Difusión Celular (CBSP) |
| TS 23.041 | Realización técnica del Servicio de Difusión Celular (CBS) |
| TS 23.038 | Alfabetos e información específica del idioma (DCS, GSM de 7 bits) |
| TS 24.008 | Especificación de la capa 3 de la interfaz de radio móvil (codificación de identidad PLMN) |

# Referencia de Configuración de OmniLCS

Toda la configuración se define en `config/config.exs`. Este documento cubre cada sección y parámetro de configuración.

## Panel de Control (UI de LiveView)

El Panel de Control proporciona la interfaz de gestión basada en web servida a través de HTTPS en el puerto 443.

```
config :control_panel,
  parent_application: :omnilcs,
  parent_application_version: "1.0.0",
  parent_application_readable_name: "OmniLCS",
  home_page: ControlPanelWeb.ApplicationLive,
  use_builtin_pages: [...],
  use_additional_pages: [...],
  page_order: ["/dashboard", "/location", "/cells", "/diameter",
               "/cbc", "/cbc4g", "/application", "/configuration",
"/log"],
  licensee_name: "Omnitouch"
```

| Parámetro | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `parent_application` | átomo | Nombre de la aplicación OTP |
| `parent_application_version` | cadena | Versión mostrada en la UI |
| `parent_application_readable_name` | cadena | Nombre del producto legible para humanos |
| `home_page` | módulo | Módulo de la página de inicio predeterminada |
| `use_builtin_pages` | lista | Páginas integradas (Aplicación, Configuración, Registro) |
| `use_additional_pages` | lista | Páginas personalizadas de OmniLCS (Tablero, Ubicación, Celdas, Diámetro, CBC 2G, CBC 3G, CBC 4G, Alertas CAP) |
| `page_order` | lista | Orden de las pestañas en la barra de navegación |
| `licensee_name` | cadena | Nombre del licenciatario mostrado en el pie de página |

# Endpoint del Panel de Control

```
config :control_panel, ControlPanelWeb.Endpoint,
  server: true,
  https: [
    port: 443,
    keyfile: "priv/cert/omnitouch.pem",
    certfile: "priv/cert/omnitouch.crt"
  ],
  secret_key_base: "...",
  check_origin: false,
  pubsub_server: ControlPanel.PubSub,
  live_view: [signing_salt: "LcsLvSlt"]
```

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | De |
|---|---|---|---|
| `server` | booleano | `true` | Habil servi |
| `https.port` | entero | `443` | Puert escuc |
| `https.keyfile` | cadena | `"priv/cert/omnitouch.pem"` | Ruta priva |
| `https.certfile` | cadena | `"priv/cert/omnitouch.crt"` | Ruta certif |
| `secret_key_base` | cadena | -- | Clave de se Phoe (gene `mix` `phx.g` |
| `check_origin` | booleano | `false` | Si se valida oríge WebS |
| `pubsub_server` | átomo | `ControlPanel.PubSub` | Servi para actua de Li |
| `live_view.signing_salt` | cadena | `"LcsLvSlt"` | Sal d toker LiveV |

# API REST

La API REST se sirve a través de HTTPS en el puerto 8443 mediante el marco api_ex.

```
config :api_ex,
  api: %{
    port: 8443,
    listen_ip: "0.0.0.0",
    product_name: "OmniLCS",
    title: "API - OmniLCS",
    hostname: "localhost",
    enable_tls: true,
    tls_cert_path: "priv/cert/omnitouch.crt",
    tls_key_path: "priv/cert/omnitouch.pem",
    routes: [...]
  }
```

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|
| `port` | entero | `8443` | Puerto de escucha de la API |
| `listen_ip` | cadena | `"0.0.0.0"` | Dirección de enlace de la API |
| `product_name` | cadena | `"OmniLCS"` | Nombre del producto en la especificación OpenAPI |
| `title` | cadena | `"API - OmniLCS"` | Título de la API en Swagger UI |
| `hostname` | cadena | `"localhost"` | Nombre de host para las URL de la especificación OpenAPI |
| `enable_tls` | booleano | `true` | Habilitar HTTPS |
| `tls_cert_path` | cadena | `"priv/cert/omnitouch.crt"` | Ruta al certificado TLS |
| `tls_key_path` | cadena | `"priv/cert/omnitouch.pem"` | Ruta a la clave privada TLS |

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|
| `routes` | lista | -- | Lista de definiciones de rutas (ruta, módulo, acciones) |

## Rutas de API Registradas

| Ruta | Controlador | Acciones |
|---|---|---|
| `/status` | `OmniLcs.Api.StatusController` | `index` |
| `/location` | `OmniLcs.Api.LocationController` | `index`, `create`, `show` |
| `/cells` | `OmniLcs.Api.CellController` | `index`, `create`, `show`, `update`, `delete` |
| `/cap` | `OmniLcs.Api.CapController` | `index`, `create`, `show`, `update` |

# Configuración de E-SMLC

Configuración general de E-SMLC.

```
config :omnilcs,
  esmlc_name: "OmniLCS",
  cell_database_path: "priv/cells.json"
```

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|
| `esmlc_name` | cadena | `"OmniLCS"` | Nombre de la instancia E-SMLC (utilizado en la API de estado) |
| `cell_database_path` | cadena | `"priv/cells.json"` | Ruta al archivo JSON de la base de datos de celdas para importar |

# CBSP (Difusión de Celdas 2G)

Configuración para el listener TCP de CBSP. Los BSCs se conectan entrantes al CBC en este puerto.

```
config :omnilcs, :cbsp,
  listen_ip: "0.0.0.0",
  listen_port: 48049
```

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|
| `listen_ip` | cadena | `"0.0.0.0"` | Dirección IP para enlazar el listener TCP de CBSP |
| `listen_port` | entero | `48049` | Puerto TCP para conexiones de CBSP (puerto registrado por IANA para CBSP) |

# SABP (Difusión de Celdas 3G)

Configuración para el listener TCP de SABP. Los RNCs se conectan entrantes al CBC en este puerto a través de la interfaz Iu-BC según 3GPP TS 25.419.

```
config :omnilcs, :sabp,
  listen_ip: "0.0.0.0",
  listen_port: 3452
```

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|
| `listen_ip` | cadena | `"0.0.0.0"` | Dirección IP para enlazar el listener TCP de SABP |
| `listen_port` | entero | `3452` | Puerto TCP para conexiones de SABP desde RNCs (registrado por IANA, según TS 25.414 §7.1.3.3) |

# SBC-AP (Difusión de Celdas 4G)

Configuración para las conexiones SCTP de SBC-AP. Según 3GPP TS 29.168, el CBC inicia asociaciones SCTP a cada par MME.

```
config :omnilcs, :sbcap,
  local_ip: "10.5.198.200",
  mme_peers: [
    %{host: "mme01", ip: "10.179.2.100", port: 29168},
    %{host: "mme02", ip: "10.179.2.101", port: 29168}
  ]
```

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|
| `local_ip` | cadena | `"0.0.0.0"` | Dirección IP local para enlazar el socket SCTP |
| `mme_peers` | lista | `[]` | Lista de configuraciones de pares MME |

## Configuración de Par MME

Cada entrada en `mme_peers` es un mapa con los siguientes campos:

| Campo | Tipo | Requerido | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| `host` | cadena | No | valor de `ip` | Nombre de host MME legible para humanos (para registro y UI) |
| `ip` | cadena | Sí | -- | Dirección IP de MME |
| `port` | entero | No | `29168` | Puerto SCTP de SBC-AP de MME (registrado por IANA) |

El transporte SBC-AP utiliza el Identificador de Protocolo de Carga SCTP (PPID) 24. En caso de fallo de conexión, reintenta con retroceso exponencial comenzando en 5 segundos hasta un máximo de 60 segundos.

# InfluxDB

Los datos de posición de celdas se sincronizan periódicamente desde una instancia de InfluxDB.

```
config :omnilcs, OmniLcs.InfluxDb,
  database: "nokia-monitor",
  host: "172.19.3.68",
  port: 8086,
  auth: [method: :basic, username: "monitor", password: "..."],
  http_opts: [recv_timeout: 30_000],
  pool: [max_overflow: 10, size: 5]
```

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|
| `database` | cadena | -- | Nombre de la base de datos de InfluxDB |
| `host` | cadena | -- | Nombre de host o IP del servidor InfluxDB |
| `port` | entero | `8086` | Puerto de la API HTTP de InfluxDB |
| `auth.method` | átomo | `:basic` | Método de autenticación |
| `auth.username` | cadena | -- | Nombre de usuario de InfluxDB |
| `auth.password` | cadena | -- | Contraseña de InfluxDB |
| `http_opts.recv_timeout` | entero | `30000` | Tiempo de espera de recepción HTTP en milisegundos |
| `pool.size` | entero | `5` | Tamaño del grupo de conexiones |
| `pool.max_overflow` | entero | `10` | Máximo de conexiones de desbordamiento del grupo |

La sincronización de celdas se ejecuta automáticamente cada 5 minutos con un retraso inicial de 10 segundos después del inicio. También se puede activar manualmente a través de la API REST o el Panel de Control.

# Interfaz SLs (LCS-AP sobre SCTP)

La interfaz SLs conecta el E-SMLC al MME utilizando LCS-AP sobre SCTP según 3GPP TS 29.171. OmniLCS inicia asociaciones SCTP a cada par MME configurado en el puerto 9082 con PPID 29.

```
config :omnilcs, :sls,
  local_ip: "10.5.198.200",
  mme_peers: [
    %{host: "mme01", ip: "10.179.1.15", port: 9082}
  ]
```

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|
| `local_ip` | cadena | `"0.0.0.0"` | Dirección IP local para enlazar el socket SCTP |
| `mme_peers` | lista | `[]` | Lista de configuraciones de pares MME |

## Configuración de Par MME (SLs)

Cada entrada en `mme_peers` es un mapa con los siguientes campos:

| Campo | Tipo | Requerido | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| `host` | cadena | No | valor de `ip` | Nombre de host MME legible para humanos (para registro y UI) |
| `ip` | cadena | Sí | -- | Dirección IP de MME |
| `port` | entero | No | `9082` | Puerto SCTP de LCS-AP de MME (registrado por IANA para LCS-AP) |

El transporte SLs utiliza el Identificador de Protocolo de Carga SCTP (PPID) 29. En caso de fallo de conexión, reintenta con retroceso exponencial comenzando en 5 segundos hasta un máximo de 60 segundos.

Parámetros de ajuste de SCTP:

| Parámetro | Valor | Descripción |
|---|---|---|
| Intervalo de latido | 10 segundos | Latido de dirección del par |
| Máximas retransmisiones de ruta | 7 | Antes de declarar fallo de ruta |
| RTO máximo | 30 segundos | Tiempo de espera máximo de retransmisión |
| RTO mínimo | 1 segundo | Tiempo de espera mínimo de retransmisión |
| Retraso de SACK | 200 ms | Retraso de reconocimiento selectivo |

# Diámetro (Interfaces SLg y Otras)

La configuración de Diámetro controla la interfaz SLg entre OmniLCS (actuando como GMLC) y el MME, enrutada a través de un DRA. Esto es separado de la interfaz SLs que utiliza LCS-AP nativo sobre SCTP.

```
config :diameter_ex,
  diameter: %{
    service_name: :omnitouch_esmlc,
    listen_ip: "10.5.198.200",
    listen_port: 3868,
    host: "amanaki",
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    product_name: "OmniLCS",
    request_timeout: 5000,
    peer_selection_algorithm: :random,
    allow_undefined_peers_to_connect: true,
    log_unauthorized_peer_connection_attempts: true,
    control_module: OmniLcs.Control.Diameter,
    vendor_id: 10415,
    supported_vendor_ids: [5535, 10415],
    applications: [...],
    peers: [...]
  }
```

## Parámetros del Servicio

| Parámetro | Tipo | Predeterm |
|---|---|---|
| `service_name` | átomo | `:omnitouch_esm` |
| `listen_ip` | cadena | -- |
| `listen_port` | entero | `3868` |
| `host` | cadena | -- |
| `realm` | cadena | -- |
| `product_name` | cadena | `"OmniLCS"` |
| `request_timeout` | entero | `5000` |

| Parámetro | Tipo | Predetern |
| --- | --- | --- |
| | | |
| `peer_selection_algorithm` | átomo | `:random` |
| `allow_undefined_peers_to_connect` | booleano | `true` |
| `log_unauthorized_peer_connection_attempts` | booleano | `true` |
| `control_module` | módulo | `OmniLcs.Contro` |
| `processor_module` | módulo | `DiameterEx.Pro` |
| `vendor_id` | entero | `10415` |

| Parámetro | Tipo | Predetern |
| --- | --- | --- |
| `supported_vendor_ids` | lista | `[5535, 10415]` |

## Aplicaciones de Diámetro

```
applications: [
  %{
    application_name: :slg,
    application_dictionary: :diameter_gen_3gpp_slg,
    vendor_specific_application_ids: [
      %{vendor_id: 10415, auth_application_id: 16_777_264,
acct_application_id: nil}
    ]
  }
]
```

| Campo | Tipo | Descripción |
| --- | --- | --- |
| `application_name` | átomo | Identificador de la aplicación (`:slg` para la interfaz GMLC-MME) |
| `application_dictionary` | átomo | Módulo de diccionario de Diámetro de Erlang |
| `vendor_specific_application_ids` | lista | Valores AVP de Identificador de Aplicación Específico del Proveedor |

La aplicación SLg utiliza el ID de Aplicación **16777264** con el Identificador de Proveedor 3GPP **10415**. Tenga en cuenta que la interfaz E-SMLC-MME (SLs) utiliza LCS-AP nativo sobre SCTP, no Diámetro.

# Pares de Diámetro

```
peers: [
  %{
    host: "dra01.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    ip: "10.179.2.233",
    port: 3868,
    tls: false,
    transport: :diameter_sctp,
    initiate_connection: true
  }
]
```

| Campo | Tipo | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|
| `host` | cadena | -- | Identidad del host de Diámetro del par (FQDN) |
| `realm` | cadena | -- | Dominio de Diámetro del par |
| `ip` | cadena | -- | Dirección IP del par |
| `port` | entero | `3868` | Puerto de Diámetro del par |
| `tls` | booleano | `false` | Habilitar TLS para la conexión del par |
| `transport` | átomo | `:diameter_sctp` | Protocolo de transporte (`:diameter_sctp` o `:diameter_tcp`) |
| `initiate_connection` | booleano | `true` | Si OmniLCS inicia la conexión a este par |

# GMLC / Interfaz Le

Configuración para el Centro de Localización Móvil Gateway y la interfaz Le a clientes LCS externos. Consulte la Guía de Operaciones de GMLC y la Interfaz Le para obtener detalles completos sobre los flujos de solicitudes, sesiones diferidas y registro en InfluxDB.

```
config :omnilcs, :gmlc,
  enabled: true,
  allow_unknown_clients: false,
  authorized_clients: [
    %{
      name: "psap-01",
      type: :emergency_services,
      allowed_methods: [:cell, :ecid, :gnss, :otdoa],
      rate_limit: 100,
      description: "PSAP Primario"
    }
  ],
  allow_deferred: true,
  max_periodic_sessions: 100,
  max_triggered_sessions: 50,
  default_periodic_poll_interval_ms: 60_000,
  default_triggered_poll_interval_ms: 30_000,
  influx_logging: true
```

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | D |
| --- | --- | --- | --- |
| `enabled` | booleano | `false` | Ha co la de |
| `allow_unknown_clients` | booleano | `false` | Ac so cli list |
| `authorized_clients` | lista | `[]` | De cli au (ve GM |
| `allow_deferred` | booleano | `true` | Ac so ub pe ac |
| `max_periodic_sessions` | entero | `100` | Má se pe co |
| `max_triggered_sessions` | entero | `50` | Má se ac co |
| `default_periodic_poll_interval_ms` | entero | `60000` | Int fija pe |

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | D |
|---|---|---|---|
| | | | pre (m |
| `default_triggered_poll_interval_ms` | entero | `30000` | Int so ce pre (m |
| `influx_logging` | booleano | `true` | Es las ub GM Inf |

# Ubicación 2G/3G (MAP / Lg)

Ubicación GMLC para suscriptores en GERAN (2G) o UTRAN (3G), alcanzada a través de la interfaz **Lg** utilizando MAP en la pila SS7/SIGTRAN `omniss7`. Deshabilitado por defecto; consulte Ubicación 2G/3G sobre MAP/Lg.

```
# Cliente MAP/Lg de OmniLCS (OmniLcs.Control.MapClient)
config :omnilcs, :map,
  enabled: true,
  gmlc_number: "61400000000",   # este es el número ISDN de este
GMLC (E.164)
  hlr_gt: "61400000001",        # Título global HLR para
SendRoutingInfoForLCS
  lcs_client_type: :emergencyServices

# Ejecutar la pila SS7 omniss7 como una biblioteca (sin propia UI
web / SCTP / cliente de licencia)
config :omniss7, headless: true

# Transporte SS7 para el cliente MAP - la asociación M3UA al STP.
# Solo necesario cuando :omnilcs, :map está habilitado.
config :omniss7, :map_client_enabled, true

config :omniss7, :map_client_m3ua, %{
  local_ip: {10, 0, 0, 100},
  local_port: 2905,
  remote_ip: {10, 0, 0, 1},     # STP / SGP
  remote_port: 2905,
  routing_context: 1
}
```

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|
| `:omnilcs, :map enabled` | booleano | `false` | Habilitar la ruta de ubicación 2G/3G MAP/Lg. Cuando `false`, las solicitudes `rat: "2g"`/`"3g"` devuelven `501`. |
| `gmlc_number` | cadena | `nil` | Este es el número ISDN de este GMLC, utilizado como el originador MAP. |
| `hlr_gt` | cadena | `nil` | Título global HLR para SendRoutingInfoForLC (descubrimiento de MSC/SGSN). No necesario si la solicitu proporciona `node_gt` |
| `lcs_client_type` | átomo | `:emergencyServices` | Tipo de cliente LCS de MAP para la solicitud. |
| `:omniss7 headless` | booleano | `true` (establecido en `config.exs`) | Ejecutar omniss7 con una biblioteca: solo códec + registro de transacciones MAP. |
| `:omniss7 map_client_m3ua` | mapa | -- | Asociación SCTP/M3U al STP/SGP. Requerido para operación en vivo. |

> La precisión en 2G/3G es Cell-ID / clase de avance de tiempo. El MSC/SGSN que sirve devuelve la celda de servicio, no una fijación precisa.

Cuando `:omnilcs, :map` `enabled` es `true` y `:map_client_m3ua` está configurado, OmniLCS inicia la asociación M3UA al STP por sí mismo (supervisado por `OmniLcs.Control.MapStack`). No hay un paso de transporte separado. La métrica de Prometheus `omnilcs_map_request_total` cuenta cada transacción MAP (etiquetas `type`, `result`). Si `enabled` es `true` pero falta `:map_client_m3ua`, OmniLCS omite el transporte con una advertencia. El resto de OmniLCS continúa funcionando.

# Alertas CAP

Configuración para la ingestión y difusión de alertas CAP (Protocolo Común de Alertas). Consulte la Guía de Operaciones de Alertas CAP para obtener detalles completos sobre el ciclo de vida de las alertas, resolución de polígonos y flujo de trabajo de aprobación del operador.

```
config :omnilcs, :cap,
  require_approval: true,
  plmn: %{mcc: "001", mnc: "01"},
  coverage_aware: false,
  feeds: []
```

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|
| `require_approval` | booleano | `true` | Cuando `true`, las alertas se ponen en cola para la aprobación del operador. Cuando `false`, las alertas se difunden automáticamente. |
| `plmn` | mapa | `%{mcc: "001", mnc: "01"}` | Identidad PLMN (MCC/MNC) para mensajes de difusión |
| `coverage_aware` | booleano | `false` | Usar el radio de cobertura de la celda para la intersección de polígonos (vs solo punto central) |
| `feeds` | lista | `[]` | URLs de feeds CAP Atom para sondear |

## Configuración de Feed

```
feeds: [
  %{url: "https://alerts.weather.gov/cap/us.php?x=1",
poll_interval_seconds: 60}
]
```

| Campo | Tipo | Requerido | Predeterminado | Des |
|---|---|---|---|---|
| `url` | cadena | Sí | -- | URL CAP |
| `poll_interval_seconds` | entero | No | `60` | Segu entre sond |

# Logger

```
config :logger,
  backends: [:console, ControlPanel.Logger]
```

| Parámetro | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `backends` | lista | Backend de Logger. `:console` escribe en stdout; `ControlPanel.Logger` alimenta la página de Registro en la UI web. |

# Ejemplo Completo de

# Configuración

```
import Config

config :control_panel,
  parent_application: :omnilcs,
  parent_application_version: "1.0.0",
  parent_application_readable_name: "OmniLCS",
  home_page: ControlPanelWeb.ApplicationLive,
  use_builtin_pages: [
    {ControlPanelWeb.ApplicationLive, "/application", "Recursos"},
    {ControlPanelWeb.ConfigurationLive, "/configuration",
"Configuración"},
    {ControlPanelWeb.LogLive, "/log", "Registro"}
  ],
  use_additional_pages: [
    {OmniLcs.Web.DashboardLive, "/dashboard", "Tablero"},
    {OmniLcs.Web.LocationLive, "/location", "Ubicación"},
    {OmniLcs.Web.CellDatabaseLive, "/cells", "Celdas"},
    {OmniLcs.Web.DiameterLive, "/diameter", "Diámetro"},
    {OmniLcs.Web.CbcLive, "/cbc", "CBC 2G"},
    {OmniLcs.Web.Cbc3gLive, "/cbc3g", "CBC 3G"},
    {OmniLcs.Web.Cbc4gLive, "/cbc4g", "CBC 4G"},
    {OmniLcs.Web.CapAlertsLive, "/cap", "Alertas CAP"}
  ],
  page_order: [
    "/dashboard", "/location", "/cells", "/diameter",
    "/cbc", "/cbc3g", "/cbc4g", "/cap", "/application",
"/configuration", "/log"
  ],
  licensee_name: "Omnitouch"

# API REST
config :api_ex,
  api: %{
    port: 8443,
    listen_ip: "0.0.0.0",
    product_name: "OmniLCS",
    title: "API - OmniLCS",
    hostname: "localhost",
    enable_tls: true,
    tls_cert_path: "priv/cert/omnitouch.crt",
```

```
    tls_key_path: "priv/cert/omnitouch.pem",
    routes: [
      %{path: "/status", module: OmniLcs.Api.StatusController,
actions: [:index]},
      %{path: "/location", module: OmniLcs.Api.LocationController,
actions: [:index, :create, :show]},
      %{path: "/cells", module: OmniLcs.Api.CellController,
actions: [:index, :create, :show, :update, :delete]},
      %{path: "/cap", module: OmniLcs.Api.CapController, actions:
[:index, :create, :show, :update]}
    ]
  }

# Endpoint HTTPS del Panel de Control
config :control_panel, ControlPanelWeb.Endpoint,
  server: true,
  url: [host: "0.0.0.0", path: "/"],
  https: [port: 443, keyfile: "priv/cert/omnitouch.pem", certfile:
"priv/cert/omnitouch.crt"],
  adapter: Bandit.PhoenixAdapter,
  secret_key_base: "REPLACE_WITH_64_BYTE_RANDOM_SECRET",
  check_origin: false,
  pubsub_server: ControlPanel.PubSub,
  live_view: [signing_salt: "LcsLvSlt"]

# Logger
config :logger,
  backends: [:console, ControlPanel.Logger]

# Configuración general de E-SMLC
config :omnilcs,
  esmlc_name: "OmniLCS",
  cell_database_path: "priv/cells.json"

# CBSP (Difusión de Celdas 2G) - Los BSCs se conectan a este
puerto
config :omnilcs, :cbsp,
  listen_ip: "0.0.0.0",
  listen_port: 48049

# SABP (Difusión de Celdas 3G) - Los RNCs se conectan a este
puerto
config :omnilcs, :sabp,
  listen_ip: "0.0.0.0",
```

```
  listen_port: 3452

# SLs (LCS-AP sobre SCTP) - E-SMLC se conecta a estos MMEs para
posicionamiento
config :omnilcs, :sls,
  local_ip: "10.5.198.200",
  mme_peers: [
    %{host: "mme01", ip: "10.179.1.15", port: 9082}
  ]

# SBC-AP (Difusión de Celdas 4G) - OmniLCS se conecta a estos MMEs
config :omnilcs, :sbcap,
  local_ip: "10.5.198.200",
  mme_peers: [
    %{host: "mme01", ip: "10.179.2.100", port: 29168},
    %{host: "mme02", ip: "10.179.2.101", port: 29168}
  ]

# Ingesta y difusión de Alertas CAP
config :omnilcs, :cap,
  require_approval: true,
  plmn: %{mcc: "001", mnc: "01"},
  coverage_aware: false,
  feeds: []

# InfluxDB para la sincronización de posición de celdas
config :omnilcs, OmniLcs.InfluxDb,
  database: "nokia-monitor",
  host: "172.19.3.68",
  port: 8086,
  auth: [method: :basic, username: "monitor", password:
"REPLACE_WITH_PASSWORD"],
  http_opts: [recv_timeout: 30_000],
  pool: [max_overflow: 10, size: 5]

# Diámetro (interfaz SLg a DRA/MME - rol GMLC, no E-SMLC SLs)
config :diameter_ex,
  diameter: %{
    service_name: :omnitouch_esmlc,
    listen_ip: "10.5.198.200",
    listen_port: 3868,
    host: "amanaki",
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    product_name: "OmniLCS",
```

```
    request_timeout: 5000,
    peer_selection_algorithm: :random,
    allow_undefined_peers_to_connect: true,
    log_unauthorized_peer_connection_attempts: true,
    control_module: OmniLcs.Control.Diameter,
    processor_module: DiameterEx.Processor,
    auth_application_ids: [],
    acct_application_ids: [],
    vendor_id: 10415,
    supported_vendor_ids: [5535, 10415],
    applications: [
      %{
        application_name: :slg,
        application_dictionary: :diameter_gen_3gpp_slg,
        vendor_specific_application_ids: [
          %{vendor_id: 10415, auth_application_id: 16_777_264,
acct_application_id: nil}
        ]
      }
    ],
    peers: [
      %{
        host: "dra01.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        ip: "10.179.2.233",
        port: 3868,
        tls: false,
        transport: :diameter_sctp,
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

# GMLC y Guía de Operaciones de la Interfaz Le

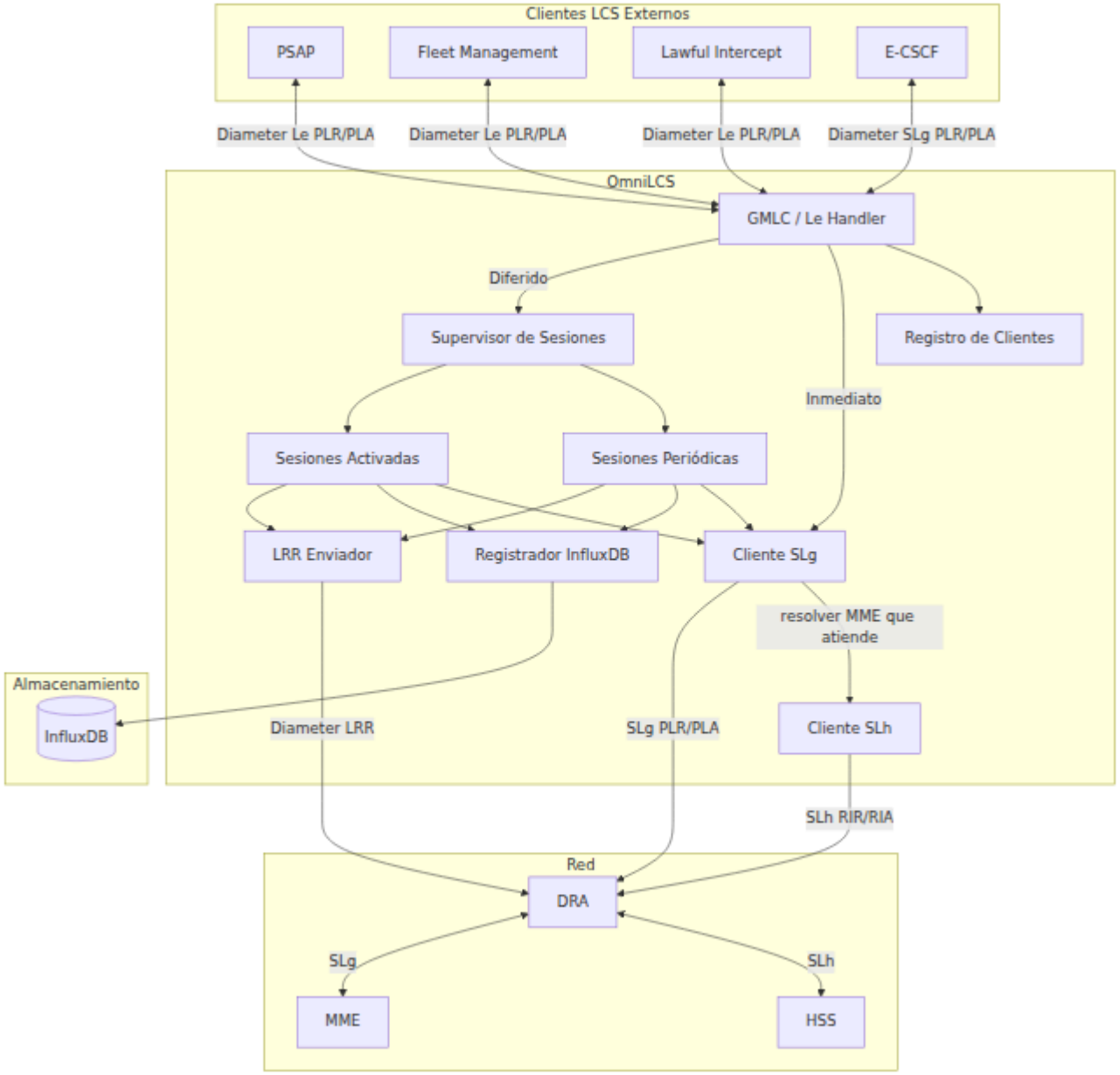
OmniLCS incluye una función de Centro de Localización Móvil GMLC (GMLC) que expone la **interfaz Le** a clientes LCS externos. Esto permite que los Puntos de Respuesta de Seguridad Pública (PSAP), sistemas de gestión de flotas, plataformas de interceptación legal y otras partes externas soliciten ubicaciones de suscriptores a través del punto de referencia Le basado en Diameter definido en 3GPP TS 29.172.

El GMLC admite solicitudes de ubicación tanto **inmediatas** como **diferidas**. Las solicitudes diferidas incluyen **ubicación periódica** (posición informada a intervalos regulares) y **ubicación activada** (posición informada cuando un suscriptor entra, sale o permanece dentro de un área geográfica).

Para cumplir con una solicitud, el GMLC sigue el procedimiento estándar de 3GPP: descubre el MME que atiende al suscriptor a través de la interfaz **SLh** (`LCS-Routing-Info-Request` al HSS, según TS 29.173), luego envía un **Provide-Location-Request (PLR)** a ese MME a través de la interfaz **SLg**. El MME realiza el posicionamiento (directamente o delegando a un E-SMLC a través de SLs/LCS-AP) y devuelve la `Location-Estimate` en el Provide-Location-Answer (PLA). En este **rol de GMLC**, OmniLCS no posiciona el UE por sí mismo. Consulta al MME que atiende y reenvía el resultado.

> Esta es una de varias opciones de ubicación que ofrece OmniLCS. Para posicionamiento activo y de mayor precisión, utiliza su **rol de E-SMLC** a través de SLs en su lugar, dirigiendo LPP/LPPa al UE y eNB (ver Dos roles LCS, una solicitud de ubicación). Para suscriptores en **2G/3G**, el GMLC llega al MSC/SGSN que atiende a través de **MAP/Lg** en lugar de Diameter SLg (ver Ubicación 2G/3G a través de MAP/Lg). La misma llamada `POST /api/location` alcanza cada ruta. La ruta GMLC/SLg descrita aquí se selecciona para solicitudes `cell`/última conocida de 4G.

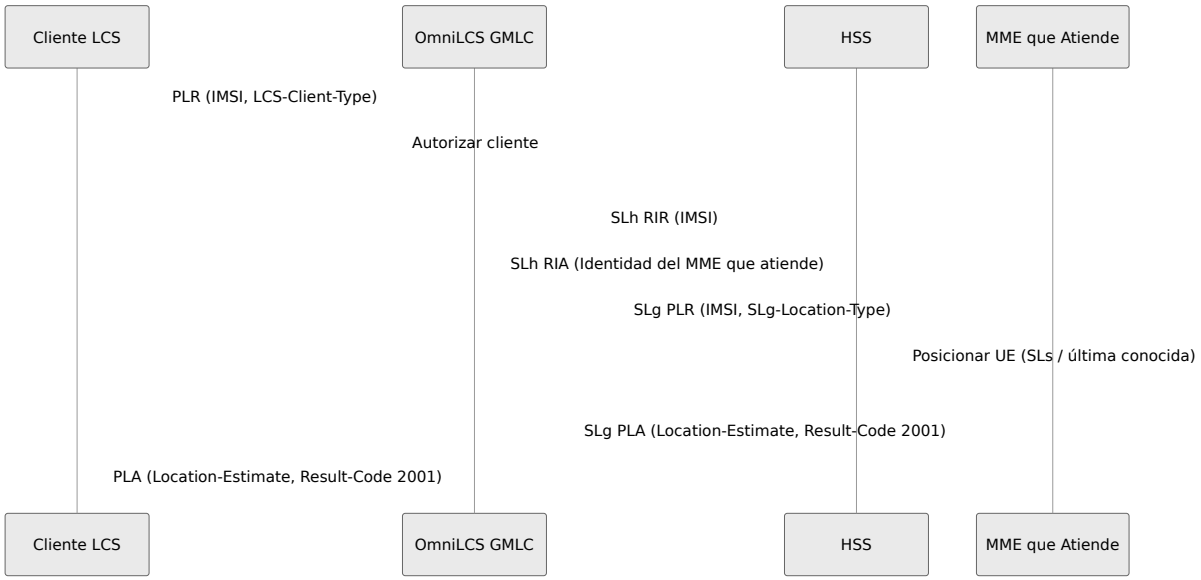
# Arquitectura




# Flujo de Solicitud

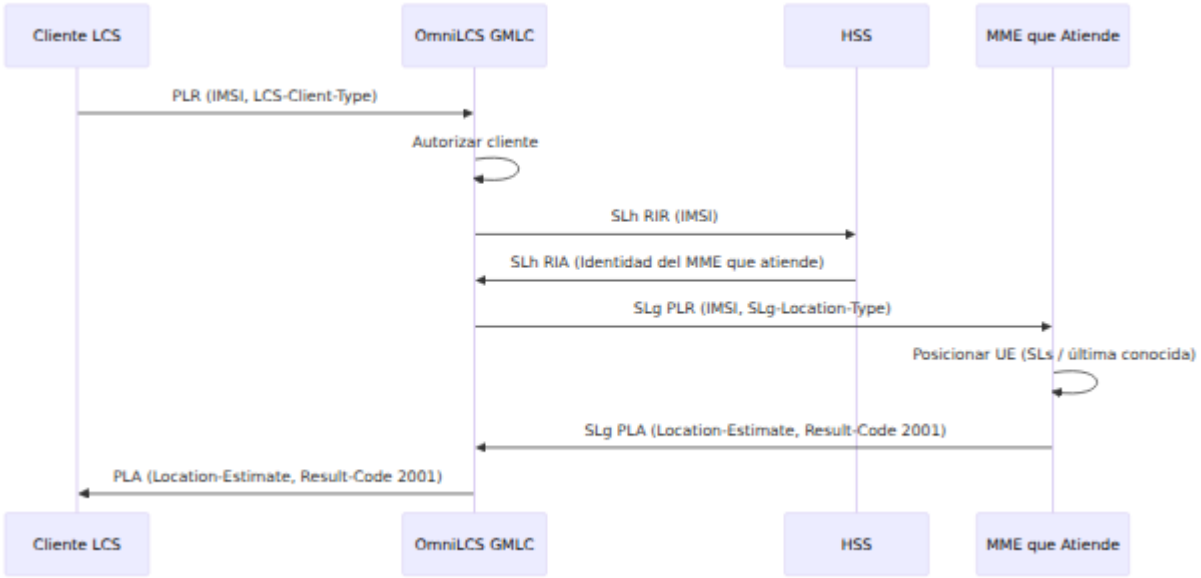
## Solicitud de Ubicación Inmediata

Un cliente LCS externo envía un Provide-Location-Request (PLR) a través de Diameter. OmniLCS autoriza al cliente, descubre el MME que atiende a través de SLh, envía un PLR a ese MME a través de SLg y devuelve el resultado del MME en un Provide-Location-Answer (PLA).



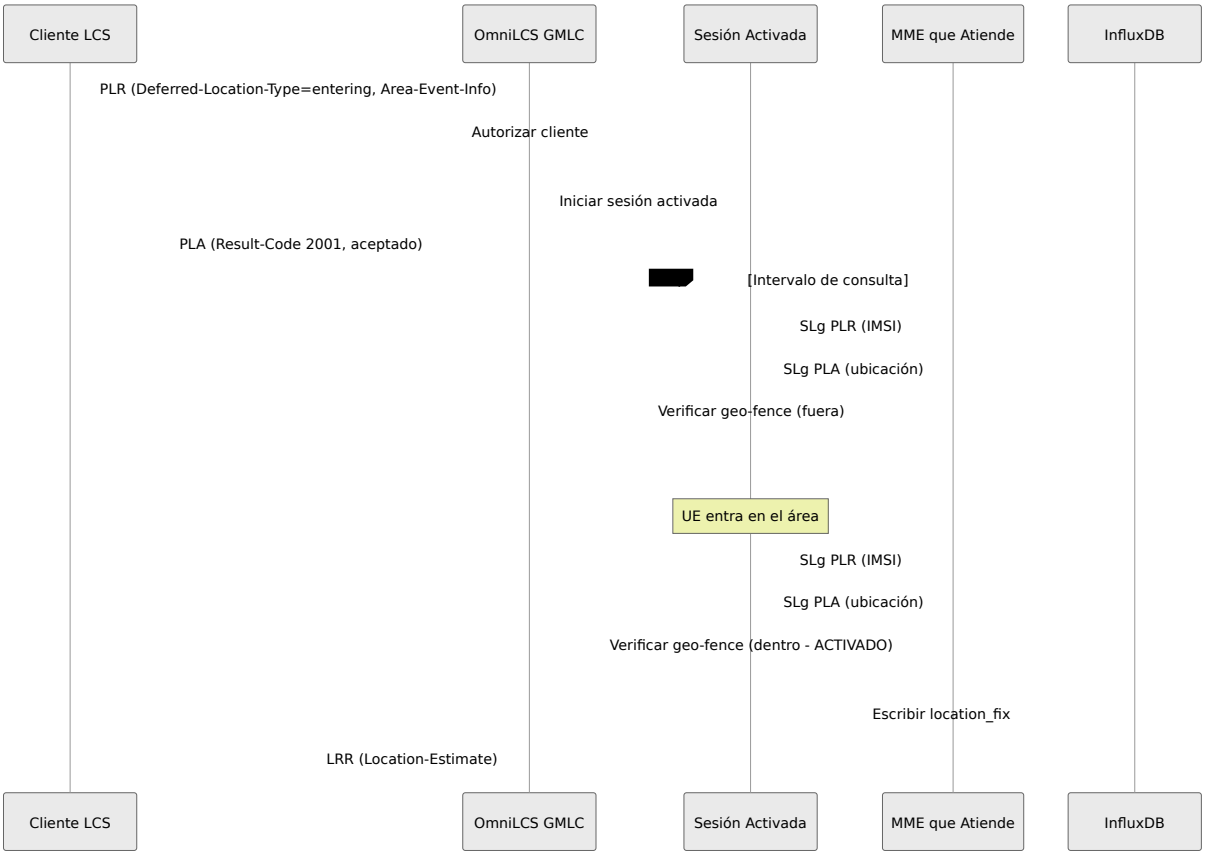

# Solicitud de Ubicación Periódica

Cuando el PLR contiene un `Deferred-Location-Type` con el bit periódico establecido y un AVP agrupado `Periodic-LDR-Information`, OmniLCS crea una sesión periódica que realiza fijaciones de ubicación en el intervalo especificado y entrega cada resultado a través de un Location-Report-Request (LRR).




# Solicitud de Ubicación Activada (Geo-fence)

Cuando el PLR contiene información de eventos de área, OmniLCS crea una sesión activada que consulta la posición del UE y se activa cuando se cumple la condición de activación.




# Enrutamiento de Llamadas de Emergencia con OmniCall (IMS)

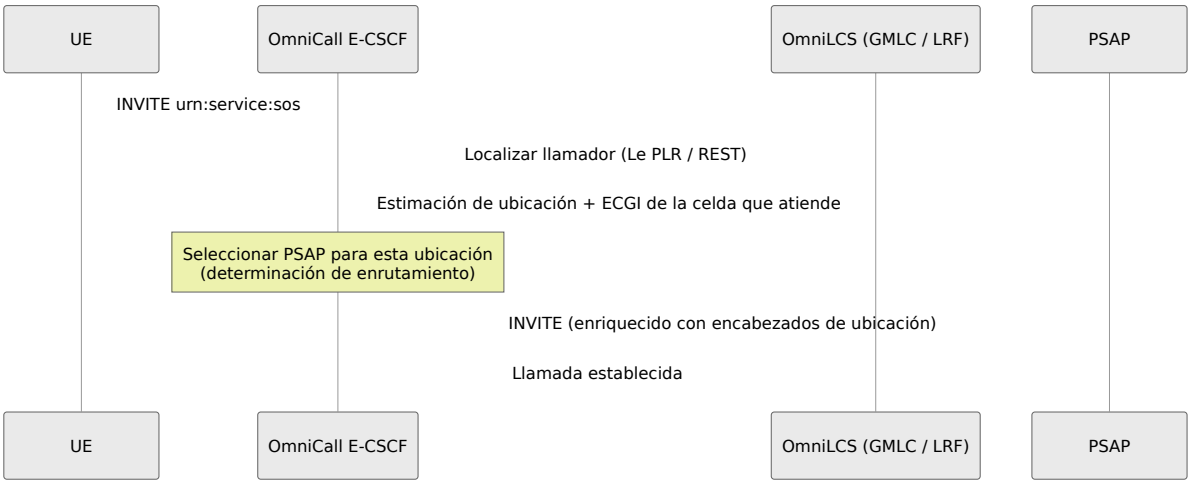
El principal consumidor del GMLC es **OmniCall**, el núcleo IMS. Cuando un suscriptor marca un número de emergencia, el **E-CSCF** (Función de Control de Sesión de Llamadas de Emergencia) de OmniCall debe enrutar la llamada al **PSAP** que atiende la ubicación física del llamador. Enrutar a un PSAP incorrecto cuesta tiempo crítico. OmniCall obtiene esa ubicación de OmniLCS, que llena el rol de **LRF / RDF** (Función de Recuperación de Ubicación / Función de Determinación de Enrutamiento) de 3GPP TS 23.167.

El flujo:

1. El UE realiza una llamada de emergencia IMS (`urn:service:sos`); llega al E-CSCF de OmniCall.
2. OmniCall solicita a OmniLCS la ubicación del llamador a través de la **interfaz Le** (Diameter PLR, utilizando el tipo de cliente `:emergency_services`) o la API REST. OmniLCS responde a través del rol

que corresponda: GMLC/SLg para la celda que atiende, o E-SMLC/SLs para una fijación activa GNSS/OTDOA (ver Dos roles LCS, una solicitud de ubicación).

3. OmniLCS devuelve la posición (coordenadas + ECGI de la celda que atiende).
4. OmniCall mapea esa ubicación al PSAP que atiende (determinación de enrutamiento) y reenvía la INVITE allí.
5. OmniCall **enriquece la señalización SIP** para que el PSAP reciba la ubicación con la llamada.




# Enriquecimiento del encabezado de ubicación SIP

Utilizando la posición devuelta por OmniLCS, OmniCall agrega los elementos de ubicación de emergencia estándar de IMS a la INVITE saliente, de modo que el PSAP (y cualquier intermediario) recibe la ubicación del llamador con la llamada en lugar de tener que consultarla por separado:

| Elemento SIP | Estándar | Contiene |
|---|---|---|
| `Geolocation` header + PIDF-LO body | RFC 6442 / RFC 4119 | Geodésica (lat/lon + incertidumbre) y/o ubicación cívica, por valor o por referencia |
| `P-Access-Network-Info` | RFC 7315 | Red de acceso y celda que atiende (ECGI) |
| `Geolocation-Routing` | RFC 6442 | Si los proxies aguas abajo pueden enrutar según la ubicación transmitida |

El operador de llamadas del PSAP, por lo tanto, ve la ubicación del llamador al llegar la llamada, derivada de la misma ubicación de OmniLCS utilizada en todas partes: la celda que atiende para una fijación rápida, o una posición activa GNSS/OTDOA cuando el UE y la radio lo admiten.

# Configuración

## Configuración del GMLC

```
config :omnilcs, :gmlc,
  # Habilitar/deshabilitar la interfaz Le del GMLC
  enabled: true,

  # Permitir solicitudes de clientes no en la lista autorizada
  allow_unknown_clients: false,

  # Clientes LCS externos autorizados
  authorized_clients: [
    %{
      name: "psap-01",
      type: :emergency_services,
      allowed_methods: [:cell, :ecid, :gnss, :otdoa],
      rate_limit: 100,
      description: "PSAP Primario"
    },
    %{
      name: "fleet-mgmt",
      type: :value_added_services,
      allowed_methods: [:cell, :ecid],
      rate_limit: 50,
      description: "Sistema de gestión de flotas"
    }
  ],

  # Permitir solicitudes de ubicación diferidas
(periódicas/activadas)
  allow_deferred: true,

  # Máximo de sesiones periódicas concurrentes
  max_periodic_sessions: 100,

  # Máximo de sesiones activadas (geo-fence) concurrentes
  max_triggered_sessions: 50,

  # Intervalo predeterminado para sesiones periódicas (ms)
  default_periodic_poll_interval_ms: 60_000,
```

```
  # Intervalo de consulta predeterminado para sesiones activadas
(ms)
  default_triggered_poll_interval_ms: 30_000,

  # Registrar todas las fijaciones de ubicación en InfluxDB
  influx_logging: true
```

## Parámetros del GMLC

| Parámetro | Tipo | Requerido | Predete |
|---|---|---|---|
| `enabled` | Booleano | No | `false` |
| `allow_unknown_clients` | Booleano | No | `false` |
| `authorized_clients` | Lista | No | `[]` |
| `allow_deferred` | Booleano | No | `true` |

| Parámetro | Tipo | Requerido | Predete |
| --- | --- | --- | --- |
| `max_periodic_sessions` | Entero | No | `100` |
| `max_triggered_sessions` | Entero | No | `50` |
| `default_periodic_poll_interval_ms` | Entero | No | `60000` |
| `default_triggered_poll_interval_ms` | Entero | No | `30000` |
| `influx_logging` | Booleano | No | `true` |

## Parámetros del Cliente

Cada entrada en `authorized_clients`:

| Parámetro | Tipo | Requerido | Predeterminado | De |
|---|---|---|---|---|
| `name` | Cadena | Sí | -- | Identidad d con el AVP Name o LC String en e |
| `type` | Átomo | No | `:any` | Tipo de LCS esperado: `:emergency` `:value_ad` `:plmn_ope` `:lawful_i` o `:any`. |
| `allowed_methods` | Lista | No | `[:cell, :ecid, :gnss, :otdoa]` | Métodos de que este cl solicitar. |
| `rate_limit` | Entero | No | `0` | Máximo de minuto. `0` s |
| `description` | Cadena | No | `""` | Descripción humanos p control. |

## Tipos de Clientes LCS

Según 3GPP TS 29.172 sección 7.4.4:

| Valor | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| 0 | Servicios de Emergencia | PSAP, enrutamiento de llamadas de emergencia E-CSCF |
| 1 | Servicios de Valor Agregado | Gestión de flotas, seguimiento de activos, servicios basados en ubicación |
| 2 | Servicios del Operador PLMN | Servicios internos del operador (O&M, optimización de red) |
| 3 | Servicios de Intercepción Legal | Solicitudes de ubicación de la ley |

# Tipos de Ubicación Diferida

## Ubicación Periódica

Una sesión de ubicación periódica realiza un número configurable de fijaciones de posición a intervalos regulares. Cada fijación es:

1. Realizada enviando un SLg PLR al MME que atiende al suscriptor (resuelto a través de SLh)
2. Escrita en InfluxDB como una medición `location_fix` con metadatos de sesión
3. Registrada a través del registrador de ubicación estándar (CSV + ETS)
4. Entregada al cliente LCS de origen a través de Diameter LRR

La sesión termina cuando se agota el conteo de informes.

**AVPs de Diameter utilizados:**

| AVP | Código | Descripción |
|---|---|---|
| `Deferred-Location-Type` | 1480 | El bit 4 establecido indica LDR periódica |
| `Periodic-LDR-Information` | 2025 | AVP agrupado que contiene parámetros de informe |
| `Reporting-Amount` | 2026 | Número de fijaciones de posición a realizar |
| `Reporting-Interval` | 2027 | Intervalo entre fijaciones en segundos |

## Ubicación Activada (Geo-fence)

Una sesión de ubicación activada consulta la posición del UE y la evalúa contra una o más áreas geográficas. Cuando se cumple la condición de activación, se informa la posición.

**Tipos de eventos:**

| Evento | Bit Deferred-Location-Type | Condición de Activación |
|---|---|---|
| Entrando | Bit 1 | UE transiciona de fuera a dentro del área |
| Saliendo | Bit 2 | UE transiciona de dentro a fuera del área |
| Estando Dentro | Bit 3 | UE está dentro del área en cada consulta |

**Definiciones de área soportadas:**

- **Círculo**: Punto central (latitud, longitud) y radio en metros

- **Polígono**: Lista de vértices que definen un polígono cerrado

El evaluador de geo-fence reutiliza el algoritmo de ray-casting del resolvedor de polígonos de alerta CAP para verificaciones de contención de polígonos, y la distancia haversine para verificaciones de áreas circulares.

# Registro de Ubicación en InfluxDB

Todas las fijaciones de sesión del GMLC se escriben en InfluxDB utilizando la medición `location_fix`:

**Etiquetas:**

| Etiqueta | Descripción |
|---|---|
| `imsi` | IMSI del suscriptor |
| `method` | Método de posicionamiento utilizado (celda, ecid, gnss, otdoa) |
| `source` | Fuente de posición del resultado del motor |
| `session_type` | `periodic`, `triggered`, o `immediate` |
| `client_name` | Nombre del cliente LCS solicitante |

**Campos:**

| Campo | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `latitude` | Flotante | Latitud WGS84 en grados |
| `longitude` | Flotante | Longitud WGS84 en grados |
| `altitude` | Flotante | Altitud en metros (cuando esté disponible) |
| `uncertainty` | Flotante | Incertidumbre de posición en metros |
| `confidence` | Entero | Nivel de confianza (0-100) |
| `duration_ms` | Entero | Tiempo tomado para realizar la fijación |

**Ejemplos de consultas InfluxQL:**

```
-- Últimas fijaciones para un suscriptor
SELECT * FROM location_fix WHERE imsi = '001010000000001' ORDER BY
time DESC LIMIT 10

-- Seguimiento de sesión periódica durante la última hora
SELECT latitude, longitude FROM location_fix
WHERE session_type = 'periodic' AND imsi = '001010000000001' AND
time > now() - 1h

-- Tasa de éxito de fijaciones por método
SELECT COUNT(*) FROM location_fix WHERE time > now() - 24h GROUP
BY method

-- Eventos de activación de geo-fence
SELECT * FROM location_fix WHERE session_type = 'triggered' AND
time > now() - 24h
```

# API REST

La API de ubicación diferida está disponible en `https://<host>:8443/api/deferred_location`.

## Listar Sesiones Activas

```
GET /api/deferred_location
```

**Respuesta:**

```
{
  "status": "ok",
  "count": 2,
  "data": [
    {
      "session_id": "a1b2c3d4-...",
      "type": "periodic",
      "imsi": "001010000000001",
      "method": "cell",
      "client_name": "rest-api",
      "status": "active",
      "interval_ms": 60000,
      "remaining_reports": 7,
      "total_reports": 10,
      "started_at": "2026-04-09T10:00:00Z",
      "last_fix_at": "2026-04-09T10:03:00Z"
    }
  ]
}
```

## Crear Sesión Periódica

```
POST /api/deferred_location
Content-Type: application/json

{
  "type": "periodic",
  "imsi": "001010000000001",
  "method": "cell",
  "interval_seconds": 60,
  "count": 10
}
```

## Crear Sesión Activada

```
POST /api/deferred_location
Content-Type: application/json

{
  "type": "triggered",
  "imsi": "001010000000001",
  "method": "cell",
  "event_type": "entering",
  "poll_interval_seconds": 30,
  "max_reports": 0,
  "areas": [
    {
      "type": "circle",
      "center": {"lat": -33.8688, "lon": 151.2093},
      "radius_meters": 500
    }
  ]
}
```

## Cancelar Sesión

```
DELETE /api/deferred_location/:session_id
```

# Métricas

## Solicitudes de la Interfaz Le

**Métrica**: `omnilcs_gmlc_le_request_total` **Tipo**: Contador **Descripción**: Total de solicitudes de la interfaz Le de clientes LCS externos **Etiquetas**:

- `client_type`: Tipo de cliente LCS (emergency_services, value_added_services, etc.)
- `result`: Resultado de la solicitud: `received`, `success`, `error`, `unauthorized`

**Métrica**: `omnilcs_gmlc_le_request_duration` **Tipo**: Histograma **Descripción**: Tiempo de procesamiento de la solicitud Le en milisegundos **Etiquetas**:

- `client_type`: Tipo de cliente LCS

## Solicitudes MAP / Lg (2G/3G)

**Métrica**: `omnilcs_map_request_total` **Tipo**: Contador **Descripción**: Total de solicitudes de ubicación MAP/Lg para suscriptores 2G/3G (SendRoutingInfoForLCS, ProvideSubscriberLocation) **Etiquetas**:

- `type`: Operación MAP (`MAP-PSL`)
- `result`: `sent`, `success`

## Solicitudes de Informe de Ubicación

**Métrica**: `omnilcs_gmlc_lrr_total` **Tipo**: Contador **Descripción**: Total de Solicitudes de Informe de Ubicación enviadas a clientes externos **Etiquetas**:

- `session_type`: `periodic` o `triggered`
- `result`: `sent` o `error`

## Seguimiento de Sesiones

**Métrica**: `omnilcs_gmlc_session_periodic_active` **Tipo**: Medidor **Descripción**: Número de sesiones de ubicación periódicas activas

**Métrica**: `omnilcs_gmlc_session_triggered_active` **Tipo**: Medidor **Descripción**: Número de sesiones de ubicación activadas/geo-fence activas

**Métrica**: `omnilcs_gmlc_session_total` **Tipo**: Contador **Descripción**: Total de sesiones diferidas creadas **Etiquetas**:

- `type`: `periodic` o `triggered`

## Eventos de Geo-fence

**Métrica**: `omnilcs_gmlc_geofence_trigger_total` **Tipo**: Contador **Descripción**: Total de eventos de activación de geo-fence disparados **Etiquetas**:

- `event_type`: `entering`, `leaving`, o `being_inside`

## Escrituras en InfluxDB

**Métrica**: `omnilcs_gmlc_influx_write_total` **Tipo**: Contador **Descripción**: Total de escrituras de fijaciones de ubicación en InfluxDB desde sesiones GMLC **Etiquetas**:

- `result`: `success` o `error`

**Ejemplos de consultas Prometheus:**

```
# Tasa de solicitudes Le
rate(omnilcs_gmlc_le_request_total[5m])

# Tasa de creación de sesiones diferidas por tipo
rate(omnilcs_gmlc_session_total[5m])

# Tasa de activación de geo-fence
rate(omnilcs_gmlc_geofence_trigger_total[5m])

# Tasa de error de entrega de LRR
sum(rate(omnilcs_gmlc_lrr_total{result="error"}[5m]))
  / sum(rate(omnilcs_gmlc_lrr_total[5m]))
```

# Solución de Problemas

## Solicitudes Le que Devuelven 5012 (UNABLE_TO_COMPLY)

**Síntomas**: El cliente LCS externo recibe el código de resultado 5012 para todos los PLRs.

**Causas posibles**:

- GMLC no habilitado en la configuración (`enabled: false`)
- Cliente no en `authorized_clients` y `allow_unknown_clients` es `false`
- Fallo en la resolución SLh o no hay ruta SLg al MME que atiende (verificar conectividad DRA/HSS/MME)

**Resolución**:

1. Verificar que `config :omnilcs, :gmlc, enabled: true` esté configurado
2. Comprobar que el nombre del cliente coincida con el AVP `LCS-EPS-Client-Name` en el PLR
3. Verificar que los pares Diameter SLh/SLg (DRA, HSS, MME) estén conectados en el Panel de Control

## Sesiones Periódicas No Iniciadas

**Síntomas**: PLR con tipo diferido periódico devuelve 3004 (TOO_BUSY).

**Causas posibles**:

- Límite de `max_periodic_sessions` alcanzado
- Supervisor de sesiones no en ejecución

**Resolución**:

1. Verificar el conteo de sesiones activas en la página del panel de control del GMLC
2. Aumentar `max_periodic_sessions` si es necesario

3. Verificar que `OmniLcs.Gmlc.SessionSupervisor` esté en ejecución en la página de Aplicaciones

## Fijaciones de Ubicación No Aparecen en InfluxDB

**Síntomas**: Las sesiones periódicas/activadas están en ejecución pero no hay datos en InfluxDB.

**Causas posibles**:

- `influx_logging` configurado como `false`
- Conexión a InfluxDB caída
- La base de datos no existe

**Resolución**:

1. Verificar `influx_logging: true` en la configuración del GMLC
2. Comprobar la conectividad de InfluxDB (el estado de sincronización de la celda es un buen proxy)
3. Consultar directamente InfluxDB: `SHOW MEASUREMENTS` debería incluir `location_fix`

## Geo-fence No Disparando

**Síntomas**: La sesión activada está activa pero nunca se dispara.

**Causas posibles**:

- Definición del área demasiado pequeña para la precisión del método de posicionamiento
- Tipo de evento incorrecto (por ejemplo, `:leaving` cuando el suscriptor ya está afuera)
- Método de posicionamiento devolviendo coordenadas `nil`

**Resolución**:

1. Verificar la precisión del método de posicionamiento. La ID de celda tiene una incertidumbre a escala de kilómetros, lo que puede ser demasiado impreciso para geo-fences pequeños.
2. Usar un método más preciso (`:ecid` o `:gnss`) para áreas más pequeñas
3. Verificar que las coordenadas del área sean correctas (orden de latitud/longitud)

# Guía de Servicios de Localización E-SMLC

OmniLCS implementa un Centro de Localización Móvil Evolucionado (E-SMLC) que proporciona posicionamiento de UE para redes LTE. El E-SMLC determina la ubicación de la UE utilizando múltiples métodos de posicionamiento y se comunica con el MME a través de la interfaz SLs utilizando LCS-AP nativo sobre SCTP según 3GPP TS 29.171.

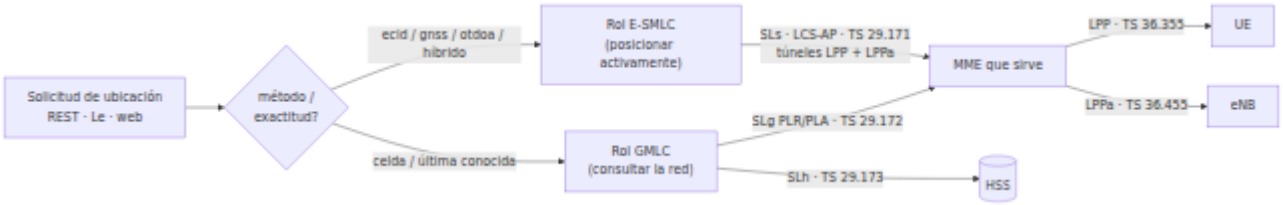
## Dos roles de LCS, una solicitud de ubicación

OmniLCS se encuentra co-localizado como un **E-SMLC** y un **GMLC**. Estas son las dos funciones de red de localización definidas por la arquitectura LCS de LTE de 3GPP (TS 23.271). Un cliente de ubicación nunca elige entre ellos. Solicita la ubicación de una UE a través de la API REST, la página web de Localización o la interfaz Le, y OmniLCS elige el rol y la interfaz según el `método`/`exactitud` solicitados. Ambas opciones están siempre disponibles detrás de una única llamada "obtener ubicación".

- **Métodos activos / de alta precisión** (E-CID, GNSS, OTDOA, híbrido) utilizan el rol de **E-SMLC** documentado en esta guía. OmniLCS gestiona **LPP** (hacia la UE, TS 36.355) y **LPPa** (hacia el eNB, TS 36.455) a través de la interfaz **SLs / LCS-AP** (TS 29.171), retransmitido por el MME que sirve, para una fijación precisa.
- Las solicitudes de **Cell ID / última conocida** utilizan el rol de **GMLC** (ver la guía de GMLC & Le Interface). OmniLCS resuelve el MME que sirve a través de **SLh** (TS 29.173) y envía un Provide-Location-Request a través de **SLg** (TS 29.172); el MME devuelve la celda que sirve desde el contexto de la UE.

En ambos roles, el **MME que sirve es el ancla**: es el único nodo con un camino de señalización hacia la UE (NAS) y el eNB (S1AP), por lo que es el respondedor de SLg o el retransmisor de SLs para LPP/LPPa. El GMLC, con solo

enlaces Diameter SLh/SLg, no puede alcanzar la radio en sí. Esta es exactamente la razón por la que el posicionamiento activo es el trabajo del E-SMLC.




Consulte la referencia de la API REST para el esquema de solicitud/respuesta armonizado y la tabla de decisiones completa. La API REST selecciona el camino por solicitud; la interfaz Diameter Le y las sesiones diferidas (periódicas/activadas) actualmente siempre utilizan el camino GMLC/SLg.

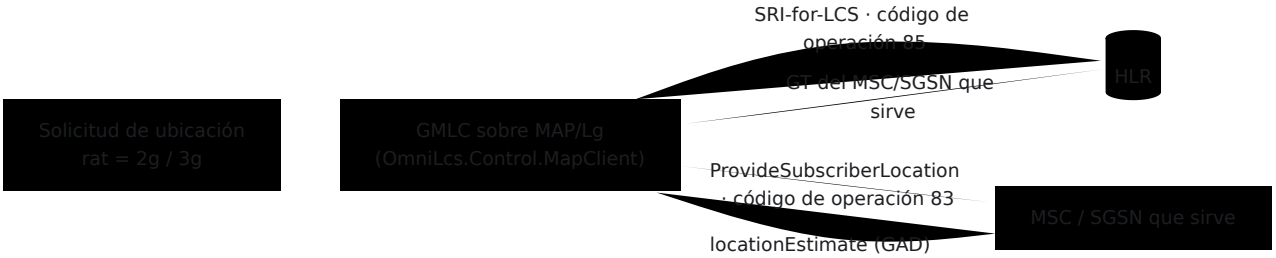
## Localización 2G/3G a través de MAP/Lg

Para suscriptores en **GERAN (2G)** o **UTRAN (3G)** no hay SLg/SLs Diameter. El GMLC alcanza el núcleo heredado a través de la interfaz **Lg** utilizando **MAP** (TS 29.002) en una pila SS7/SIGTRAN (SCTP → M3UA → SCCP → TCAP). OmniLCS proporciona esto a través del módulo `OmniLcs.Control.MapClient`, respaldado por la pila SS7 `omniss7`, como una tercera opción detrás de la misma llamada `/api/location` (seleccionada con `rat: "2g"` / `"3g"`).

El flujo es una transacción MAP de dos pasos:

1. **SendRoutingInfoForLCS** (código de operación 85) al **HLR** → devuelve el título global del **MSC/SGSN** que sirve al suscriptor. (Se omite si se proporciona un `node_gt`).
2. **ProvideSubscriberLocation** (código de operación 83) a ese **MSC/SGSN** → devuelve la estimación de ubicación.

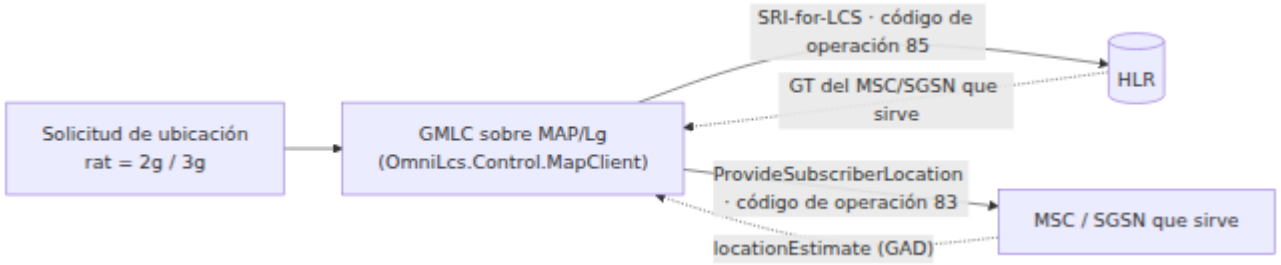
La `locationEstimate` es la **misma forma GAD de TS 23.032** que en 4G, por lo que se decodifica con el `decode_gad/1` compartido y se devuelve en el mapa de ubicación estándar con `source: "map"`.




La exactitud en 2G/3G es **Cell-ID / clase de Timing-Advance**: la red devuelve la celda que sirve, no una fijación precisa. Este camino está deshabilitado por defecto (`config :omnilcs, :map, enabled: false`). Para habilitarlo, proporcione el número de GMLC, el título global del HLR y un par SS7 configurado (STP/MSC/SGSN) a través del transporte `:map_client_m3ua` de `omniss7`. Consulte la guía de GMLC y Configuración.

**Operación.** `omniss7` se ejecuta **sin cabeza** (modo biblioteca: solo el códec MAP y el registro de transacciones). Cuando `:omnilcs, :map` está habilitado, OmniLCS inicia la **asociación M3UA al STP en sí** (supervisado por `OmniLcs.Control.MapStack`). Cuando está deshabilitado, no inicia nada. Cada transacción MAP incrementa el contador Prometheus `omnilcs_map_request_total` (etiquetas `type` = `MAP-PSL`, `result` = `sent`/`success`). Una solicitud con `rat: "2g"`/`"3g"` mientras el camino está deshabilitado devuelve HTTP `501`. Un nodo que sirve no resuelto devuelve `422`.

# Arquitectura




# Métodos de Posicionamiento

OmniLCS admite toda la gama de técnicas de posicionamiento LTE. Una solicitud nombra un `método` (o una `exactitud` objetivo, que selecciona automáticamente uno); OmniLCS ejecuta esa técnica en la interfaz apropiada y devuelve la estimación. Cada método se mapea a un procedimiento de posicionamiento estándar de 3GPP:

| Método | Técnica | Protocolo de posicionamiento | Rol / interfaz | Exactitud típica |
|---|---|---|---|---|
| **Cell ID (CID)** | Posición de celda que sirve | búsqueda en la base de datos de celdas, o SLg PLR | E-SMLC (local) **o** GMLC (SLg) | radio de celda, 100 m – 5 km |
| **Enhanced Cell ID (E-CID)** | Rango de celda única: avance de tiempo + RSRP/RSRQ | LPPa (eNB) → LPP (UE) como respaldo | E-SMLC / SLs | 50 m – 500 m |
| **OTDOA** | Multilateración de bajada ("triangulación") a partir de diferencias de tiempo de PRS entre celdas | LPPa (configuración de PRS) + LPP (RSTD) | E-SMLC / SLs | 10 m – 100 m |
| **A-GNSS** | Fijación asistida por satélite (GPS/Galileo/…) en la UE | LPP (UE) | E-SMLC / SLs | 5 m – 50 m |
| **Híbrido** | Combina A-GNSS + E-CID en una solicitud, lo mejor de ambos | LPP (UE) | E-SMLC / SLs | mejor disponible |

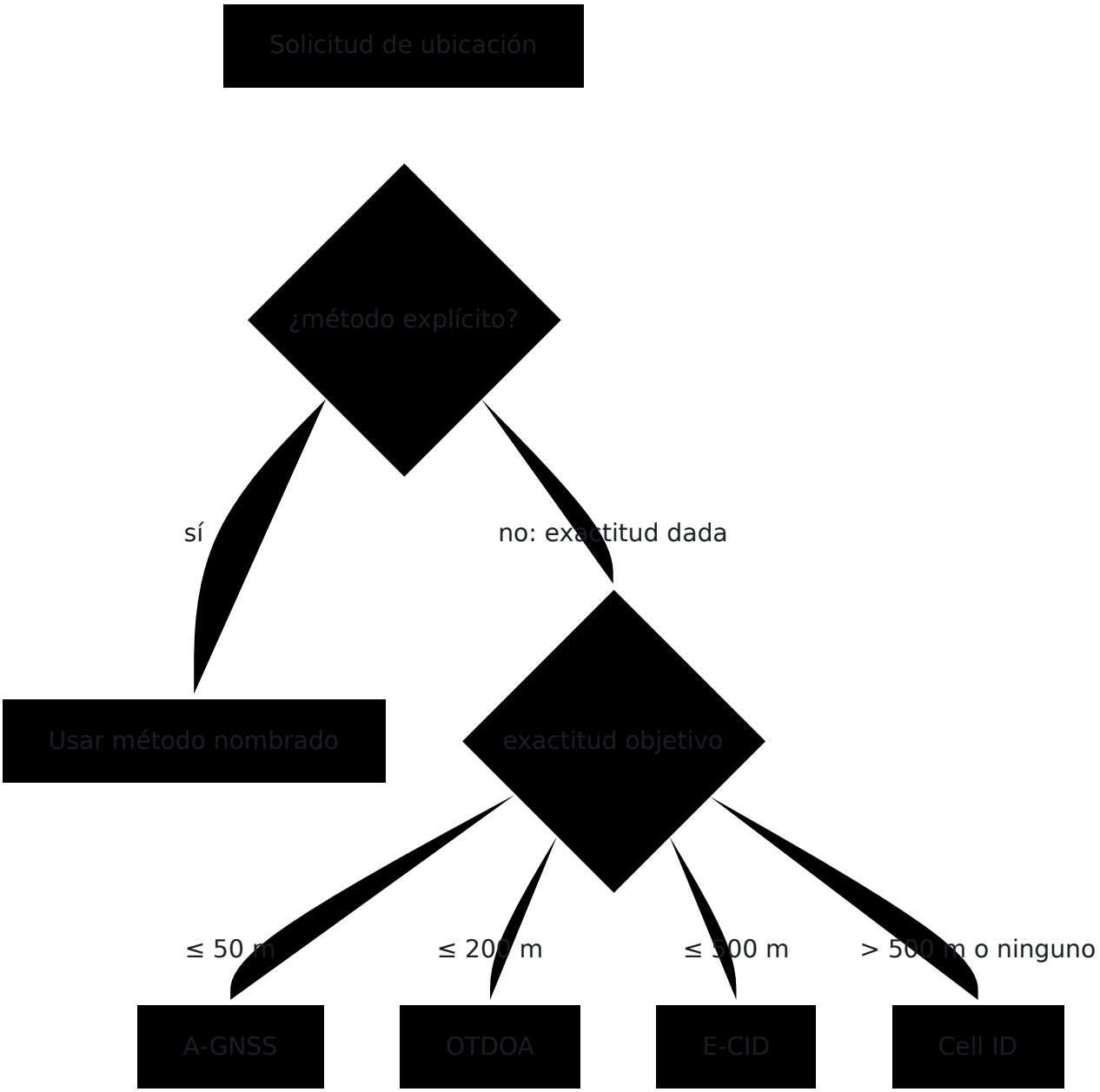
> **Lo que significa "triangulación" aquí.** La verdadera triangulación/multilateración de una UE LTE es **OTDOA**: la UE mide la diferencia de tiempo de las Señales de Referencia de Posicionamiento (PRS) de varias celdas y OmniLCS resuelve las hipérbolas resultantes para una posición (ver Cálculo OTDOA). E-CID es el primo más grueso de celda

> única. Se basa en el avance de tiempo de una celda en lugar de la geometría de múltiples celdas. La multilateración de subida (**U-TDOA**, medida por la red) **no** está implementada: requiere Unidades de Medición de Localización (LMUs) que no están presentes en un despliegue solo de EPC.

## Elegir un método por exactitud

Si una solicitud proporciona `exactitud` (en metros) en lugar de un `método` explícito, OmniLCS elige el método más ligero que puede cumplir plausiblemente con el objetivo:

| Exactitud solicitada | Método seleccionado |
|---|---|
| ≤ 50 m | A-GNSS |
| ≤ 200 m | OTDOA |
| ≤ 500 m | E-CID |
| > 500 m | Cell ID |




## Cell ID

El método de posicionamiento más simple. Devuelve la posición geográfica de la celda que sirve desde la base de datos de celdas.

- **Exactitud**: Radio de celda (típicamente 100 m - 5 km dependiendo del tipo de celda)
- **Latencia**: Milisegundos (búsqueda en la base de datos local)
- **Soporte de UE requerido**: No
- **Soporte de eNB requerido**: No

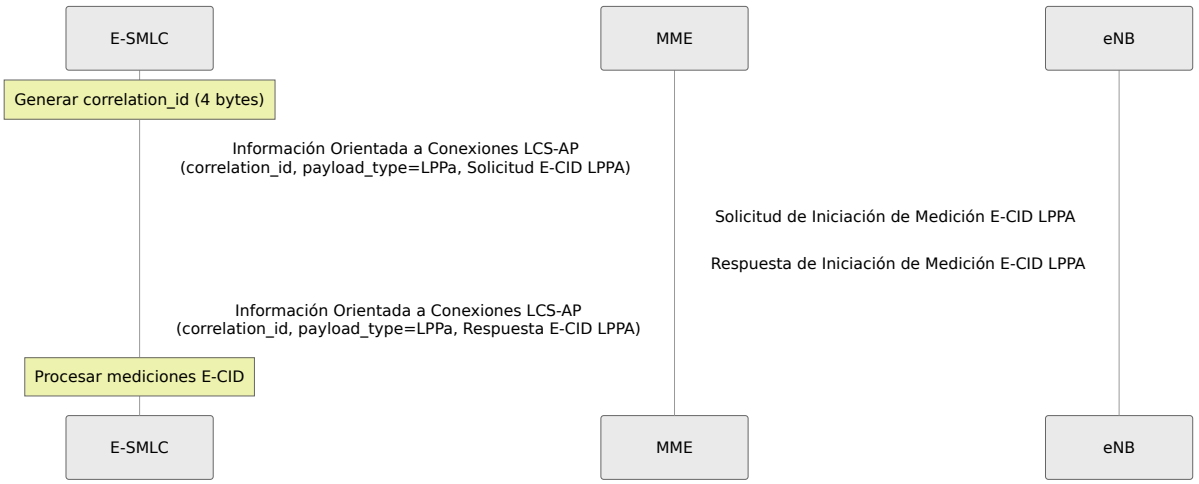
El motor primero intenta buscar la celda que sirve en la base de datos local de celdas. Si no se encuentra, envía una Solicitud de Iniciación de Medición E-CID LPPA (solo con la cantidad de cell_id) al eNB a través del MME utilizando Información Orientada a Conexiones LCS-AP para obtener la identidad de la celda.

La misma celda que sirve también se puede obtener **sin tocar la radio** a través del rol de GMLC. Esto utiliza un SLg Provide-Location-Request al MME que sirve, que devuelve el ECGI desde el contexto de la UE. Este es el camino utilizado para solicitudes REST de `celda`/última conocida y todas las solicitudes de interfaz Le (ver Dos roles de LCS, una solicitud de ubicación).

# Enhanced Cell ID (E-CID)

Utiliza LPPa para obtener mediciones de radio del eNB, incluyendo avance de tiempo y fuerza de señal. Si el eNB rechaza el procedimiento E-CID LPPa (por ejemplo, `requested-item-not-supported`), OmniLCS retrocede a solicitar mediciones E-CID directamente de la **UE** a través de LPP.

- **Exactitud**: 50 m - 500 m
- **Latencia**: 1-5 segundos
- **Soporte de UE requerido**: No para el camino LPPa; Sí para el respaldo LPP
- **Soporte de eNB requerido**: Sí para el camino LPPa; el respaldo LPP no necesita ninguno



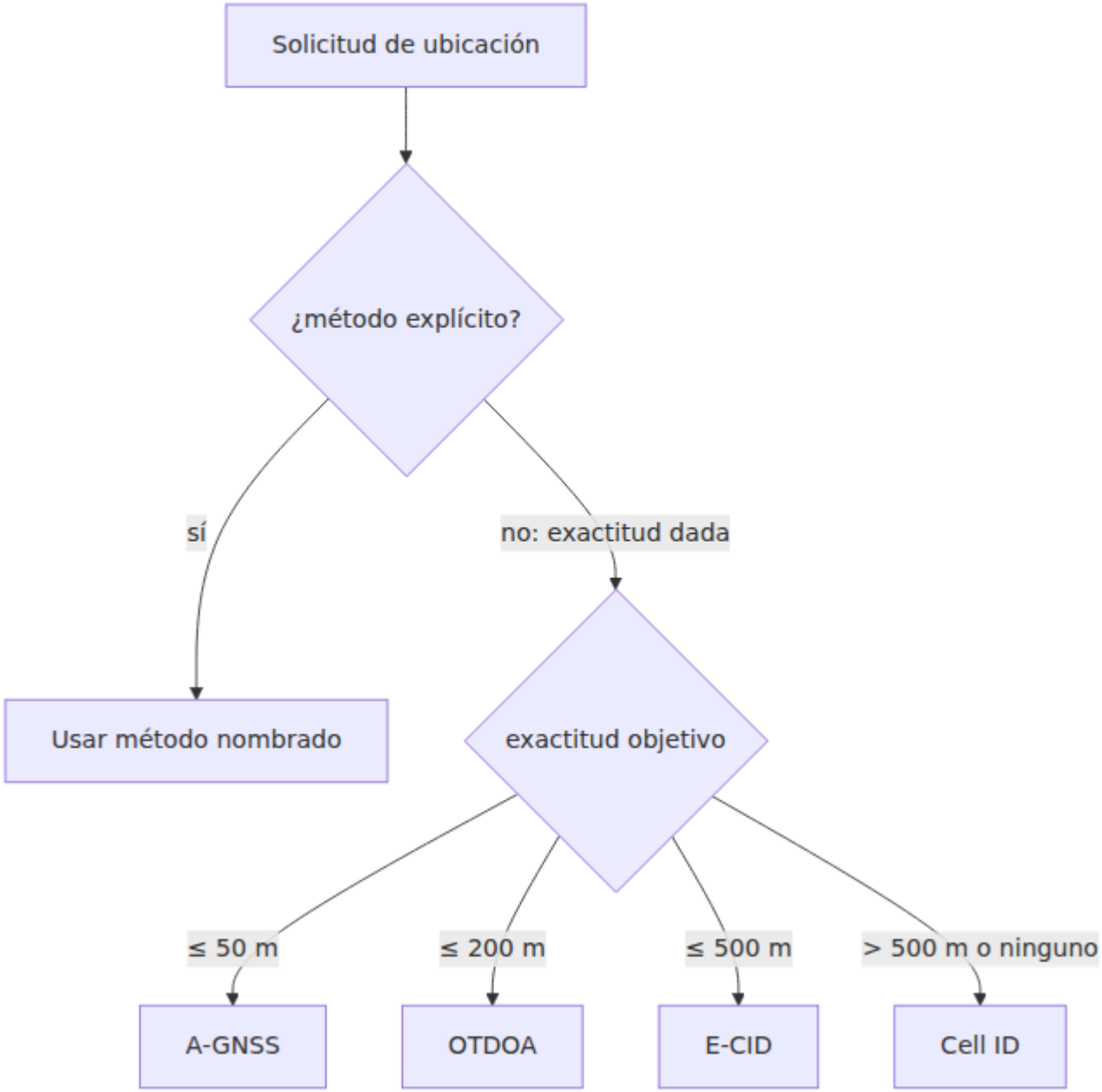

Cantidades de medición solicitadas:

| Cantidad | Descripción |
|---|---|
| Cell ID | Identidad de la celda que sirve |
| Tipo de Avance de Tiempo 2 | Retraso de propagación UE-a-eNB (estimación de distancia) |
| RSRP | Potencia de Señal de Referencia Recibida |
| RSRQ | Calidad de Señal de Referencia Recibida |

## GNSS / A-GPS

Solicita a la UE que informe sus coordenadas GPS a través del protocolo LPP.

- **Exactitud**: 5 m - 50 m
- **Latencia**: 5-30 segundos
- **Soporte de UE requerido**: Sí (capacidad GNSS)
- **Soporte de eNB requerido**: No



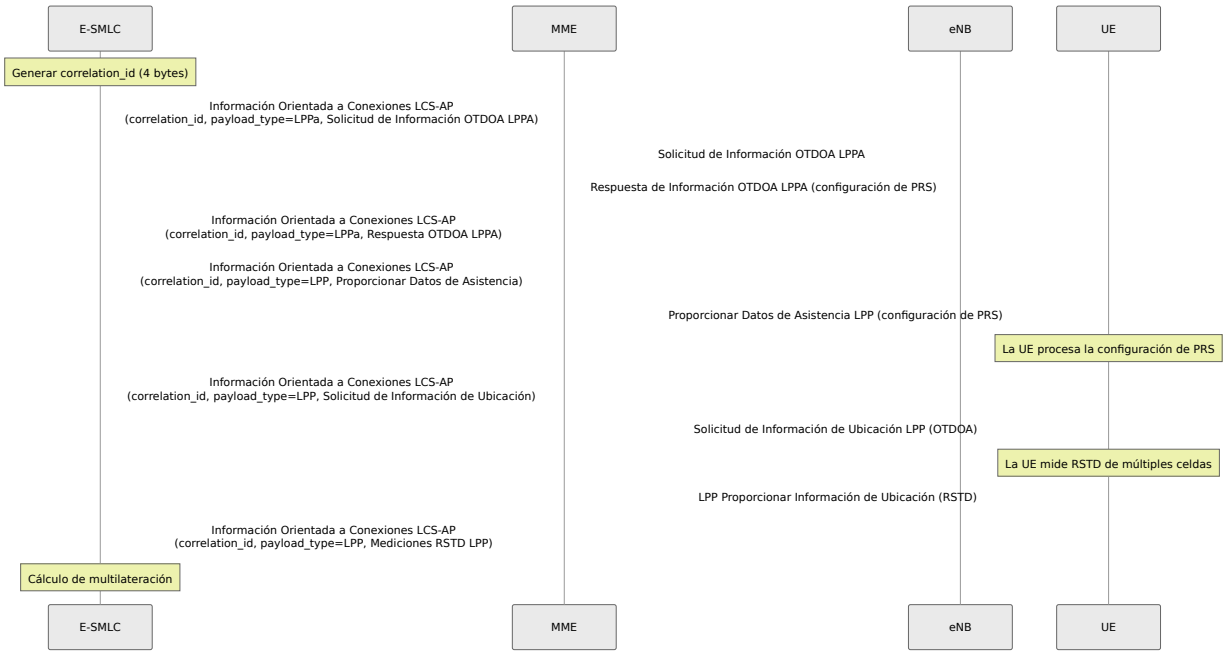

El E-SMLC envía un mensaje de Solicitud de Información de Ubicación LPP para GNSS a la UE a través del MME mediante LCS-AP. La UE realiza una fijación GNSS y reporta sus coordenadas de vuelta a través de LPP, retransmitido a través del MME en un mensaje de Información Orientada a Conexiones.

## OTDOA

Diferencia de Tiempo de Llegada Observada. Utiliza multilateración a partir de mediciones de Señal de Referencia de Posicionamiento (PRS) a través de múltiples celdas.

- **Exactitud**: 10 m - 100 m

- **Latencia**: 5-15 segundos
- **Soporte de UE requerido**: Sí (capacidad OTDOA)
- **Soporte de eNB requerido**: Sí (PRS configurado, LPPA)




Pasos de OTDOA:

1. Solicitar información de celda OTDOA al eNB a través de LPPA (retransmitido a través de Información Orientada a Conexiones LCS-AP)
2. Recibir configuración de PRS, IDs de celdas, EARFCNs para celdas de referencia y vecinas
3. Enviar datos de asistencia de PRS a la UE a través de LPP (retransmitido a través de Información Orientada a Conexiones LCS-AP)
4. Solicitar mediciones RSTD a la UE a través de LPP
5. Recibir mediciones RSTD
6. Ejecutar multilateración para calcular la posición

# Híbrido

Solicita A-GNSS **y** E-CID en una única transacción LPP y devuelve la mejor fijación disponible, retrocediendo a la medición E-CID más gruesa cuando la UE no puede completar una fijación GNSS.

- **Exactitud**: Lo mejor de A-GNSS (5-50 m) y E-CID (50-500 m)
- **Latencia**: 5-30 segundos (limitada por la fijación GNSS)

- **Soporte de UE requerido**: Sí (GNSS + informes de medición)
- **Soporte de eNB requerido**: No

Parse error on line 11: ...ferir posición GNSS;<br/>retroceder a E- ----------^ Expecting 'SPACE', 'NEWLINE', 'create', 'box', 'end', 'autonumber', 'activate', 'deactivate', 'title', 'legacy_title', 'acc_title', 'acc_descr', 'acc_descr_multiline_value', 'loop', 'rect', 'opt', 'alt', 'par', 'par_over', 'critical', 'break', 'option', 'and', 'else', 'participant', 'participant_actor', 'destroy', 'note', 'links', 'link', 'properties', 'details', 'ACTOR', got 'INVALID'

Intente de nuevo

OmniLCS envía una única Solicitud de Información de Ubicación LPP combinada para GNSS + E-CID y fusiona lo que la UE devuelve, prefiriendo la posición GNSS. Esto minimiza la señalización en comparación con ejecutar los dos métodos por separado.

# Interfaz SLs: LCS-AP sobre SCTP

El E-SMLC se comunica con el MME utilizando el Protocolo de Aplicación LCS (LCS-AP) sobre SCTP según 3GPP TS 29.171. OmniLCS inicia asociaciones SCTP a cada par MME configurado.

## Detalles de Transporte

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Protocolo | LCS-AP sobre SCTP |
| SCTP PPID | 29 |
| Puerto por defecto | 9082 (registrado en IANA) |
| Dirección de conexión | E-SMLC inicia hacia MME |
| Codificación | ASN.1 PER alineado |

## Procedimientos LCS-AP

| Procedimiento | Código | Descripción |
|---|---|---|
| Solicitud de Ubicación / Respuesta de Ubicación | 0 | E-SMLC solicita al MME localizar una UE |
| Información Orientada a Conexiones | 1 | Retransmitir PDUs LPPA/LPP (asociados a la UE, utiliza correlation_id) |
| Información Sin Conexión | 2 | Retransmitir PDUs LPPA no asociados a la UE |
| Abort Location | 3 | Abort a un procedimiento de ubicación en progreso |
| Reiniciar | 4 | Reiniciar todos los procedimientos de ubicación |

## Correlation ID

Cada transacción LCS-AP asociada a la UE utiliza un **correlation ID**. Este es un valor binario de 4 bytes que vincula la Solicitud de Ubicación, todos los intercambios de Información Orientada a Conexiones y la Respuesta de Ubicación para una única sesión de posicionamiento. El E-SMLC genera un correlation ID aleatorio al inicio de cada sesión utilizando `:crypto.strong_rand_bytes(4)`.

El correlation ID se incluye como un IE (ID 2) en:

- Solicitud de Ubicación (E-SMLC -> MME)
- Respuesta de Ubicación (MME -> E-SMLC)
- Información Orientada a Conexiones (ambas direcciones)
- Abort Location (E-SMLC -> MME)

## Túnel APDU

Los PDUs LPP y LPPA se transportan dentro de mensajes de **Información Orientada a Conexiones** LCS-AP. El IE de tipo de carga útil (ID 15) identifica el contenido:

| Tipo de Carga Útil | Valor | Descripción |
|---|---|---|
| `:lPP` | 0 | PDU LPP (protocolo de posicionamiento UE, TS 36.355) |
| `:lPPa` | 1 | PDU LPPa (protocolo de posicionamiento eNB, TS 36.455) |

El IE APDU (ID 1) transporta el PDU binario LPP o LPPa. El MME retransmite estos de manera transparente entre el E-SMLC y el eNB o UE objetivo.

# Mensajes Entrantes (MME -> E-SMLC)

### Respuesta de Ubicación (código de procedimiento 0, resultado exitoso / resultado no exitoso)

El MME envía una Respuesta de Ubicación como resultado de una Solicitud de Ubicación.

| IE | ID | Crítico | Descripción |
|---|---|---|---|
| Correlation-ID | 2 | Rechazar | Correlation ID de la Solicitud de Ubicación original |
| Location-Estimate | 12 | Rechazar | posición codificada en GAD (en caso de éxito) |
| Positioning-Data | 16 | Rechazar | información del método de posicionamiento (en caso de éxito) |
| Velocity-Estimate | 21 | Rechazar | Velocidad de la UE (opcional, en caso de éxito) |
| Accuracy-Fulfilment-Indicator | 0 | Rechazar | Si se cumplió la exactitud solicitada (en caso de éxito) |
| LCS-Cause | 11 | Ignorar | Causa de fallo (en caso de fallo) |

### Información Orientada a Conexiones (código de procedimiento 1, mensaje iniciador)

El MME retransmite PDUs LPPA/LPP del eNB o UE de vuelta al E-SMLC.

| IE | ID | Crítico | Descripción |
|---|---|---|---|
| Correlation-ID | 2 | Rechazar | Correlación de sesión |
| Payload-Type | 15 | Rechazar | `:lPP` o `:lPPa` |
| APDU | 1 | Rechazar | PDU binario LPP o LPPa |

**Solicitud de Reinicio (código de procedimiento 4, mensaje iniciador)**

El MME solicita al E-SMLC que reinicie todos los procedimientos activos. El E-SMLC responde con un Reconocimiento de Reinicio.

| IE | ID | Crítico | Descripción |
|---|---|---|---|
| LCS-Cause | 11 | Ignorar | Razón para el reinicio |

## Mensajes Salientes (E-SMLC -> MME)

**Solicitud de Ubicación (código de procedimiento 0, mensaje iniciador)**

El E-SMLC solicita al MME localizar una UE.

| IE | ID | Crítico | Descripción |
|---|---|---|---|
| Correlation-ID | 2 | Rechazar | Correlation ID de sesión de 4 bytes |
| Location-Type | 13 | Rechazar | `geographic-Information`, `assistance-Information`, o `last-known-location` |
| E-UTRAN-Cell-Id | 4 | Ignorar | E-CGI de la celda que sirve a la UE |
| LCS-Client-Type | 8 | Rechazar | Tipo de cliente LCS (opcional) |
| LCS-Priority | 9 | Rechazar | Prioridad de la solicitud de ubicación (opcional) |
| LCS-QoS | 10 | Rechazar | Requisitos de calidad de servicio (opcional) |
| IMSI | 7 | Ignorar | IMSI de la UE (opcional) |
| IMEI | 6 | Ignorar | IMEI de la UE (opcional) |
| Include-Velocity | 5 | Rechazar | Solicitar estimación de velocidad (opcional) |

**Información Orientada a Conexiones (código de procedimiento 1, mensaje iniciador)**

El E-SMLC envía PDUs LPPA/LPP al eNB o UE a través del MME.

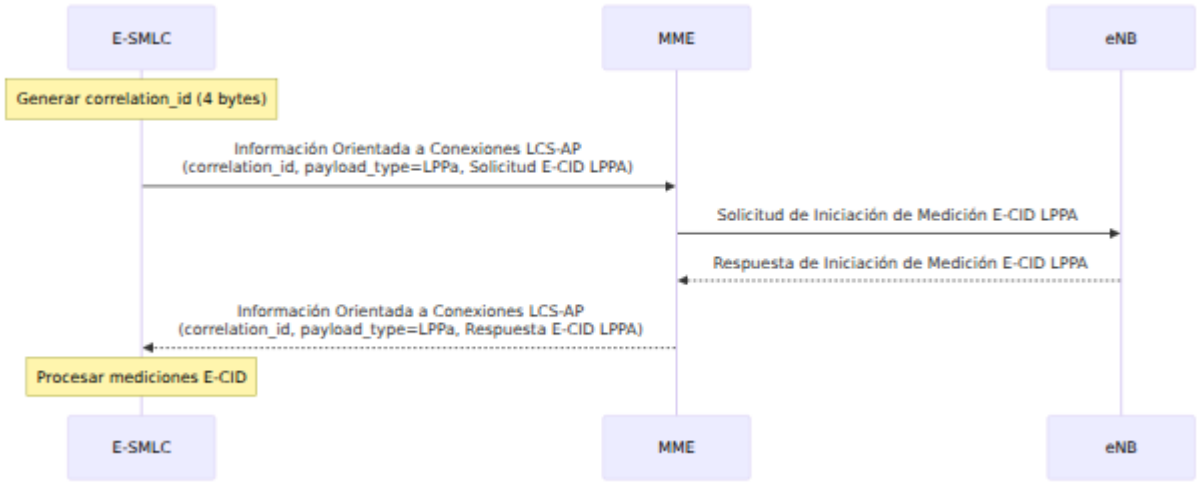
| IE | ID | Crítico | Descripción |
|---|---|---|---|
| Correlation-ID | 2 | Rechazar | Correlación de sesión |
| Payload-Type | 15 | Rechazar | `:lPP` o `:lPPa` |
| APDU | 1 | Rechazar | PDU binario LPP o LPPa |

**Información Sin Conexión (código de procedimiento 2, mensaje iniciador)**

El E-SMLC envía PDUs LPPA no asociados a la UE (por ejemplo, solicitudes de posición del eNB) a través del MME.

| IE | ID | Crítico | Descripción |
|---|---|---|---|
| Source-Identity | 19 | Rechazar | Identidad del elemento de red E-SMLC |
| Destination-Id | 3 | Rechazar | Identidad del elemento de red eNB objetivo |
| APDU | 1 | Rechazar | PDU binario LPPa |

# Ciclo de Vida de la Sesión de Localización




Cada sesión rastrea:

| Campo | Descripción |
|---|---|
| `session_id` | Identificador único (por ejemplo, `esmlc-1234567890-1`) |
| `imsi` | Identificador de la UE |
| `mme_host` | MME que originó la solicitud |
| `method` | Método de posicionamiento utilizado |
| `state` | Estado actual de la sesión |
| `created_at` | Marca de tiempo de creación de la sesión |
| `updated_at` | Marca de tiempo del último cambio de estado |
| `completed_at` | Marca de tiempo de finalización |
| `lppa_transactions` | Lista de PDUs LPPA intercambiados |
| `lpp_transactions` | Lista de PDUs LPP intercambiados |
| `measurements` | Datos de medición acumulados |
| `result` | Resultado final de la ubicación |

Las sesiones más antiguas de 1 hora se limpian automáticamente.

# Correlación de Transacciones Pendientes

El E-SMLC utiliza una tabla ETS (`:pending_transactions`) para correlacionar mensajes LCS-AP salientes con sus respuestas. Cuando una sesión de posicionamiento envía un mensaje de Información Orientada a Conexiones:

1. El motor genera un correlation ID de 4 bytes
2. Registra `{correlation_id, {caller_pid, ref}}` en la tabla `:pending_transactions`
3. Envía el mensaje LCS-AP a través del transporte SCTP
4. Espera en un bloque `receive` por la respuesta
5. Cuando el controlador SLs recibe una respuesta coincidente, busca la transacción pendiente por correlation ID y envía el resultado al proceso en espera

# Gestión de la Base de Datos de Celdas

La base de datos de celdas almacena posiciones geográficas y parámetros de radio para cada sitio de celda. Se utiliza para el posicionamiento por Cell ID y cálculos OTDOA.

## Campos del Registro de Celdas

| Campo | Tipo | Requerido | Descripción |
|---|---|---|---|
| `cell_id` | cualquier | Sí | Identificador único de celda |
| `latitude` | float | Sí | Latitud de la celda en grados decimales |
| `longitude` | float | Sí | Longitud de la celda en grados decimales |
| `pci` | entero | No | Identidad Física de Celda (0-503) |
| `earfcn` | entero | No | Número de Canal de Frecuencia de Radio Absoluta E-UTRA |
| `radius` | entero | No | Radio de cobertura de la celda en metros (por defecto: 1000) |
| `azimuth` | float | No | Azimut de la antena en grados |
| `height` | float | No | Altura de la antena en metros |
| `prs_config` | mapa | No | Configuración de PRS para OTDOA |

## Campos de Configuración de PRS

| Campo | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `bandwidth` | entero | Ancho de banda de PRS en bloques de recursos (6, 15, 25, 50, 75, 100) |
| `config_index` | entero | Índice de configuración de PRS (0-4095) |
| `num_dl_frames` | entero | Número de subtramas DL consecutivas |
| `cp_length` | átomo | Longitud del prefijo cíclico (`:normal` o `:extended`) |
| `num_antenna_ports` | entero | Número de puertos de antena (1, 2 o 4) |

## Sincronización de Celdas InfluxDB

Las posiciones de las celdas se sincronizan periódicamente desde InfluxDB:

| Parámetro | Valor | Descripción |
|---|---|---|
| Intervalo de sincronización | 5 minutos | Período de sincronización automática |
| Retraso inicial | 10 segundos | Retraso antes de la primera sincronización después del inicio |
| Tiempo de espera de sincronización | 60 segundos | Tiempo máximo para una operación de sincronización |

La sincronización también se puede activar manualmente a través de:

- API REST: `POST /api/cells/sync`
- Interfaz LiveView: botón "Sincronizar desde InfluxDB" en la página de Celdas

## Importación JSON

Las celdas se pueden importar desde un archivo JSON:

```
[
  {
    "cell_id": "001-01-0001-01",
    "latitude": 40.7128,
    "longitude": -74.0060,
    "pci": 100,
    "earfcn": 1300,
    "radius": 500,
    "prs_config": {
      "bandwidth": 50,
      "config_index": 0,
      "num_dl_frames": 1
    }
  }
]
```

## Búsqueda de Celdas Cercanas

La base de datos de celdas admite consultas de proximidad geográfica utilizando la fórmula de Haversine para el cálculo de distancia en círculo grande. Consultar a través de la API REST: `GET /api/cells/nearby?lat=X&lon=Y&radius=R` donde el radio está en kilómetros.

# Cálculo OTDOA

La calculadora OTDOA convierte mediciones RSTD (Diferencia de Tiempo de Señal de Referencia) en una posición de UE utilizando multilateración.

## Algoritmo

1. **RSTD a diferencia de distancia**: `dd = RSTD * Ts * c` donde Ts = 1/(15000 * 2048) segundos y c = velocidad de la luz

2. **Proyección de coordenadas**: Las coordenadas lat/lon de la celda se proyectan a un sistema de coordenadas local basado en metros
3. **Mínimos cuadrados iterativos**: Resuelve las ecuaciones de posicionamiento hiperbólico utilizando mínimos cuadrados ponderados con optimización basada en Jacobiano
4. **Convergencia**: Itera hasta que el cambio de posición sea menor de 1 metro o un máximo de 50 iteraciones
5. **Estimación de incertidumbre**: Calculada a partir de la geometría de medición y diferencias de distancia

## Requisitos

- Mínimo 2 celdas vecinas (más la celda de referencia = 3 en total) para una estimación de posición
- Se recomiendan 3 o más vecinas para una fijación 2D no ambigua
- Todas las celdas deben tener posiciones conocidas en la base de datos de celdas
- Las posiciones de las celdas se resuelven por PCI, ECGI o cell_id

# Referencia de API REST para Localización

Consulte la Referencia de API REST para la documentación completa de los puntos finales. Puntos finales clave de localización:

| Punto final | Método | Descripción |
|---|---|---|
| `/api/location` | POST | Solicitar una nueva ubicación de UE |
| `/api/location` | GET | Listar fijaciones de ubicación recientes |
| `/api/location/:imsi` | GET | Última ubicación conocida para un IMSI |
| `/api/location/:imsi/history` | GET | Historial de ubicación para un IMSI |
| `/api/location/:imsi/history/csv` | GET | Exportación CSV del historial de ubicación |

# Solución de Problemas

## No hay pares SLs conectados

1. Verifique la configuración de `:sls`: `local_ip` debe ser accesible desde la red del MME
2. Asegúrese de que cada entrada de `mme_peers` tenga la dirección IP y el puerto correctos (por defecto 9082)
3. Busque errores de conexión SCTP en el registro: `SLs: Falló la conexión al MME`
4. Verifique que SCTP no esté bloqueado por firewalls (protocolo IP 132)
5. Confirme que el MME esté escuchando LCS-AP en el puerto 9082

## La solicitud de ubicación devuelve "no_mme_host"

El E-SMLC no puede determinar a qué MME enviar mensajes LPPA/LPP. Asegúrese de:

1. Al menos una asociación SCTP SLs está establecida
2. Para solicitudes de API REST, proporcione el parámetro `mme_host`
3. Verifique el estado de conexión SLs en la página del Dashboard

## No hay respuesta LCS-AP del MME

1. Verifique que la asociación SCTP esté en el estado `:established` en la vista de estado de conexión
2. Busque fallos de latido SCTP en el registro
3. Confirme que el MME admite LCS-AP (TS 29.171)
4. Verifique que el correlation ID se esté emparejando correctamente entre la solicitud y la respuesta

## El posicionamiento por Cell ID no devuelve coordenadas

La base de datos de celdas no contiene una celda coincidente. Acciones:

1. Active una sincronización de InfluxDB: `POST /api/cells/sync`
2. Agregue celdas manualmente a través de la API REST o la interfaz LiveView
3. Importe celdas desde un archivo JSON

## Tiempo de espera OTDOA

El eNB no respondió con información OTDOA dentro del período de tiempo de espera. Causas posibles:

1. El eNB no admite el procedimiento de Información OTDOA LPPA
2. PRS no está configurado en el eNB
3. Problema de ruta de red entre MME y eNB

## Tiempo de espera GNSS

La UE no informó coordenadas GNSS dentro del tiempo de espera. Causas posibles:

1. La UE no admite posicionamiento GNSS
2. La UE está en interiores (sin visibilidad de satélites)
3. No se proporcionaron datos de asistencia GNSS (el inicio en frío lleva más tiempo)

# Referencias 3GPP

| Especificación | Título |
|---|---|
| TS 29.171 | Protocolo de Aplicación LCS (LCS-AP) entre MME y E-SMLC (interfaz SLs) |
| TS 29.172 | Protocolo EPC LCS entre GMLC y MME (interfaz Diameter SLg) |
| TS 36.455 | Protocolo de Posicionamiento LTE A (LPPa) entre eNB y E-SMLC |
| TS 36.355 | Protocolo de Posicionamiento LTE (LPP) entre UE y E-SMLC |
| TS 23.032 | Descripción Universal de Área Geográfica (codificación GAD) |

# Referencia de la API REST de OmniLCS

La API REST de OmniLCS se sirve a través de HTTPS en el puerto **8443**. La URL base es `https://<host>:8443/api`.

La documentación de la API (Swagger UI) está disponible en `https://<host>:8443/api/docs`. El esquema OpenAPI se encuentra en `https://<host>:8443/api/schema`.

## Autenticación

La API actualmente no aplica autenticación. El acceso debe restringirse a nivel de red.

## Formato de Respuesta

Todas las respuestas utilizan JSON. Las respuestas exitosas incluyen un campo `"status": "ok"`. Las respuestas de error incluyen `"status": "error"` y un campo `"reason"`.

---

## Estado del Sistema

### GET /api/status

Devuelve la salud del sistema y el estado operativo.

**Respuesta (200)**

```
{
  "status": "ok",
  "version": "1.0.0",
  "name": "OmniLCS",
  "diameter_peers": [
    {
      "host": "dra01.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      "realm": "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      "state": "Connected",
      "transport": "sctp"
    }
  ],
  "active_sessions": 2,
  "completed_sessions": 47,
  "cells_loaded": 128,
  "cell_sync": {
    "last_sync": "2025-01-15T10:30:00Z",
    "last_result": "ok (128 cells)",
    "sync_count": 42
  },
  "uptime_seconds": 86400
}
```

| Campo | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `version` | string | Versión de la aplicación |
| `name` | string | Nombre de la instancia |
| `diameter_peers` | array | Pares de Diameter conectados con estado |
| `active_sessions` | integer | Número de sesiones de localización en progreso |
| `completed_sessions` | integer | Número de sesiones de localización completadas |
| `cells_loaded` | integer | Número de celdas en la base de datos |
| `cell_sync` | object | Estado de sincronización de InfluxDB |
| `uptime_seconds` | integer | Tiempo de actividad del proceso en segundos |

---

# Servicios de Localización

## POST /api/location

Una única llamada armonizada de "obtener ubicación". El llamador proporciona el IMSI y, opcionalmente, un `method`/`accuracy` deseado. OmniLCS luego decide *qué rol e interfaz de LCS de 3GPP* utilizar. Informa cuál respondió en el campo `source`.

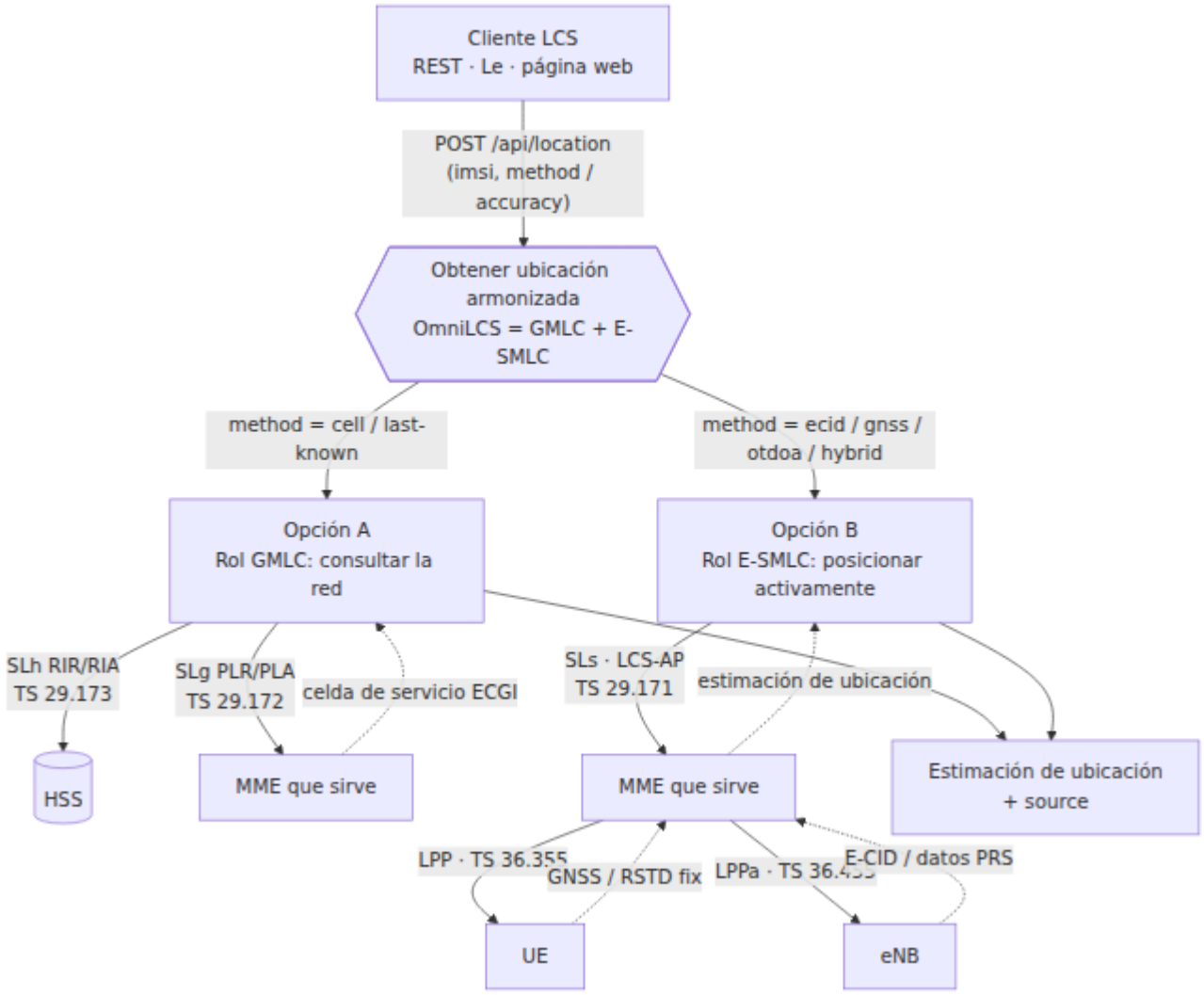
#### Cada opción está disponible aquí

OmniLCS está co-localizado como un **GMLC** y un **E-SMLC** (las funciones de red LCS LTE de TS 23.271) y también habla **MAP/Lg** para legado 2G/3G. Por lo

tanto, este único punto final alcanza cada forma estándar de localizar a un suscriptor:

| Opción | Rol 3GPP | Interfaz(es) | Cómo localiza | M |
|---|---|---|---|---|
| **A: consultar la red (4G)** | GMLC | SLh (TS 29.173) + SLg (TS 29.172) | Sin posicionamiento activo. El MME que sirve devuelve la celda de servicio del UE (ECGI) de su contexto. | Ubi gru y si disp UEs (últ con |
| **B: posicionar activamente (4G)** | E-SMLC | SLs / LCS-AP (TS 29.171), que tunela LPP (TS 36.355) al UE y LPPa (TS 36.455) al eNB | OmniLCS ejecuta E-CID / GNSS / OTDOA contra el UE y radio | Fijo cua UE/ sop |
| **C: consultar la red (2G/3G)** | GMLC | MAP / Lg sobre SS7 (TS 29.002): SRI-for-LCS al HLR, luego ProvideSubscriberLocation al MSC/SGSN que sirve | El MSC/SGSN que sirve devuelve la celda de servicio (Cell-ID / clase TA) | Sus aca en GEI |

Selección: para 4G, el `method`/`accuracy` solicitado elige **A** (`cell`/última conocida) o **B** (`ecid`/`gnss`/`otdoa`/`hybrid`). Establecer `rat` a `2g`/`3g` elige **C** independientemente del método. En A/B, el MME que sirve siempre está en la ruta (respondedor SLg o retransmisor SLs); en C, el MSC/SGSN que sirve lo está. Ver localización 2G/3G sobre MAP/Lg.




Ver Métodos de Posicionamiento para cómo se obtiene cada método (Cell ID, E-CID, OTDOA, A-GNSS, híbrido), su precisión y la auto-selección de precisión→método.

### Cuerpo de la Solicitud

```
{
  "imsi": "001010000000001",
  "method": "cell",
  "location_type": 1,
  "timeout": 30000,
  "mme_host": "mme01.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"
}
```

| Parámetro | Tipo | Requerido | Predeterminado | Descr |
|---|---|---|---|---|
| `imsi` | string | Sí | -- | IMSI del UE a |
| `method` | string | No | `cell` | Método de posicionamier `ecid`, `gnss`, ( `hybrid`. Méto (`ecid`/`gnss`/`o` impulsan el E- través de SLs; un PLR SLg. |
| `accuracy` | integer | No | -- | Precisión hori: solicitada en r establece, sel automáticame método (más GNSS/OTDOA/ la ruta cell/las también se lle como LCS-Qo |
| `location_type` | integer | No | `1` | SLg-Location-T cell/last-know `1` actual o últ `2` inicial. El predetermina devuelve la úl servicio conoc inactivas en lu una solicitud c actual. |
| `mme_host` | string | No | -- | Host de destir sirve). Si se o resuelve a tra |

| Parámetro | Tipo | Requerido | Predeterminado | Descr |
|---|---|---|---|---|
| | | | | `LCS-Routing-Request` al HS |
| `rat` | string | No | `4g` | Tecnología de `2g`/`3g` ruta sc (Opción C) al que sirve; `4g` SLg/SLs (Opci según lo selec `method`. |
| `node_gt` | string | No | -- | Solo 2G/3G: tí del MSC/SGSN se omite, se r través de un M SendRoutingIn HLR. |
| `timeout` | integer | No | `30000` | Tiempo de esp milisegundos |

> El `method` (o `accuracy`) solicitado selecciona *cómo* OmniLCS posiciona el UE: los métodos activos ejecutan el E-SMLC de OmniLCS (LPP/LPPa sobre SLs), mientras que `cell`/última conocida consulta al MME que sirve a través de SLg. En la ruta SLg, el MME decide en última instancia qué puede devolver (típicamente la celda de servicio ECGI).

**Respuesta (200)**

```json
{
  "status": "ok",
  "imsi": "001010000000001",
  "method": "cell",
  "source": "slg",
  "latitude": 40.7128,
  "longitude": -74.0060,
  "altitude": null,
  "uncertainty": 10.5,
  "confidence": null,
  "cell_id": 43559,
  "plmn": {"mcc": "001", "mnc": "01"},
  "ecgi": "00F1100000AA27",
  "serving_node": {"name": "mme01...", "realm": "epc..."},
  "duration_ms": 5230,
  "timestamp": "2025-01-15T10:30:00Z"
}
```

La respuesta **fusiona cada campo que el posicionador devolvió** con el sobre de la solicitud, por lo que el conjunto exacto varía según la ruta. `latitude`/`longitude` se decodifican de la `Location-Estimate` de GAD; `source` es `"slg"` para resultados del MME que sirve a través de SLg, o el método de posicionamiento (`gnss`, `ecid`, ...) para arreglos activos de E-SMLC. Las fijaciones Cell/SLg incluyen además el ECGI decodificado (`cell_id` + `plmn`) junto con el `ecgi` crudo. Los AVPs binarios (ECGI crudo, estimación GAD, Nodo que sirve) están codificados en hexadecimal.

| Campo | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `imsi` | string | Identificador del UE |
| `method` | string | Método solicitado |
| `source` | string | Fuente de posicionamiento real u (`slg`, `gnss`, `ecid`, ...) |
| `latitude` | float/null | Latitud en grados decimales |
| `longitude` | float/null | Longitud en grados decimales |
| `altitude` | float/null | Altitud en metros (si está disponi |
| `uncertainty` | float/null | Incertidumbre de la posición hori metros |
| `uncertainty_altitude` | float/null | Incertidumbre vertical en metros está presente) |
| `confidence` | integer/null | Porcentaje de confianza |
| `shape` | string/null | Forma GAD de la estimación (por `ellipsoid_point_with_uncertai` |
| `cell_id` | integer/null | ID de celda E-UTRAN decodificad cell/SLg) |
| `plmn` | object/null | PLMN que sirve decodificado `{mc` (ruta cell/SLg) |
| `ecgi` | string/null | ECGI crudo de 7 bytes, hexadecir cell/SLg) |
| `serving_node` | object/null | Identidad del MME que sirve (Nor |

| Campo | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `age_of_location_estimate` | integer/null | Edad de la estimación en minuto está presente) |
| `accuracy_fulfilment` | string/null | Si se cumplió la precisión solicita |
| `ecid_measurements` | object/null | Mediciones de radio E-CID (méto |
| `duration_ms` | integer | Tiempo tomado en milisegundos |
| `timestamp` | string | Marca de tiempo ISO 8601 |

**Respuestas de Error**

| Estado | Razón | Descripción |
|---|---|---|
| 400 | `"imsi is required"` | Falta el parámetro IMSI |
| 404 | `"User not found"` | IMSI desconocido |
| 404 | `"User not connected"` | UE no conectado a la red |
| 422 | `"No MME host available for this subscriber"` | No hay MME para enrutar la solicitud |
| 504 | `"Positioning timed out"` | El método de posicionamiento no se completó a tiempo |
| 500 | (varía) | Error interno |

**Ejemplos**

*Opción A: ubicación gruesa a través del rol GMLC (SLh + SLg).* Una solicitud para `cell` (o cualquier solicitud de última conocida) resuelve el MME que sirve y devuelve su celda de servicio:

```
curl -sk -X POST https://localhost:8443/api/location \
  -H "Content-Type: application/json" \
  -d '{"imsi": "001010000000001", "method": "cell"}'
```


```
{
  "status": "ok",
  "imsi": "001010000000001",
  "method": "cell",
  "source": "slg",
  "latitude": -37.8183,
  "longitude": 144.9671,
  "altitude": null,
  "uncertainty": 1273.5,
  "confidence": null,
  "cell_id": 43559,
  "plmn": {"mcc": "001", "mnc": "01"},
  "ecgi": "00F1100000AA27",
  "serving_node": {"name":
"mme01.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org", "realm":
"epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"},
  "duration_ms": 412,
  "timestamp": "2026-06-22T01:14:55.218000Z"
}
```


*Opción B: ubicación precisa a través del rol E-SMLC (SLs / LPP).* Una solicitud para `gnss` (o un valor de `accuracy` ajustado) impulsa una fijación activa. El campo `source` refleja el método que respondió:

```
curl -sk -X POST https://localhost:8443/api/location \
  -H "Content-Type: application/json" \
  -d '{"imsi": "001010000000001", "method": "gnss", "timeout":
30000}'
```

```
{
  "status": "ok",
  "imsi": "001010000000001",
  "method": "gnss",
  "source": "gnss",
  "latitude": -37.8200,
  "longitude": 144.9834,
  "altitude": 558,
  "uncertainty": 9.5,
  "uncertainty_altitude": 1.1,
  "confidence": 90,
  "shape":
"ellipsoid_point_with_altitude_and_uncertainty_ellipsoid",
  "duration_ms": 10077,
  "timestamp": "2026-06-22T01:18:02.640000Z"
}
```

Equivalente, `-d '{"imsi": "001010000000001", "accuracy": 20}'` selecciona automáticamente A-GNSS (≤ 50 m → A-GNSS) y devuelve la misma forma de respuesta.

---

## GET /api/location

Lista las fijaciones de ubicación completadas recientemente.

### Parámetros de Consulta

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|
| `limit` | integer | `50` | Número máximo de resultados |

### Respuesta (200)

```
{
  "status": "ok",
  "data": [
    {
      "imsi": "001010000000001",
      "method": "gnss",
      "state": "completed",
      "latitude": 40.7128,
      "longitude": -74.0060,
      "uncertainty": 10.5,
      "source": "gnss",
      "created_at": "2025-01-15T10:29:55Z",
      "completed_at": "2025-01-15T10:30:00Z"
    }
  ],
  "count": 1
}
```

---

## GET /api/location/:imsi

Obtiene la última ubicación conocida para un UE por IMSI.

### Parámetros de Ruta

| Parámetro | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `imsi` | string | IMSI del UE |

### Respuesta (200)

```
{
  "status": "ok",
  "imsi": "001010000000001",
  "latitude": 40.7128,
  "longitude": -74.0060,
  "altitude": null,
  "uncertainty": 10.5,
  "confidence": null,
  "source": "gnss",
  "timestamp": "2025-01-15T10:30:00Z"
}
```

### Respuestas de Error

| Estado | Razón |
|---|---|
| 404 | `"No location found for IMSI"` |
| 404 | `"No completed location for IMSI"` |

---

## GET /api/location/:imsi/history

Obtiene el historial de fijaciones de ubicación para un IMSI.

### Parámetros de Ruta

| Parámetro | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `imsi` | string | IMSI del UE |

### Parámetros de Consulta

| Parámetro | Tipo | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|
| `from` | string | -- | Inicio del rango de tiempo (ISO 8601 o fecha) |
| `to` | string | -- | Fin del rango de tiempo (ISO 8601 o fecha) |
| `limit` | integer | `100` | Número máximo de resultados |

**Respuesta (200)**

```
{
  "status": "ok",
  "data": [
    {
      "timestamp": "2025-01-15T10:30:00Z",
      "imsi": "001010000000001",
      "method": "gnss",
      "latitude": 40.7128,
      "longitude": -74.0060,
      "altitude": null,
      "uncertainty": 10.5,
      "confidence": null,
      "source": "gnss",
      "duration_ms": 5230
    }
  ],
  "count": 1
}
```

---

# GET /api/location/:imsi/history/csv

Exporta el historial de ubicación para un IMSI como un archivo CSV.

**Parámetros de Ruta**

| Parámetro | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `imsi` | string | IMSI del UE |

**Parámetros de Consulta**

Igual que `/api/location/:imsi/history`.

**Respuesta (200)**

Devuelve una descarga de archivo CSV con encabezados:

```
timestamp,imsi,method,latitude,longitude,altitude,uncertainty,confide
```

Content-Type: `text/csv` Content-Disposition: `attachment; filename="location_history_<imsi>_<date>.csv"`

---

# Base de Datos de Celdas

## GET /api/cells

Lista todas las celdas en la base de datos.

**Respuesta (200)**

```json
{
  "status": "ok",
  "data": [
    {
      "cell_id": "001-01-0001-01",
      "latitude": 40.7128,
      "longitude": -74.0060,
      "pci": 100,
      "earfcn": 1300,
      "radius": 500,
      "azimuth": null,
      "height": null,
      "prs_config": null,
      "updated_at": "2025-01-15T10:00:00Z"
    }
  ],
  "count": 1
}
```

---

## GET /api/cells/:id

Obtiene una única celda por cell_id.

### Parámetros de Ruta

| Parámetro | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `id` | string | Identificador de la celda |

### Respuesta (200)

```
{
  "status": "ok",
  "data": {
    "cell_id": "001-01-0001-01",
    "latitude": 40.7128,
    "longitude": -74.0060,
    "pci": 100,
    "earfcn": 1300,
    "radius": 500,
    "azimuth": null,
    "height": null,
    "prs_config": {
      "bandwidth": 50,
      "config_index": 0,
      "num_dl_frames": 1,
      "cp_length": null,
      "num_antenna_ports": null
    },
    "updated_at": "2025-01-15T10:00:00Z"
  }
}
```

**Respuesta de Error**

| Estado | Razón |
|---|---|
| 404 | `"Cell not found: <id>"` |

---

# POST /api/cells

Crea una nueva celda.

**Cuerpo de la Solicitud**

```json
{
  "cell_id": "001-01-0001-01",
  "latitude": 40.7128,
  "longitude": -74.0060,
  "pci": 100,
  "earfcn": 1300,
  "radius": 500,
  "azimuth": 120.0,
  "height": 30.0,
  "prs_config": {
    "bandwidth": 50,
    "config_index": 0,
    "num_dl_frames": 1,
    "cp_length": "normal",
    "num_antenna_ports": 2
  }
}
```

| Parámetro | Tipo | Requerido | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| `cell_id` | string | Sí | -- | Identificador único de la celda |
| `latitude` | float | Sí | -- | Latitud de la celda (-90 a 90) |
| `longitude` | float | Sí | -- | Longitud de la celda (-180 a 180) |
| `pci` | integer | No | -- | Identidad de Celda Física (0-503) |
| `earfcn` | integer | No | -- | Número de Canal de Frecuencia de Radio Absoluta E-UTRA |
| `radius` | integer | No | `1000` | Radio de cobertura en metros |
| `azimuth` | float | No | -- | Azimut de la antena en grados |
| `height` | float | No | -- | Altura de la antena en metros |

| Parámetro | Tipo | Requerido | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| `prs_config` | object | No | -- | Configuración de PRS para OTDOA |
| `tac` | integer | No | -- | Código de Área de Seguimiento (utilizado para la difusión de alerta CAP de 4G) |
| `lac` | integer | No | -- | Código de Área de Localización (utilizado para la difusión de alerta CAP de 2G y 3G) |
| `rat` | string | No | -- | Tecnología de Acceso Radio: `"4g"`, `"3g"` o `"2g"` |

**Respuesta (201)**

Devuelve la celda creada en el mismo formato que `GET /api/cells/:id`.

**Respuestas de Error**

| Estado | Razón |
|---|---|
| 400 | `"cell_id is required"` |
| 400 | `"latitude and longitude are required"` |

---

# PUT /api/cells/:id

Actualiza una celda existente. Solo se actualizan los campos proporcionados.

**Parámetros de Ruta**

| Parámetro | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `id` | string | Identificador de la celda |

**Cuerpo de la Solicitud**

Cualquier campo de celda a actualizar (igual que POST, pero todos los campos son opcionales).

**Respuesta (200)**

Devuelve la celda actualizada.

**Respuesta de Error**

| Estado | Razón |
|---|---|
| 404 | `"Cell not found: <id>"` |

---

# DELETE /api/cells/:id

Elimina una celda de la base de datos.

**Parámetros de Ruta**

| Parámetro | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `id` | string | Identificador de la celda |

**Respuesta (204)**

Cuerpo vacío en caso de éxito.

**Respuesta de Error**

| Estado | Razón |
|---|---|
| 404 | `"Cell not found: <id>"` |

---

# GET /api/cells/nearby

Encuentra celdas cerca de un punto geográfico.

**Parámetros de Consulta**

| Parámetro | Tipo | Requerido | Predeterminado | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| `lat` | float | Sí | -- | Latitud del centro de búsqueda |
| `lon` | float | Sí | -- | Longitud del centro de búsqueda |
| `radius` | float | No | `10` | Radio de búsqueda en **kilómetros** |

**Respuesta (200)**

```json
{
  "status": "ok",
  "data": [
    {
      "cell_id": "001-01-0001-01",
      "latitude": 40.7128,
      "longitude": -74.0060,
      "pci": 100,
      "earfcn": 1300,
      "distance_km": 0.523
    }
  ],
  "count": 1
}
```

Los resultados están ordenados por distancia (más cercano primero). Cada entrada incluye un campo `distance_km`.

**Respuesta de Error**

| Estado | Razón |
|---|---|
| 400 | `"lat and lon query parameters are required"` |

---

# POST /api/cells/sync

Inicia una sincronización inmediata de celdas en InfluxDB.

**Cuerpo de la Solicitud**

No se requiere.

**Respuesta (200)**

```
{
  "status": "ok",
  "cells_synced": 128
}
```

**Respuestas de Error**

| Estado | Razón |
|---|---|
| 500 | `"Sync failed: <reason>"` |
| 503 | `"Cell sync service unavailable"` |

---

# Localización Diferida (GMLC)

Gestiona sesiones de localización periódicas y activadas por geo-cercas. Consulte la guía de GMLC & Le Interface para obtener detalles completos sobre los tipos de sesión e integración de Diameter.

## GET /api/deferred_location

Lista todas las sesiones de localización diferida activas.

**Respuesta (200):**

```
{
  "status": "ok",
  "count": 1,
  "data": [
    {
      "session_id": "a1b2c3d4-e5f6-...",
      "type": "periodic",
      "imsi": "001010000000001",
      "method": "cell",
      "client_name": "rest-api",
      "status": "active",
      "interval_ms": 60000,
      "remaining_reports": 7,
      "total_reports": 10,
      "started_at": "2026-04-09T10:00:00Z",
      "last_fix_at": "2026-04-09T10:03:00Z"
    }
  ]
}
```

## POST /api/deferred_location

Crea una nueva sesión de localización diferida.

**Cuerpo de solicitud de sesión periódica:**

```
{
  "type": "periodic",
  "imsi": "001010000000001",
  "method": "cell",
  "interval_seconds": 60,
  "count": 10
}
```

| Campo | Tipo | Requerido | Descripción |
|---|---|---|---|
| `type` | string | Sí | `"periodic"` |
| `imsi` | string | Sí | IMSI del suscriptor |
| `method` | string | No | Método de posicionamiento: `cell`, `ecid`, `gnss`, `otdoa`. Predeterminado: `cell` |
| `interval_seconds` | integer | Sí | Segundos entre fijaciones |
| `count` | integer | Sí | Número total de fijaciones a realizar |

**Cuerpo de solicitud de sesión activada:**

```
{
  "type": "triggered",
  "imsi": "001010000000001",
  "method": "cell",
  "event_type": "entering",
  "poll_interval_seconds": 30,
  "max_reports": 0,
  "areas": [
    {
      "type": "circle",
      "center": {"lat": -33.8688, "lon": 151.2093},
      "radius_meters": 500
    }
  ]
}
```

| Campo | Tipo | Requerido | Descripción |
|---|---|---|---|
| `type` | string | Sí | `"triggered"` |
| `imsi` | string | Sí | IMSI del suscriptor |
| `method` | string | No | Método de posicionamiento. Predeterminado: `cell` |
| `event_type` | string | Sí | `"entering"`, `"leaving"` o `"being_inside"` |
| `poll_interval_seconds` | integer | No | Segundos entre encuestas de posición. Predeterminado: 30 |
| `max_reports` | integer | No | Máximo de informes de activación. `0` = ilimitado |
| `areas` | array | Sí | Lista de definiciones de área (círculo o polígono) |

**Respuesta (201):**

```
{"status": "ok", "message": "Periodic session created"}
```

## GET /api/deferred_location/:session_id

Obtiene el estado de una sesión diferida.

**Respuesta (200):**

```
{
  "status": "ok",
  "data": {
    "session_id": "a1b2c3d4-...",
    "type": "periodic",
    "imsi": "001010000000001",
    "status": "active",
    "remaining_reports": 7,
    "total_reports": 10
  }
}
```

## DELETE /api/deferred_location/:session_id

Cancela una sesión diferida activa.

**Respuesta (200):**

```
{"status": "ok", "message": "Session cancelled"}
```

| Estado | Error |
|---|---|
| 400 | Parámetros faltantes o inválidos |
| 404 | Sesión no encontrada |

---

# Alertas CAP

## POST /api/cap

Envía una alerta CAP XML para su procesamiento. La alerta se analiza, las áreas de advertencia de polígono se resuelven a TACs/LACs a través de la base de datos de celdas, y la alerta se coloca en cola para aprobación o se difunde automáticamente según la configuración.

### Cuerpo de la Solicitud

```
{
  "xml": "<alert
xmlns=\"urn:oasis:names:tc:emergency:cap:1.2\">...</alert>"
}
```

| Parámetro | Tipo | Requerido | Descripción |
|---|---|---|---|
| `xml` | string | Sí | Documento XML completo de alerta CAP v1.2 |

### Respuesta (201)

```
{
  "status": "ok",
  "data": {
    "id": "a1b2c3d4-e5f6-...",
    "status": "pending",
    "source": "http_post",
    "received_at": "2025-01-15T10:30:00Z",
    "matched_cells": 42,
    "tacs": [100, 101],
    "lacs": [5001],
    "mcc": "001",
    "mnc": "01",
    "broadcast_params": {
      "message_id": 4370,
      "repetition_period": 30,
      "num_broadcasts": 10,
      "message_text": "Tornado Warning...",
      "event": "Tornado Warning",
      "severity": "Extreme",
      "urgency": "Immediate"
    }
  }
}
```

El campo `status` es `"pending"` cuando `require_approval` es `true`, o `"sent"` cuando se aprueba automáticamente.

**Respuestas de Error**

| Estado | Razón |
|---|---|
| 400 | `"xml field is required"` |
| 422 | Detalles del error de análisis |

---

# GET /api/cap

Lista todas las alertas en todos los estados (pendientes, activas, historial).

**Respuesta (200)**

```
{
  "status": "ok",
  "data": {
    "pending": [...],
    "active": [...],
    "history": [...]
  }
}
```

---

# GET /api/cap/:id

Obtiene una única alerta por ID.

**Parámetros de Ruta**

| Parámetro | Tipo | Descripción |
|---|---|---|
| `id` | string | UUID de la alerta |

**Respuesta (200)**

Devuelve el objeto de alerta.

**Respuesta de Error**

| Estado | Razón |
|---|---|
| 404 | `"Alert not found: <id>"` |

---

# PUT /api/cap/:id

Aprueba o rechaza una alerta pendiente.

**Cuerpo de la Solicitud**

```
{
  "action": "approve",
  "operator": "operator1"
}
```

| Parámetro | Tipo | Requerido | Descripción |
|---|---|---|---|
| `action` | string | Sí | `"approve"` o `"reject"` |
| `operator` | string | No | Nombre del operador para la auditoría (predeterminado a `"unknown"`) |

**Respuesta (200)**

Devuelve el objeto de alerta actualizado.

**Respuestas de Error**

| Estado | Razón |
|---|---|
| 400 | `"action must be 'approve' or 'reject'"` |
| 404 | `"Alert not found: <id>"` |

---

# Formato de Respuesta de Error

Todas las respuestas de error siguen esta estructura:

```
{
  "status": "error",
  "reason": "Descripción de error legible por humanos"
}
```

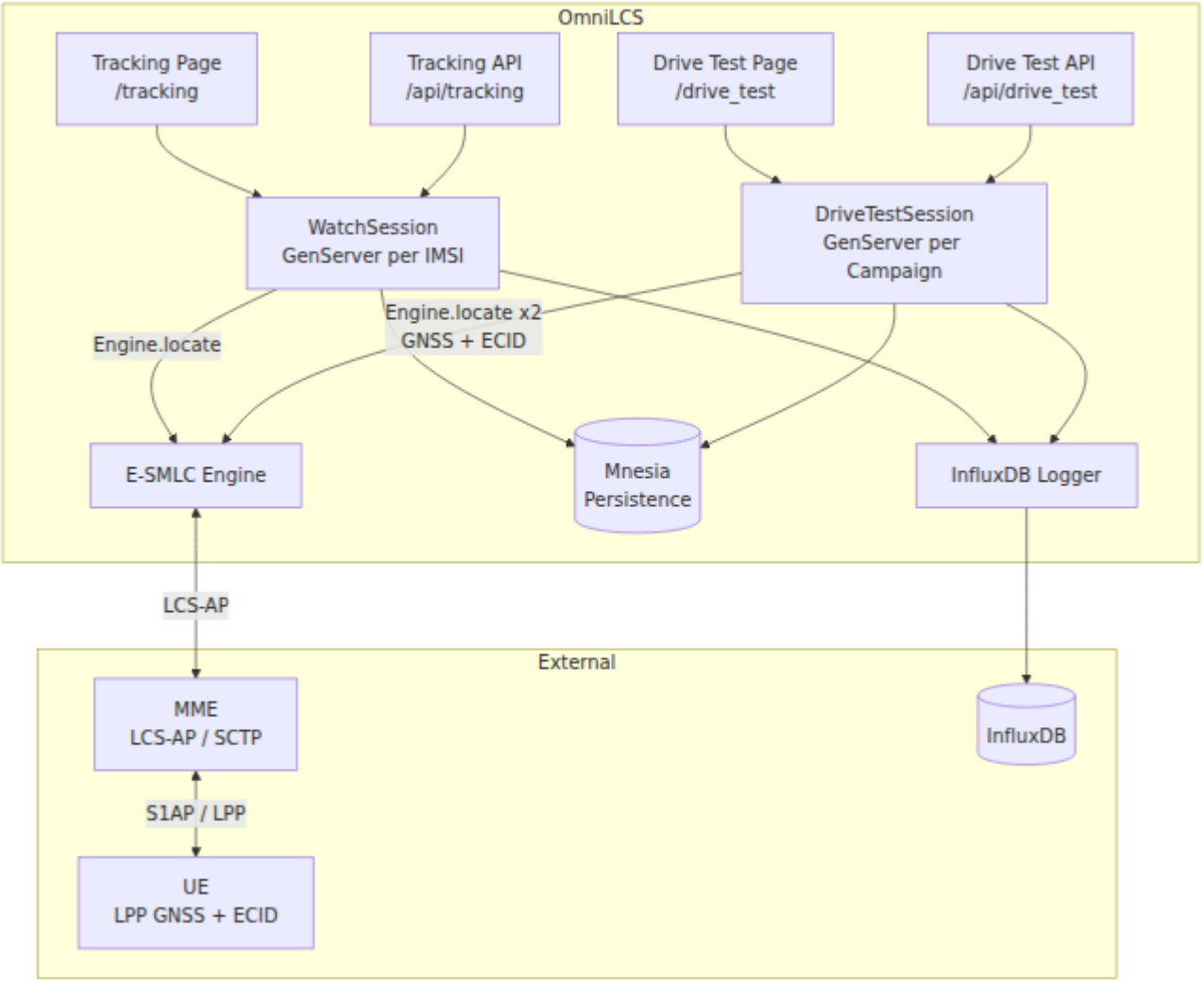
Códigos de estado HTTP comunes:

| Código | Significado |
|---|---|
| 200 | Éxito |
| 201 | Creado (creación de celda) |
| 204 | Sin Contenido (eliminación de celda) |
| 400 | Solicitud Incorrecta (parámetros faltantes o inválidos) |
| 404 | No Encontrado (recurso desconocido) |
| 422 | Entidad No Procesable (solicitud válida pero no se puede cumplir) |
| 500 | Error Interno del Servidor |
| 503 | Servicio No Disponible |
| 504 | Tiempo de Espera de Puerta de Enlace (tiempo de espera de posicionamiento) |

# Seguimiento de Suscriptores y Prueba de Conducción Virtual

OmniLCS proporciona dos características de monitoreo de ubicación periódica: **Seguimiento de Suscriptores** para monitoreo continuo de un solo UE, y **Prueba de Conducción Virtual** para campañas multi-UE con posicionamiento GPS combinado y mediciones de calidad de señal.

## Arquitectura



# Seguimiento de Suscriptores

El Seguimiento de Suscriptores localiza periódicamente un solo UE utilizando un método de posicionamiento seleccionado. Los resultados se persisten en Mnesia y están disponibles a través de la interfaz web y la API REST.

## Interfaz Web

Navega a **Seguimiento de Suscriptores** en la barra lateral. Ingresa un IMSI, intervalo de sondeo (mínimo 5 segundos) y selecciona un método de posicionamiento (Celda, E-CID, GNSS, OTDOA). Haz clic en **Iniciar Monitoreo**.

Los monitoreos activos se muestran en una tabla que muestra IMSI, método, intervalo, conteo de fijaciones, estado del dispositivo (En línea/Fuera de línea/Error), hora de la última fijación y último resultado. Haz clic en una fila para ver el historial de fijaciones. Usa los botones **Exportar CSV** o **Exportar KML** para descargar datos.

## API REST

| Método | Ruta | Descripción |
|---|---|---|
| `GET` | `/api/tracking` | Listar sesiones de seguimiento activas |
| `POST` | `/api/tracking` | Iniciar seguimiento. Cuerpo: `{"imsi": "...", "method": "gnss", "interval": 30}` |
| `GET` | `/api/tracking/:imsi` | Obtener historial de seguimiento para un IMSI |
| `DELETE` | `/api/tracking/:imsi` | Detener seguimiento de un IMSI |
| `GET` | `/api/tracking/:imsi/export/csv` | Descargar exportación CSV |
| `GET` | `/api/tracking/:imsi/export/kml` | Descargar exportación KML |

# Estado del Dispositivo

La sesión de seguimiento maneja las transiciones de línea/en línea del dispositivo:

| Estado | Condición | Comportamiento |
|---|---|---|
| **En línea** | `Engine.locate` tiene éxito | Fijación almacenada con coordenadas |
| **Fuera de línea** | No MME conectado o UE inalcanzable | Error registrado, la sesión continúa sondeando |
| **Error** | La localización falló por otras razones | Error registrado, la sesión continúa sondeando |

La sesión nunca se detiene por errores. Continúa sondeando al intervalo configurado hasta que se cancele explícitamente.

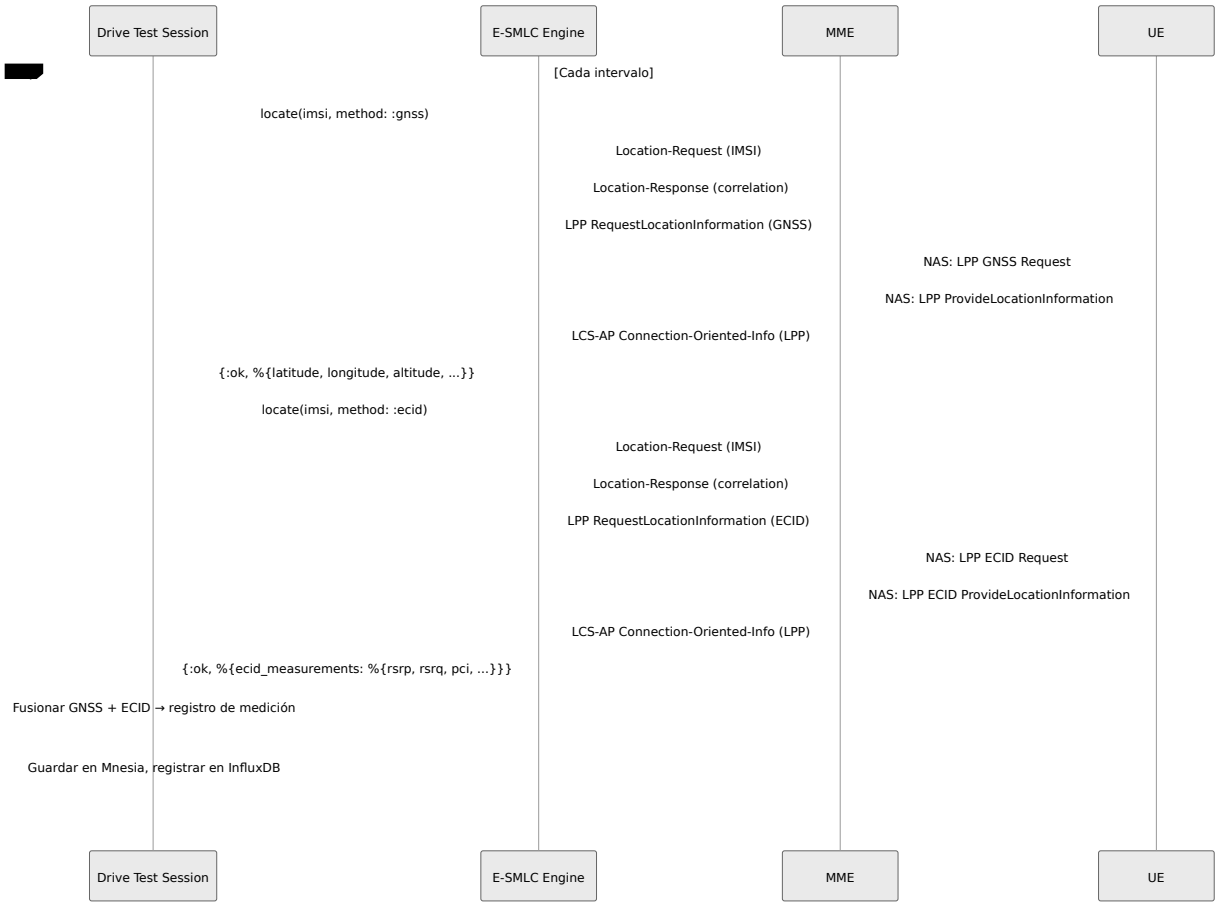
# Prueba de Conducción Virtual

La Prueba de Conducción Virtual ejecuta campañas multi-IMSI que combinan **posicionamiento GNSS** (para coordenadas GPS) con **mediciones E-CID** (para RSRP, RSRQ, celda de servicio, PCI, EARFCN). Esta es la medición de calidad de señal equivalente a una prueba de conducción física.

## Cómo Funciona

En cada intervalo, la campaña:

1. Para cada IMSI en la campaña (hasta 4 concurrentes):
    - Envía una **Solicitud GNSS** LPP al UE a través del MME para coordenadas GPS
    - Envía una **Solicitud E-CID** LPP al UE para mediciones de señal
    - Fusiona los resultados en un solo registro de medición
2. Almacena cada medición en Mnesia
3. Registra en InfluxDB (si está configurado)
4. Transmite resultados a la interfaz web a través de PubSub




# Interfaz Web

Navega a **Prueba de Conducción Virtual** en la barra lateral.

1. Ingresa un **Nombre de Campaña** (por ejemplo, "Prueba de Cobertura CBD")
2. Ingresa **IMSIs** (uno por línea o separados por comas)
3. Establece el **Intervalo** (mínimo 10 segundos)
4. Haz clic en **Iniciar Campaña**

La tabla de campañas muestra nombre, conteo de UE, intervalo, conteo de ticks y hora del último tick. Haz clic en una fila de campaña para ver mediciones. La tabla de mediciones muestra datos por fijación:

| Columna | Descripción |
|---|---|
| Hora | Marca de tiempo de la fijación |
| IMSI | UE objetivo |
| Lat/Lon | Coordenadas GPS de GNSS |
| PCI | ID de Celda Física de E-CID |
| RSRP | Potencia de Señal de Referencia Recibida (informado por UE) |
| RSRQ | Calidad de Señal de Referencia Recibida (informado por UE) |
| GNSS | Estado de GNSS (ok/error) |
| ECID | Estado de E-CID (ok/error) |

Los valores de RSRP están codificados por colores: verde (fuerte), amarillo (medio), rojo (débil).

# API REST

| Método | Ruta | Descripción |
|---|---|---|
| `GET` | `/api/drive_test` | Listar campañas activas |
| `POST` | `/api/drive_test` | Iniciar campaña. Cuerpo: `{"name": "...", "imsis": ["..."], "interval": 30}` |
| `GET` | `/api/drive_test/:id` | Obtener mediciones de campaña. Consulta: `?limit=200&imsi=filter` |
| `DELETE` | `/api/drive_test/:id` | Detener una campaña |
| `GET` | `/api/drive_test/:id/export/csv` | Descargar CSV con todas las mediciones |
| `GET` | `/api/drive_test/:id/export/kml` | Descargar KML con codificación de color de calidad de señal |

# Ejemplo de Uso de API

**Iniciar una campaña:**

```
curl -sk -X POST https://omnilcs:8445/api/drive_test \
  -H "Content-Type: application/json" \
  -d '{
    "name": "CBD Coverage Test",
    "imsis": ["001010000000001", "001010000000002"],
    "interval": 30
  }'
```

**Obtener mediciones:**

```
curl -sk https://omnilcs:8445/api/drive_test/<campaign_id>?
limit=100
```

**Exportar KML:**

```
curl -sk
https://omnilcs:8445/api/drive_test/<campaign_id>/export/kml -o
coverage.kml
```

# Mediciones E-CID

El método E-CID solicita RSRP, RSRQ y la diferencia de tiempo Rx/Tx del UE directamente del UE a través de LPP (3GPP TS 36.355). Este enfoque funciona independientemente del soporte LPPa de eNB, ya que el UE realiza las mediciones localmente.

## Campos de Medición

| Campo | Descripción | Fuente |
|---|---|---|
| `rsrp` | Potencia de Señal de Referencia Recibida | Medición del UE (valor mapeado, ~-44 a -140 dBm) |
| `rsrq` | Calidad de Señal de Referencia Recibida | Medición del UE (valor mapeado, ~-3 a -19.5 dB) |
| `pci` | ID de Celda Física | Identificador de celda de servicio |
| `earfcn` | Número de Canal de Frecuencia de Radio Absoluta E-UTRAN | Frecuencia de celda de servicio |
| `cell_global_id` | Identidad Global de Celda (PLMN + ID de Celda) | Celda de servicio |
| `ue_rx_tx_time_diff` | Diferencia de tiempo Rx-Tx del UE | Estimación de retraso de propagación |

## Ejemplo de Respuesta de API

```
{
  "status": "ok",
  "method": "ecid",
  "imsi": "001010000000001",
  "ecid_measurements": {
    "measurements": [
      {
        "pci": 373,
        "earfcn": 1825,
        "cell_global_id": {
          "cell_id": 4000,
          "plmn": {"mcc": "001", "mnc": "01"}
        },
        "rsrp": 40,
        "rsrq": 25,
        "ue_rx_tx_time_diff": 19
      }
    ]
  }
}
```

# Formatos de Exportación

## CSV

Valores separados por comas con fila de encabezado. Incluye todas las columnas de medición: IMSI, marca de tiempo, coordenadas, mediciones de señal y campos de estado. Adecuado para importación en herramientas de hojas de cálculo o scripts de análisis.

## KML

Compatible con Google Earth / Google Maps. Cada fijación se convierte en un Marcador con:

- Coordenadas (lat/lon/alt)

- Marca de tiempo
- Descripción con IMSI, RSRP, RSRQ, PCI
- Iconos codificados por colores según la intensidad de la señal RSRP (verde/amarillo/rojo)
- Línea de seguimiento por IMSI que conecta todas las fijaciones

Abre en Google Earth, Google Maps, QGIS o cualquier herramienta GIS compatible con KML.

# Integración con InfluxDB

Tanto el Seguimiento de Suscriptores como la Prueba de Conducción Virtual registran mediciones en InfluxDB cuando la conexión de InfluxDB está configurada en `runtime.exs`.

## Mediciones Escritas

| Medición InfluxDB | Fuente | Campos |
|---|---|---|
| `subscriber_tracking` | Sesiones de seguimiento | latitude, longitude, altitude, device_status |
| `drive_test` | Campañas de prueba de conducción | latitude, longitude, altitude, rsrp, rsrq, serving_pci, uncertainty |

## Etiquetas

| Etiqueta | Descripción |
|---|---|
| `imsi` | IMSI del UE objetivo |
| `method` | Método de posicionamiento utilizado |
| `campaign_id` | Identificador de campaña de prueba de conducción (solo prueba de conducción) |

# Persistencia

Todos los datos de seguimiento y prueba de conducción se almacenan en tablas disc_copies de Mnesia, sobreviviendo a reinicios de la aplicación.

| Tabla Mnesia | Clave | Contenido |
|---|---|---|
| `:mnesia_tracking_history` | `{imsi, monotonic_time}` | Fijaciones de seguimiento individuales |
| `:mnesia_tracking_config` | `imsi` | Configuración de sesión de seguimiento activa |
| `:mnesia_drive_test_measurements` | `{campaign_id, imsi, monotonic_time}` | Mediciones de prueba de conducción |
| `:mnesia_drive_test_config` | `campaign_id` | Configuración de campaña activa |

La historia se recorta automáticamente a 1,000 entradas por IMSI (seguimiento) o 10,000 entradas por campaña (prueba de conducción).

# Guía de la Interfaz Web de OmniLCS

El Panel de Control de OmniLCS es una interfaz web en tiempo real servida a través de HTTPS en el puerto **443**. Está construido con Phoenix LiveView, proporcionando vistas que se actualizan en vivo sin recargas de página. Todas las páginas se actualizan automáticamente cada 2-3 segundos.

## Descripción General de las Páginas

La barra de navegación presenta las páginas en este orden:

| Página | Ruta | Descripción |
|---|---|---|
| Dashboard | `/dashboard` | Resumen del sistema con métricas clave |
| Location | `/location` | Interfaz de prueba de servicios de localización |
| SLs Interface | `/sls` | Monitoreo de la interfaz SLs (LCS-AP) |
| Cell Databases | `/cells` | Gestión e importación de bases de datos de celdas |
| Cell Map | `/map` | Mapa interactivo de celdas con selección de área para transmisiones |
| Diameter | `/diameter` | Monitoreo de pares Diameter |
| GMLC / Le | `/gmlc` | Monitoreo de la interfaz GMLC Le, gestión de sesiones diferidas |
| Send Broadcast | `/send_broadcast` | Composición unificada de transmisiones a través de 2G/3G/4G |
| Active Broadcasts | `/broadcasts` | Monitorear y detener transmisiones activas |
| CBC 2G | `/cbc` | Monitoreo de CBSP 2G |
| CBC 3G | `/cbc3g` | Monitoreo de SABP 3G |
| CBC 4G | `/cbc4g` | Compositor y monitoreo de transmisiones SBC-AP 4G |
| CAP Alerts | `/cap` | Ingesta de alertas CAP, aprobación y monitoreo de transmisiones |

| Página | Ruta | Descripción |
|---|---|---|
| Application | `/application` | Visor de recursos de aplicación OTP (integrado) |
| Configuration | `/configuration` | Visor de configuración en tiempo de ejecución (integrado) |
| Log | `/log` | Visor de registros en tiempo real (integrado) |

# Dashboard

**Ruta**: `/dashboard`
**Actualización**: Cada 2 segundos

El dashboard proporciona una visión operativa de alto nivel de todo el sistema OmniLCS.

## Tarjetas de Estadísticas

Cuatro tarjetas de resumen en la parte superior:

| Tarjeta | Descripción |
|---|---|
| Active Sessions | Número de sesiones de localización en progreso |
| Total Requests | Total de solicitudes de localización procesadas desde el inicio |
| Success Rate | Porcentaje de solicitudes completadas frente a las totales |
| Avg Response Time | Duración promedio de posicionamiento en milisegundos |

## Solicitudes de Localización Recientes

Una tabla que muestra las 20 sesiones de localización más recientes con columnas:

| Columna | Descripción |
|---|---|
| IMSI | Identificador de UE |
| Method | Método de posicionamiento (Cell, E-CID, GNSS, OTDOA, Hybrid) |
| MME | Host MME que originó la solicitud |
| Time | Marca de tiempo de la solicitud (HH:MM:SS) |
| Status | Insignia codificada por colores (Active, Completed, Error, Timeout) |

## Pares Conectados

Lista de SLs (LCS-AP) y pares Diameter en estado "Conectado", mostrando:

- Nombre de host del par
- Tipo de interfaz (SLs o Diameter)

## Estado del Sistema

Luces indicadoras para la salud del subsistema:

| Indicador | Verde | Amarillo | Rojo |
|---|---|---|---|
| SLs Interface (LCS-AP) | Al menos 1 asociación SCTP MME establecida | -- | Sin conexiones MME |
| Diameter Service | Al menos 1 par conectado | -- | Sin pares conectados |
| Cell Database | Celdas cargadas | 0 celdas | -- |

# Location

**Ruta**: `/location`
**Actualización**: Cada 2 segundos

Interfaz de prueba de servicios de localización interactiva para solicitar manualmente posiciones de UE.

## Selector de Método

Botones de alternancia para seleccionar el método de posicionamiento:

| Método | Descripción |
|---|---|
| Cell | Basado en ID de celda, más rápido, precisión más baja |
| E-CID | ID de celda mejorado utilizando mediciones de eNB a través de LPPa |
| GNSS | GPS/GNSS a través de LPP, mayor precisión |
| OTDOA | Multilateración a partir de mediciones de PRS |
| Hybrid | Métodos combinados con respaldo |

Cada método muestra un panel de descripción explicando cómo funciona.

## Formulario de Solicitud

- **Entrada de IMSI**: Ingrese el IMSI de la UE a localizar (por ejemplo, `999990000000001`)
- **Botón Solicitar Localización**: Envía la solicitud de localización de forma asincrónica

Las solicitudes se ejecutan como tareas en segundo plano. Un indicador giratorio muestra mientras la solicitud está en progreso.

## Conteos de Sesiones

Insignias de resumen que muestran:

- Total de sesiones
- Sesiones activas
- Sesiones completadas
- Conteo de errores
- Resultados recibidos

## Tabla de Historial de Sesiones

Todas las sesiones ordenadas por tiempo de creación (más recientes primero):

| Columna | Descripción |
|---|---|
| IMSI | Identificador de UE |
| Método | Método de posicionamiento |
| MME | Host MME objetivo |
| Tiempo | Hora de creación de la sesión |
| Duración | Tiempo para completar (ms o segundos) |
| Estado | Activo, Completado, Error, Timeout |

Las sesiones completadas se expanden para mostrar:

- **Coordenadas**: Latitud y longitud
- **Incertidumbre**: Incertidumbre de posición en metros
- **Confianza**: Porcentaje de confianza
- **Fuente**: Fuente de posicionamiento real utilizada
- **Mapa**: OpenStreetMap embebido mostrando la posición

Las sesiones con error se expanden para mostrar la razón del error.

# Notificaciones

Las notificaciones emergentes aparecen para:

- Solicitud iniciada (información)
- Localización recuperada (éxito, con coordenadas)
- Fallo de localización (error, con razón)

Las notificaciones se cierran automáticamente después de 5 segundos.

# SLs Interface

**Ruta**: `/sls`
**Actualización**: Cada 2 segundos

Monitorea la interfaz SLs (LCS-AP) entre el E-SMLC y los MMEs conectados. Muestra el estado de asociación SCTP y los pares MME conectados.

## Estado de la Interfaz

Muestra el estado de la interfaz del Protocolo de Aplicación LCS (LCS-AP):

- Referencia del protocolo (3GPP TS 29.171)
- Configuración de escucha (PPID 29, puerto 9082)
- Número de pares MME conectados
- Indicador verde/rojo

## Estadísticas

| Tarjeta | Descripción |
|---|---|
| Connected MMEs | Número de asociaciones SCTP activas a MMEs |
| Total Associations | Total de conteo de asociaciones SCTP |

## Panel de Pares MME

Lista de asociaciones SCTP MME conectadas mostrando el nombre de host del par y el estado de conexión.

# Cell Database

**Ruta**: `/cells`
**Actualización**: Cada 2 segundos

Gestiona la base de datos de posiciones de celdas utilizada para posicionamiento por ID de celda y cálculos OTDOA. Todos los datos de celdas se persisten en Mnesia y sobreviven a reinicios de la aplicación.

## Controles de Encabezado

| Control | Descripción |
|---|---|
| Cell count | Número total de celdas en la base de datos |
| Last sync | Marca de tiempo y resultado de la última sincronización de InfluxDB |
| Sync from InfluxDB | Iniciar sincronización inmediata de celdas de InfluxDB |
| Map View / Table View | Alternar entre visualización en tabla y mapa |
| Import Cells | Abrir modal de importación específica del proveedor |
| Add Cell | Abrir formulario de entrada manual de celda |

## Búsqueda

Buscar celdas por ID de celda, PCI, EARFCN, nombre de celda o fuente.

## Vista de Tabla

Columnas mostradas:

| Columna | Descripción |
|---|---|
| Cell ID | Identificador único de celda |
| PCI | Identidad Física de Celda (LTE/NR) o Código de Scrambling Primario (UMTS) |
| EARFCN | Número de canal de frecuencia de radio |
| Latitude | Latitud de la celda en grados decimales |
| Longitude | Longitud de la celda en grados decimales |
| RAT | Tecnología de Acceso Radio: GSM, UMTS, LTE o NR |
| Source | Insignia de fuente de datos: **Huawei** (ámbar, importación XLSX), **InfluxDB** (verde, sincronización) o **Manual** (azul). Marca de tiempo de importación mostrada debajo de la insignia. |
| Actions | Botones de Editar y Eliminar |

# Importar Celdas

Hacer clic en **Importar Celdas** abre un modal con un flujo de trabajo de dos pasos:

### Paso 1: Selección de Proveedor

Seleccione el proveedor de NMS para los datos de celda que se están importando:

| Proveedor | Formato de Importación |
|---|---|
| **Huawei** | Exportación U2020 XLSX o CSV |
| **Nokia** | Exportación CSV de NetAct RAN |
| **Ericsson** | Exportación CSV de ENM WCDMA |
| **ZTE** | Exportación CSV de UMS Cell |
| **Otro / JSON** | Pegar arreglo JSON |

**Paso 2: Carga**

Cada proveedor presenta la interfaz de carga apropiada.

**Huawei XLSX** (recomendado): Arrastre y suelte o seleccione uno o más archivos de informe de celda `.xlsx` de Huawei U2020. Se admite la carga de múltiples archivos. Por ejemplo, cargue ambos informes de UMTS y LTE juntos. Los archivos se importan automáticamente una vez que se completa la carga.

El tipo de RAT (GSM, UMTS, LTE o NR) se detecta automáticamente de cada archivo basado en:

- Nombres de las hojas en el libro de trabajo (por ejemplo, una hoja llamada "UMTS", "LTE", "GSM", "NR")
- Encabezados de columna en la hoja de datos de planificación (por ejemplo, `PScrambCode` para UMTS, `DlEarfcn` para LTE, `NRPCI` para NR, `BCCH` para GSM)

El parser lee la pestaña **Sheet1** (datos de planificación con coordenadas) y extrae:

| RAT | Campos Clave Importados |
|---|---|
| GSM | ID de Celda, Nombre de Celda, LAC, BCCH, BSIC, Longitud, Latitud, Altura de Antena, Azimut |
| UMTS | ID de Celda, Nombre de Celda, LAC, SAC, RAC, UARFCN de Bajada, Código de Scrambling, Longitud, Latitud, Altura de Antena, Azimut |
| LTE | ID de Celda, Nombre de Celda, PCI, TAC, EARFCN de DL, Longitud, Latitud, Altura de Antena, Radio de Celda, Ancho de Banda |
| NR | ID de Celda, Nombre de Celda, PCI NR, TAC, EARFCN de DL NR, Longitud, Latitud, Altura de Antena, Radio de Celda, Ancho de Banda |

**CSV** (todos los proveedores): Cargue una exportación CSV del NMS seleccionado. La primera fila debe ser encabezados de columna. El mapeo de columnas es automático basado en el formato del proveedor seleccionado.

**JSON**: Pegue un arreglo JSON de objetos de celda. Campo requerido: `cell_id`. Opcional: `pci`, `earfcn`, `latitude`, `longitude`, `lac`, `tac`, `rat`.

## Manejo de Duplicados

Importar celdas con el mismo ID de celda que las entradas existentes sobrescribe los datos existentes. Esto significa que volver a importar el mismo archivo es seguro y actualizará cualquier valor cambiado.

## Persistencia de Datos

Todos los datos de celdas se almacenan en Mnesia con almacenamiento `disc_copies`. Las celdas persisten a través de reinicios de la aplicación sin necesidad de reimportar o resincronizar.

## Formulario de Agregar / Editar Celda

Campos del formulario organizados en una cuadrícula:

| Campo | Descripción |
|---|---|
| Cell ID | Identificador único (deshabilitado al editar) |
| PCI | Identidad Física de Celda (0-503) |
| EARFCN | Número de canal de frecuencia de radio |
| Latitude | Grados decimales |
| Longitude | Grados decimales |
| Antenna Ports | 1, 2 o 4 |
| PRS Bandwidth (RBs) | 6, 15, 25, 50, 75 o 100 |
| PRS Config Index | 0-4095 |
| CP Length | Normal o Extendida |

## Confirmación de Eliminación

Hacer clic en "Del" en una fila de celda muestra un modal de confirmación antes de la eliminación.

# Cell Map

**Ruta**: `/map`

Mapa interactivo que muestra todas las celdas de la base de datos de celdas en un mapa base de CartoDB de tema oscuro utilizando Leaflet. Las celdas se representan como marcadores de colores según su tipo de RAT.

## Colores de Marcadores

| RAT | Color |
|---|---|
| GSM (2G) | Naranja |
| UMTS (3G) | Azul |
| LTE (4G) | Verde |
| NR (5G) | Púrpura |
| Desconocido | Gris |
| Seleccionado | Ámbar |

Los marcadores se agrupan en niveles de zoom más bajos utilizando Leaflet MarkerCluster. Hacer clic en un marcador muestra un popup con los detalles de la celda: ID de celda, nombre, tecnología, LAC/SAC/TAC, PCI, EARFCN y coordenadas.

## Selección de Área para Transmisiones

Utilice las herramientas de dibujo de polígonos o rectángulos en la esquina superior derecha para seleccionar celdas dentro de un área geográfica. Cuando se seleccionan celdas:

- La barra de selección en la parte inferior muestra el número de celdas seleccionadas y LAC(s), SAC(s) y TAC(s) únicos
- Aparece un botón **Enviar Transmisión a Seleccionados**, que enlaza a la página Enviar Transmisión con los LACs, SACs y TACs pre-rellenados

El formulario de Enviar Transmisión selecciona automáticamente las redes objetivo apropiadas según los códigos de área seleccionados:

- LACs presentes → 2G (CBSP) habilitado
- SACs presentes → 3G (SABP) habilitado

- TACs presentes → 4G (SBc-AP) habilitado

# Diameter

**Ruta**: `/diameter`
**Actualización**: Cada 2 segundos

Monitorea las conexiones de pares Diameter para las interfaces Diameter restantes (SLg y otras). La interfaz SLs de E-SMLC a MME utiliza LCS-AP nativo sobre SCTP y se monitorea por separado en la página del Dashboard.

## Estado de la Interfaz

Dos paneles que muestran la salud de la interfaz:

| Interfaz | Descripción |
|---|---|
| SLg Interface (TS 29.172) | GMLC a MME a través de DRA, ID de Aplicación 16777264 |
| Other Diameter Interfaces | Aplicaciones Diameter adicionales según se configuren |

Cada uno muestra un punto indicador verde/rojo y descripción.

## Resumen de Pares

Conteos de pares conectados y desconectados mostrados en la parte superior.

## Tabla de Pares

| Columna | Descripción |
|---|---|
| Peer | Identidad del host Diameter |
| Realm | Reino Diameter |
| IP Address | Dirección de transporte (protocolo://ip:puerto) |
| Status | Insignia Conectado o Desconectado |

Hacer clic en una fila de par expande para mostrar información detallada:

| Detalle | Descripción |
|---|---|
| Connection Initiation | Si OmniLCS inicia la conexión |
| Transport | SCTP o TCP |
| Product Name | Nombre del Producto Diameter del par remoto |
| Advertised Applications | IDs de Aplicaciones soportadas por el par |

# CBC 2G

**Ruta**: `/cbc`
**Actualización**: Cada 2 segundos

Monitorea la interfaz CBSP para transmisión de celdas 2G.

## Información de la Interfaz

Muestra el estado de la interfaz CBSP:

- Referencia del protocolo (3GPP TS 48.049)
- Número de puerto de escucha
- Número de pares conectados
- Indicador verde/rojo

## Tarjetas de Estadísticas

| Tarjeta | Descripción |
|---|---|
| Connected BSCs | Número de pares con estado `:connected` |
| Total Connections | Conteo total de pares (incluyendo cualquier no conectado) |
| Recent Messages | Conteo de mensajes CBSP en el búfer de mensajes recientes |

## Panel de BSCs Conectados

Lista de pares CBSP conectados mostrando:

- Dirección IP y puerto del par
- ID de conexión
- Marca de tiempo de conexión
- Insignia de estado de conexión

## Panel de Mensajes CBSP Recientes

Tabla de los 20 mensajes CBSP más recientes:

| Columna | Descripción |
|---|---|
| Time | Marca de tiempo del mensaje (HH:MM:SS) |
| Peer | ID de conexión del par fuente |
| Message | Tipo de mensaje legible por humanos (por ejemplo, "WRITE REPLACE COMPLETE") |
| Type | Insignia codificada por colores (OK para completo, FAIL para fallo, ERR para error, INFO para otros) |

Los mensajes se reciben a través de suscripciones PubSub a los temas `cbsp:connections` y `cbsp:messages`.

# CBC 3G

**Ruta**: `/cbc3g`
**Actualización**: Cada 2 segundos

Monitorea la interfaz SABP para transmisión de celdas 3G a través de la interfaz Iu-BC (3GPP TS 25.419).

## Información de la Interfaz

Muestra el estado de la interfaz SABP:

- Referencia del protocolo (3GPP TS 25.419)
- Número de puerto de escucha
- Número de RNCs conectados
- Indicador verde/rojo

## Tarjetas de Estadísticas

| Tarjeta | Descripción |
|---|---|
| Connected RNCs | Número de pares RNC con estado `:connected` |
| Total Connections | Conteo total de pares (incluyendo cualquier no conectado) |
| Recent Messages | Conteo de mensajes SABP en el búfer de mensajes recientes |

## Panel de RNCs Conectados

Lista de pares SABP conectados mostrando:

- Dirección IP y puerto del par
- ID de conexión
- Marca de tiempo de conexión
- Insignia de estado de conexión

## Panel de Mensajes SABP Recientes

Tabla de los 20 mensajes SABP más recientes:

| Columna | Descripción |
|---|---|
| Time | Marca de tiempo del mensaje (HH:MM:SS) |
| Peer | ID de conexión del RNC fuente |
| Message | Tipo de mensaje legible por humanos (por ejemplo, "WRITE REPLACE COMPLETE", "RESTART INDICATION") |
| Type | Insignia codificada por colores (OK para completo, FAIL para fallo, ERR para error, INFO para otros) |

Los mensajes se reciben a través de suscripciones PubSub a los temas `sabp:connections` y `sabp:messages`.

# Send Broadcast

**Ruta**: `/send_broadcast`
**Actualización**: En vivo

Interfaz de composición de transmisión unificada para enviar advertencias de emergencia o mensajes de prueba simultáneamente a través de redes 2G (CBSP), 3G (SABP) y 4G (SBc-AP). Seleccione una o más redes objetivo y la transmisión se envía a todos los pares conectados en cada red seleccionada.

El ID de Mensaje predeterminado se establece en **4355 (ETWS Test)** por seguridad.

## Pre-rellenar desde el Mapa de Celdas

Al navegar desde la selección de área del Mapa de Celdas, el formulario se completa automáticamente:

- **Redes Objetivo** se habilitan según los parámetros del área (LACs → 2G, SACs → 3G, TACs → 4G)

- **Campos LAC, SAC y TAC** se pre-rellenan con los valores de las celdas seleccionadas
- **Alcance de Celda** se establece en "Por LAC"

Esto permite un flujo de trabajo completo: seleccione celdas geográficamente en el mapa, haga clic en "Enviar Transmisión a Seleccionados", componga su mensaje y envíe.

# Active Broadcasts

**Ruta**: `/broadcasts`
**Actualización**: Cada 3 segundos + PubSub en tiempo real

Vista unificada de todas las transmisiones de celdas activas a través de redes 2G (CBSP), 3G (SABP) y 4G (SBc-AP) en una sola página. Las transmisiones se rastrean desde el momento en que se envían hasta que se detienen o expiran. La vista se actualiza automáticamente cada 3 segundos y se actualiza en tiempo real cuando cambia el estado de la transmisión.

## Tarjetas de Resumen

| Tarjeta | Descripción |
|---|---|
| Total Active | Conteo combinado de transmisiones activas en todas las redes |
| 2G (CBSP) | Transmisiones 2G activas |
| 3G (SABP) | Transmisiones 3G activas |
| 4G (SBC-AP) | Transmisiones 4G activas |

Utilice el botón Detener en cualquier fila de transmisión para cancelarla en su respectiva red.

# CBC 4G

**Ruta**: `/cbc4g`
**Actualización**: Cada 3 segundos

Interfaz de gestión de transmisión de celdas 4G con todas las funciones para componer, enviar, monitorear y detener transmisiones SBC-AP.

## Tarjetas de Estadísticas

| Tarjeta | Descripción |
|---|---|
| Connected MMEs | Número de asociaciones SCTP SBC-AP establecidas |
| Active Broadcasts | Número de transmisiones 4G actualmente activas |
| Total Sent | Total de transmisiones en la historia |

## Formulario de Composición de Transmisión

| Campo | Descripción |
|---|---|
| Message Text | Contenido del mensaje de transmisión |
| Message ID | Identificador de mensaje CB de 16 bits (por ejemplo, 4370 para CMAS) |
| Serial Number | Número de serie de 16 bits |
| MCC | Código de País Móvil (por ejemplo, "313") |
| MNC | Código de Red Móvil (por ejemplo, "380") |
| TACs | Códigos de Área de Seguimiento separados por comas |
| Warning Type | Ninguno, Terremoto, Tsunami, Terremoto + Tsunami, Prueba, Otro |
| Repetition (sec) | Segundos entre repeticiones de transmisión |
| Num Broadcasts | Número total de veces que se transmitirá el mensaje |

Hacer clic en "Enviar Transmisión" codifica el mensaje (GSM de 7 bits), construye un PDU de Solicitud de Advertencia de Escribir-Reemplazar y lo envía a todos los MMEs conectados.

## Panel de MMEs Conectados

Lista de asociaciones SCTP SBC-AP:

- Nombre de host del MME
- Dirección IP, puerto e ID de asociación SCTP
- Insignia de estado de conexión (Conectado / nombre del estado)

# Panel de Transmisiones Activas

Tabla de transmisiones actualmente activas:

| Columna | Descripción |
|---|---|
| MSG ID | Identificador de mensaje en hex (por ejemplo, 0x1112) |
| SERIAL | Número de serie en hex |
| MESSAGE | Texto de transmisión (truncado) |
| STATUS | Enviado, Deteniendo, Detenido, Reconocido |
| ACTION | Botón Detener (para transmisiones enviadas/reconocidas) |

Hacer clic en "Detener" envía una Solicitud de Detención de Advertencia para la transmisión.

# Historial de Transmisiones

Tabla de todas las transmisiones (últimas 100):

| Columna | Descripción |
|---|---|
| MSG ID | Identificador de mensaje en hex |
| SERIAL | Número de serie en hex |
| MESSAGE | Texto de transmisión (truncado) |
| TIME | Marca de tiempo de envío (HH:MM:SS) |
| STATUS | Insignia de estado final |

Las actualizaciones de estado se reciben a través de suscripciones PubSub a los temas `cbc:state` y `cbc:connections`.

# CAP Alerts

**Ruta**: `/cap`
**Actualización**: Cada 3 segundos + PubSub en tiempo real

Flujo de trabajo de aprobación del operador para alertas CAP (Protocolo Común de Alertas) recibidas de autoridades de alerta externas. Consulte la Guía de Operaciones de Alertas CAP para obtener todos los detalles sobre configuración, sondeo de feeds y resolución de polígonos.

## Tarjetas de Estadísticas

| Tarjeta | Descripción |
|---|---|
| Pending Approval | Número de alertas pendientes de acción del operador (resaltado ámbar cuando > 0) |
| Active Broadcasts | Número de alertas que se están transmitiendo actualmente |
| Total Processed | Total de alertas en la historia |
| Approval Mode | Configuración actual: "Manual" (require_approval: true) o "Auto" |

## Panel de Alertas Pendientes

Visible solo cuando `require_approval` es `true` en la configuración de CAP.

| Columna | Descripción |
|---|---|
| TIME | Cuando se recibió la alerta |
| EVENT | Tipo de evento de alerta (por ejemplo, "Advertencia de Tornado") |
| SEVERITY | Severidad de la alerta (Extrema, Severa, Moderada, Menor) |
| CELLS | Número de celdas coincidentes por resolución de polígono |
| STATUS | Insignia Pendiente (ámbar) |
| ACTIONS | Botones de Vista Previa, Aprobar, Rechazar |

**Vista Previa** se expande para mostrar la descripción completa de la alerta, fuente, TACs/LACs coincidentes, ID de mensaje y PLMN.

**Aprobar** activa la transmisión inmediata a través de SBC-AP (4G), SABP (3G) y CBSP (2G).

**Rechazar** mueve la alerta a la historia como rechazada.

## Panel de Transmisiones Activas

| Columna | Descripción |
|---|---|
| EVENT | Tipo de evento de alerta |
| MSG ID | Identificador de mensaje CB |
| TACs | Códigos de Área de Seguimiento dirigidos |
| STARTED | Hora de inicio de la transmisión |
| STATUS | Transmitiendo (azul) o Enviado (verde) |

## Panel de Historial de Alertas

| Columna | Descripción |
|---|---|
| TIME | Marca de tiempo de envío o recepción |
| EVENT | Tipo de evento de alerta |
| SEVERITY | Severidad de la alerta |
| CELLS | Conteo de celdas coincidentes |
| TACs/LACs | Códigos de área dirigidos |
| STATUS | Enviado (verde), Rechazado (rojo) o Fallido (rojo) |

Aparece una notificación emergente cuando se recibe una nueva alerta pendiente.

# GMLC / Le Interface

**Ruta**: `/gmlc`
**Actualización**: Cada 3 segundos + PubSub en tiempo real

Monitoreo y gestión para la interfaz GMLC Le y sesiones de localización diferidas. Consulte la Guía de Operaciones de GMLC & Le Interface para obtener todos los detalles de configuración y protocolo Diameter.

## Tarjetas de Estadísticas

| Tarjeta | Descripción |
|---|---|
| Active Sessions | Total de sesiones de localización diferidas activas |
| Periodic | Número de sesiones de localización periódicas activas |
| Geo-fence | Número de sesiones activadas/geo-fence activas |

# Panel de Clientes LCS Autorizados

| Columna | Descripción |
|---|---|
| NAME | Identidad del cliente (coincidida contra AVPs de Diameter) |
| TYPE | Tipo de cliente LCS (emergency_services, value_added_services, etc.) |
| ALLOWED METHODS | Métodos de posicionamiento que este cliente puede solicitar |
| RATE LIMIT | Solicitudes por minuto (o "Ilimitado") |

## Panel de Sesiones Diferidas Activas

| Columna | Descripción |
|---|---|
| SESSION ID | UUID de sesión truncado |
| TYPE | Insignia de tipo de sesión: periódica (verde) o activada (púrpura) |
| IMSI | IMSI del suscriptor |
| METHOD | Método de posicionamiento |
| CLIENT | Nombre del cliente LCS solicitante |
| PROGRESS | Periódico: informes completados/totales. Activado: informes restantes o "Activo (ilimitado)" |
| LAST FIX | Hora de la última fijación de posición |
| ACTIONS | Botón Cancelar para terminar la sesión |

## Panel de Historial de Sesiones

Muestra las 50 sesiones completadas o canceladas más recientes con ID de sesión, tipo, IMSI, estado (completado/cancelado) y hora de inicio.

# Páginas Integradas

Estas páginas son proporcionadas por el marco del Panel de Control.

## Application (`/application`)

Visor de recursos de aplicación OTP que muestra:

- Aplicaciones en ejecución y sus árboles de procesos
- Uso de memoria por proceso
- Longitudes de colas de mensajes

## Configuration (`/configuration`)

Visor de configuración en tiempo de ejecución que muestra:

- Todas las variables de entorno de la aplicación
- Agrupadas por aplicación

## Log (`/log`)

Visor de registros en tiempo real que muestra:

- Mensajes de registro del backend `ControlPanel.Logger`
- Filtrable por nivel de registro
- Desplazamiento automático con capacidad de pausa