Documentación de Cumplimiento de Intercepción ANSSI R226

Propósito del Documento: Este documento proporciona especificaciones técnicas requeridas para la autorización ANSSI R226 bajo los Artículos R226-3 y R226-7 del Código Penal Francés para la Red de Núcleo IMS OmniCSCF (Funciones de Control de Sesiones de Llamadas).

Clasificación: Documentación de Cumplimiento Regulatorio

Autoridad Objetivo: Agencia Nacional de la Seguridad de los Sistemas de Información (ANSSI)

Regulación: R226 - Protección de la Privacidad de la Correspondencia y la Intercepción Legal

---

1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DETALLADAS

1.1 Identificación del Sistema

Nombre del Producto: OmniCSCF IMS Core Network
Tipo de Producto: Red de Núcleo del Subsistema Multimedia IP (IMS)
Función Principal: Control de sesiones de llamadas VoIP/VoLTE y entrega de servicios multimedia
Modelo de Implementación: Infraestructura de telecomunicaciones en las instalaciones

Componentes de la Red:

- P-CSCF (Función de Control de Sesiones de Llamadas Proxy)
- E-CSCF (Función de Control de Sesiones de Llamadas de Emergencia)
- I-CSCF (Función de Control de Sesiones de Llamadas Interrogante)
- S-CSCF (Función de Control de Sesiones de Llamadas Servidor)

Este sistema maneja el registro, la autenticación, el enrutamiento de sesiones y el control de llamadas para redes del Subsistema Multimedia IP (IMS). Las capacidades de intercepción detalladas y las características de cifrado se describen en las secciones a continuación.

1.2 Capacidades de Intercepción

1.2.1 Captura de Registro y Adquisición de Sesiones

Captura de Registro SIP:

El sistema CSCF procesa todos los registros SIP y mantiene un estado de registro completo:

- **Identificadores de Usuario:**
  - IMPU (Identidad Pública Multimedia IP) - URI SIP (por ejemplo, sip:+33612345678@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org)
  - IMPI (Identidad Privada Multimedia IP) - Nombre de usuario de autenticación (por ejemplo, user@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org)
  - IMSI (Identidad Internacional de Suscriptor Móvil) - Desde encabezados P o HSS
  - MSISDN (Número de teléfono móvil) - Desde IMPU o perfil de usuario HSS
- **Metadatos de Registro:**
  - URI de contacto (dirección de red UE actual)
  - Encabezado de ruta (ruta de regreso a través de P-CSCF)
  - Encabezado de Service-Route (ruta a S-CSCF)

    - Cadena User-Agent (identificación del tipo de dispositivo)
    - Marca de tiempo de expiración del registro
    - Dirección IP y puerto de origen
    - Protocolo de transporte (TCP/UDP/TLS)
    - Vectores de autenticación (RAND, AUTN, XRES, CK, IK de HSS)

- **Información de Ubicación de la Red:**

    - Encabezado P-Access-Network-Info (torre celular, área de ubicación)
    - P-Visited-Network-ID (identificación de red de roaming)
    - Dirección IP recibida (fuente actual)
    - Dirección P-CSCF (punto de entrada a la red)

Captura de Sesión de Llamadas:

El S-CSCF mantiene un estado de diálogo SIP completo para todas las llamadas activas:

- **Identificadores de Sesión:**

    - Call-ID (identificador de sesión único)
    - URIs y etiquetas From/To
    - Conjuntos de rutas para ambas partes
    - Original-Dialog-ID (para seguimiento de interacción con el Servidor de Aplicaciones)

- **Metadatos de Sesión:**

    - Identidad del llamante (encabezado From, P-Asserted-Identity)
    - Parte llamada (encabezado To, Request-URI)
    - Marca de tiempo de establecimiento de la sesión
    - Marca de tiempo de terminación de la sesión
    - Estado del diálogo (Temprano/Confirmado/Eliminado)
    - Números CSeq (secuenciación de transacciones)

- **Información de Medios:**

    - SDP (Protocolo de Descripción de Sesiones) en los cuerpos de mensajes SIP
    - Direcciones de servidores de medios (OmniTAS)
    - Información de códec (formatos de audio/video)
    - Puntos finales de flujo de medios
    - Asignaciones de puertos RTP/RTCP

Identificación de Llamadas de Emergencia:

El componente E-CSCF identifica y enruta llamadas de emergencia:

- Detección de números de emergencia (112, 911, etc.)
- Captura de IMEI (Identidad Internacional de Equipos Móviles)
- Mapeo de IMEI a MSISDN (para devolución de llamada)
- Información de ubicación desde UE o red
- Soporte para el protocolo HELD (HTTP-Enabled Location Delivery)
- Destino de enrutamiento de emergencia (PSAP/AS de emergencia)

1.2.2 Almacenamiento y Procesamiento de Datos

IMPORTANTE: Solo Estado en Memoria

Los componentes CSCF (P-CSCF, E-CSCF, I-CSCF, S-CSCF) mantienen **todos los datos de estado solo en memoria**. No hay **almacenamiento de base de datos persistente** de datos de registro o sesión de llamadas. Todos los enlaces de registro, estado de diálogo y asociaciones de seguridad IPsec se almacenan en memoria y se pierden al reiniciar el sistema.

Datos de Registro Activo (En Memoria):

El sistema CSCF mantiene estado en tiempo real solamente:

Estado de Registro P-CSCF:

- Datos de Asociación de Seguridad IPsec (pares SPI, puertos, parámetros de cifrado)
- Vínculos de contacto de UE y direcciones de red
- Puntos finales y estado del túnel IPsec

- Períodos de validez del registro

Estado de Registro S-CSCF:

- Identidades públicas (IMPU) y estado de registro actual
- Vínculos de contacto con encabezados de ruta, User-Agent, direcciones recibidas
- Mapeos de identidad privada (IMPI) a identidad pública
- Perfiles de usuario de HSS (almacenados en caché durante el registro)

Estado de Sesión Activa (En Memoria):

El S-CSCF mantiene estado de llamada activa solamente:

- Identificadores de llamada (Call-ID), identidades de participantes (etiquetas From/To)
- Conjuntos de rutas y direcciones de contacto
- Estado de la sesión (Temprano/Confirmado/Terminado)
- Información de temporización de la sesión

Sin CDR ni Seguimiento Histórico:

Los componentes CSCF **no** generan ni almacenan:

- Registros de Detalles de Llamadas (CDRs)
- Registros históricos de llamadas
- Registros históricos de registro
- Seguimiento de eventos a largo plazo

Generación de CDR y Seguimiento Histórico: Todos los registros de detalles de llamadas, datos de carga y seguimiento histórico de llamadas son manejados por el **TAS (Servidor de Aplicaciones de Telefonía - OmniTAS)**, no por los componentes CSCF.

Registro de Mensajes SIP/Diameter:

Los CSCF pueden generar registros de eventos en tiempo real para fines operativos:

- **Registro de Mensajes SIP:** Registro opcional de mensajes SIP (INVITE, REGISTER, etc.)
- **Registro de Mensajes Diameter:** Registro opcional de transacciones Diameter (Cx, Rx, Ro)
- **Eventos del Sistema:** Cambios de configuración, errores, fallos

Estos registros son registros operativos transitorios, no registros de llamadas persistentes. La retención de registros es configurable y típicamente a corto plazo (horas a días) solo para fines de depuración.

1.2.3 Capacidades de Análisis

Monitoreo en Tiempo Real:

El panel de control web Phoenix LiveView proporciona:

- **Monitoreo de Registro:**
  - Ver todos los usuarios registrados con paginación
  - Buscar por IMPU, contacto, IMPI
  - Detalles de registro (contacto, ruta, user-agent, expiración)
  - Capacidad de desregistro forzado
- **Monitoreo de Diálogo:**
  - Vista de sesiones de llamadas activas
  - Call-ID, URIs From/To, estado, duración
  - Capacidad de terminación de llamadas (enviar BYE)
  - Actualización automática cada 5 segundos
- **Estado del Sistema:**
  - Estado de pares Diameter (HSS, PCRF, conectividad OCS)
  - Estado del gateway frontal
  - Métricas de capacidad del sistema
  - Capacidad del túnel IPsec (P-CSCF)

Nota sobre Datos Históricos:

Los componentes CSCF no mantienen datos hist►►ricos. Para registros históricos de llamadas, CDRs y análisis de patrones de comunicación, las autoridades de intercepción legal deben coordinarse con **OmniTAS (Servidor de Aplicaciones de Telefonía)**, que maneja toda la generación de CDR y el seguimiento de llamadas a largo plazo.

Visibilidad de Activación de Servicios en Tiempo Real:

El S-CSCF procesa Criterios de Filtro Inicial (iFC) en tiempo real:

- La evaluación de iFC determina qué Servidores de Aplicaciones se activan para cada llamada
- Visibilidad en tiempo real de qué servicios se invocan
- Decisiones de enrutamiento del Servidor de Aplicaciones visibles en el flujo de mensajes SIP

Estado de la Red:

- Estado de conectividad HSS (interfaz Diameter Cx)
- Distribución de selección S-CSCF (I-CSCF)
- Patrones de enrutamiento de llamadas
- Tiempos de respuesta del Servidor de Aplicaciones
- Rendimiento de transacciones Diameter

1.3 Capacidades de Contramedidas

1.3.1 Mecanismos de Protección de la Privacidad

Confidencialidad de la Comunicación:

- **Túneles IPsec:** Túneles ESP (Encapsulating Security Payload) entre UE y P-CSCF
    - Cifrado: AES-CBC, AES-GCM
    - Autenticación: HMAC-SHA1, HMAC-SHA256
    - Derivación de claves de IMS AKA (CK/IK de HSS)
    - Asociaciones de seguridad por UE

- **Soporte TLS/TLS:**
  - Soporte para SIP sobre TLS (SIPS)
  - Diameter sobre TLS (conexiones HSS, PCRF, OCS)
  - Autenticación basada en certificados
  - Secreto Perfecto hacia Adelante (PFS) a través de ECDHE/DHE
- **Encabezados de Privacidad SIP:**
  - P-Asserted-Identity (ID de llamada autenticada)
  - Encabezado de privacidad (solicitar supresión de ID de llamada)
  - Soporte para sesiones anónimas

Control de Acceso:

- Autenticación y control de acceso de la interfaz web
- Interfaz BINRPC para el panel de control (puerto 2046)
- Controles de acceso al registro y separación de roles
- Autenticación SIP (AKA a través de HSS)
- Autenticación de pares Diameter

Registro de Auditoría:

- Registro completo de mensajes SIP y Diameter
- Eventos de registro/desregistro
- Eventos de establecimiento y terminación de llamadas
- Acciones administrativas a través de la interfaz web
- Cambios de configuración
- Éxito/fracaso de autenticación

1.3.2 Características de Protección de Datos

Seguridad de Acceso:

- Control de acceso basado en roles (RBAC)
- Cuentas de monitoreo de solo lectura
- Controles de autenticación y autorización

Fortalecimiento del Sistema:

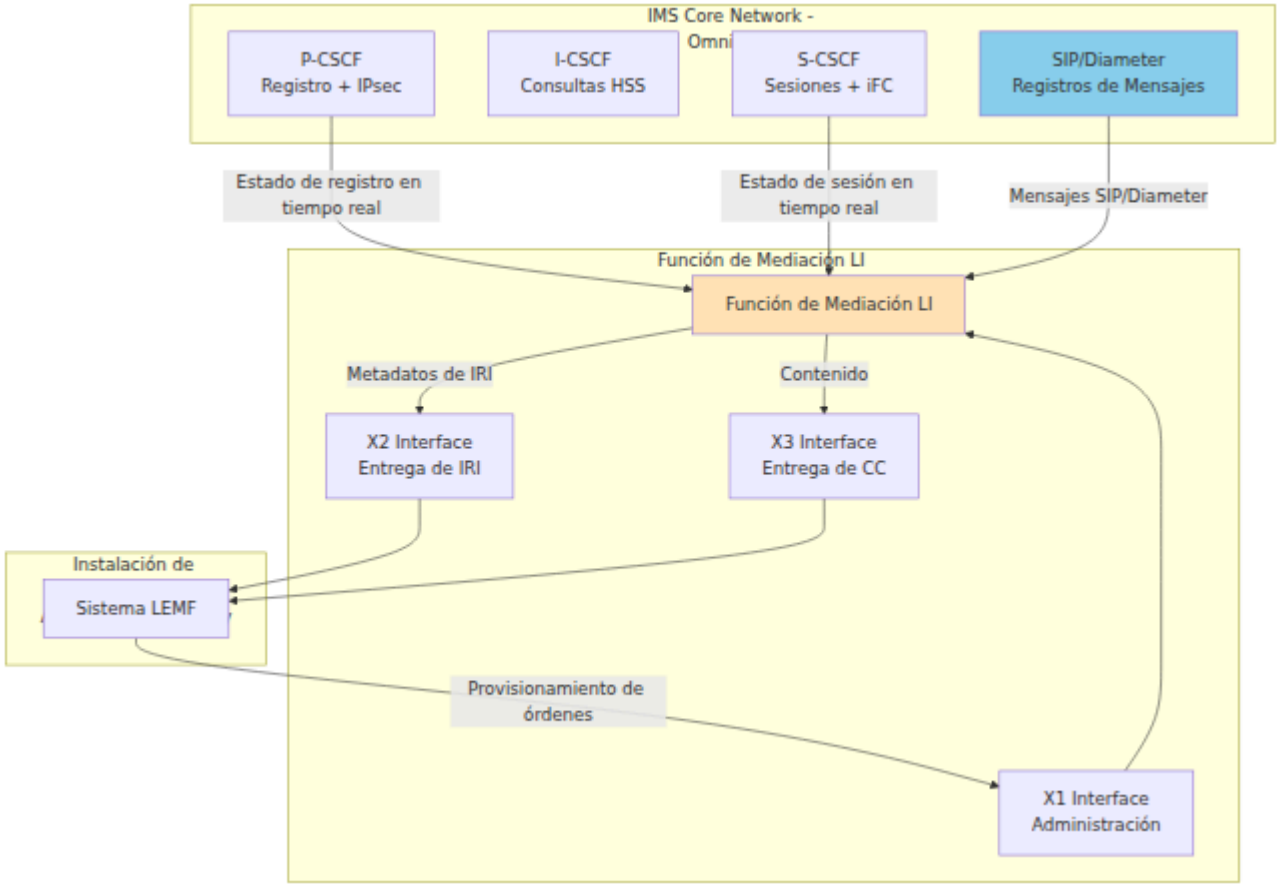
- Puertos de red expuestos mínimos (5060 SIP, 3868 Diameter, 8086 Web UI)
- Comprobación de sanidad de mensajes SIP
- Prevención de bucles Max-Forwards
- Limitación de tasa y protección contra inundaciones
- Límites de tamaño de mensajes
- Aislamiento de procesos de trabajo

1.4 Puntos de Integración de Intercepción Legal

1.5.1 Arquitectura de Intercepción Legal ETSI

El sistema CSCF proporciona la base para la intercepción legal conforme a ETSI. Aunque las interfaces nativas X1/X2/X3 no están integradas, existen todos los puntos de acceso de datos necesarios para la integración con sistemas externos de Función de Mediación de Intercepción Legal (LIMF).

Interfaces LI Estándar ETSI:



Interfaz X1 - Función de Administración:

- **Propósito:** Provisionamiento de órdenes y objetivos desde la aplicación de la ley
- **Dirección:** LEMF → LIMF (bidireccional)
- **Funciones:**
  - Activar/desactivar la intercepción para objetivos (IMPUs, IMSIs, MSISDNs)
  - Establecer duración y período de validez de la intercepción
  - Configurar criterios de filtrado (identidades, ventanas de tiempo)
  - Recuperar estado de intercepción
- **Integración con CSCF:**
  - LIMF mantiene una base de datos de órdenes (lista de objetivos - externa a CSCF)
  - LIMF monitorea el estado y los registros de mensajes en tiempo real de CSCF para sesiones coincidentes
  - LIMF filtra según los criterios provisionados por X1

Interfaz X2 - Entrega de IRI (Información Relacionada con la Intercepción):

- **Propósito:** Entregar metadatos de sesión a la aplicación de la ley
- **Dirección:** LIMF → LEMF (unidireccional)
- **Formato de Datos:** XML/ASN.1 conforme a ETSI TS 102 232
- **Contenido de CSCF:**
  - Identificadores de sesión (Call-ID, etiquetas de diálogo)
  - Parte llamante (URI From, P-Asserted-Identity, IMPU, IMSI, MSISDN)
  - Parte llamada (URI To, Request-URI, IMPU, IMSI, MSISDN)
  - Marcas de tiempo de registro
  - Marcas de tiempo de configuración/desmantelamiento de la sesión
  - Ubicación de la red (P-Access-Network-Info, torre celular, área de ubicación)
  - Direcciones P-CSCF/S-CSCF (identificación de elementos de red)
  - User-Agent (tipo de dispositivo)
  - Información de roaming (P-Visited-Network-ID)

Interfaz X3 - Entrega de CC (Contenido de la Comunicación):

- **Propósito:** Entregar el contenido de la comunicación real
- **Dirección:** LIMF → LEMF (unidireccional)
- **Formato de Datos:** Conforme a ETSI TS 102 232
- **Contenido de CSCF:**
  - Cuerpos de mensajes SIP (descripciones de sesiones SDP)
  - Direcciones de servidores de medios (para intercepción RTP)
  - Información de códec
  - Mensajes instantáneos SIP MESSAGE (contenido del cuerpo)
  - Datos de aplicación (si se enrutan a través de CSCF)

Nota: Para flujos RTP de voz/video, el LIMF también debe integrarse con servidores de medios (OmniTAS) para capturar el contenido real de los medios. El CSCF proporciona información de configuración de sesiones (SDP) que muestra dónde fluyen los medios.

1.5.2 Fuentes de Datos CSCF para Intercepción Legal

1. Acceso a Datos de Registro:

Datos de Registro P-CSCF:

- IMPU (identidad pública)
- URI de contacto (dirección de red UE)
- IP y puerto recibidos
- Encabezado de ruta
- Expiración del registro
- Información de SPI y puerto IPsec
- Cadena User-Agent

Datos de Registro S-CSCF:

- Identidades públicas (IMPU), estado de bloqueo, estado de registro
- Vínculos de contacto con encabezados de ruta, User-Agent, direcciones recibidas
- Mapeos de identidad privada (IMPI) a identidad pública
- Perfiles de usuario de HSS (formato XML que incluye detalles del suscriptor)

Métodos de Acceso:

- Interfaces de acceso a datos de solo lectura
- Interfaz de monitoreo de la interfaz web
- Capacidades de registro de eventos en tiempo real

2. Datos de Sesión Activa:

Datos de Diálogo S-CSCF:

- Call-ID (identificador de sesión único)
- URIs y etiquetas From/To
- Números CSeq del llamante y del llamado
- Conjuntos de rutas para ambas partes
- Direcciones de contacto
- Estado del diálogo (Temprano, Confirmado, Eliminado)
- Marca de tiempo de inicio

- Valores de tiempo de espera

Métodos de Acceso:

- Monitoreo del estado del diálogo en tiempo real
- Consulta por identificadores de sesión o identificadores de partes
- Capacidades de exportación para análisis forense

3. Registro de Mensajes SIP:

Captura de Registros:

- Todos los mensajes SIP pueden ser registrados (REGISTER, INVITE, MESSAGE, etc.)
- Niveles de registro configurables
- Registro estructurado con marcas de tiempo
- Registro basado en syslog o archivos

Análisis de Registros:

- Analizar encabezados SIP para extracción de identidad
- Extraer SDP para información de medios
- Rastrear secuencias de mensajes (CSeq)
- Correlacionar solicitudes y respuestas

Ejemplo de Entrada de Registro:

```
INFO: INVITE sip:+33687654321@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
SIP/2.0
From:
<sip:+33612345678@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org>;tag=abc123
To: <sip:+33687654321@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org>
Call-ID: f81d4fae-7dec-11d0-a765-
00a0c91e6bf6@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
P-Asserted-Identity:
<sip:+33612345678@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org>
P-Access-Network-Info: 3GPP-E-UTRAN-FDD; utran-cell-id-
3gpp=208011234567890
Content-Type: application/sdp

v=0
o=- 1234567890 1234567890 IN IP4 192.168.1.100
s=-
c=IN IP4 10.20.30.40
t=0 0
m=audio 49170 RTP/AVP 0 8
a=rtpmap:0 PCMU/8000
a=rtpmap:8 PCMA/8000
```

4. Registro de Mensajes Diameter:

Mensajes Cx (Comunicación HSS):

- UAR/UAA: Autorización de usuario (contiene IMPU, IMPI)
- LIR/LIA: Información de ubicación (contiene IMPU, S-CSCF que atiende)
- MAR/MAA: Autenticación (contiene IMPI, vectores de autenticación)
- SAR/SAA: Asignación de servidor (contiene IMPU, IMPI, XML de perfil de usuario)

Datos Diameter Disponibles:

- IMSI (del perfil de usuario)
- MSISDN (del perfil de usuario)
- IMPUs asociados (múltiples identidades por suscriptor)
- Perfil de usuario (servicios, estado de bloqueo, estado de roaming)

Ejemplo de Registro:

```
Diameter Cx SAA recibido del HSS:
User-Name: user@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
Public-Identity:
sip:+33612345678@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
Server-Name: sip:scscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
Result-Code: 2001 (Éxito)
User-Data: <XML perfil de usuario con IMSI, MSISDN, iFC>
```

5. Datos de Llamadas de Emergencia (E-CSCF):

Mapeo de IMEI a MSISDN:

- P-CSCF crea un mapeo cuando UE se registra con IMEI
- TTL (Tiempo de Vida) de 24 horas
- Usado para devolución de llamada de emergencia
- Sincronizado a través de nodos del clúster P-CSCF

Retención de Datos:

- Mapeos de IMEI a MSISDN retenidos por 24 horas
- Disponibles para correlación de devolución de llamada de emergencia
- Accesibles a través de interfaces de monitoreo

Registros de Llamadas de Emergencia:

- Detección de números de emergencia (112, 911, etc.)
- Extracción de IMEI de contacto o encabezados P
- Información de ubicación (desde HELD o P-Access-Network-Info)
- Enrutamiento PSAP (Punto de Respuesta de Seguridad Pública)
- Enrutamiento de E-CSCF a AS de emergencia

1.5.3 Capacidades de Integración para LIMF

El sistema proporciona múltiples métodos de integración para sistemas de Función de Mediación de Intercepción Legal (LIMF):

1. **Acceso a Datos de Registro y Sesión:**

    - Acceso en tiempo real a datos de registro (identidades, ubicaciones, información del dispositivo)
    - Monitoreo de sesiones activas (estado de llamada, participantes, temporización)
    - Capacidades de consulta histórica

2. **Registro de Eventos:**

    - Registro de mensajes SIP con niveles de detalle configurables
    - Registro de mensajes Diameter para interacciones HSS
    - Registros de eventos estructurados con marcas de tiempo

3. **Monitoreo en Tiempo Real:**

    - Monitoreo del estado de registro en vivo
    - Seguimiento de sesiones de llamadas activas
    - Detección de llamadas de emergencia e información de enrutamiento

Los métodos de integración admiten arquitecturas basadas en sondeo y basadas en eventos para la conectividad LIMF.

1.5.4 Mapeo de Datos CSCF a Interfaces LI

Mapeo de Datos CSCF a IRI (X2):

Fuente de Datos CSCF	Campo IRI	Ejemplo de Datos
IMPU (encabezados SIP/estado en memoria)	Parte A	sip:+33612345678@ims.mnc001.mcc001.3g
IMPI (encabezados SIP/estado en memoria)	ID de Autenticación	user@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
IMSI (perfil de usuario HSS)	ID de Suscriptor	208011234567890
MSISDN (perfil de usuario HSS)	Número de Teléfono	+33612345678
Call-ID (encabezados SIP/estado de diálogo)	ID de Sesión	f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6@..
From/To (encabezados SIP)	Parte A/Parte B	sip:+33612345678@... / sip:+33687654321
Marca de tiempo de registro (en memoria)	Tiempo del Evento	2025-11-29T10:30:00Z
P-Access-Network-Info	Ubicación	3GPP-E-UTRAN-FDD;utran-cell-id-3gpp=2080

Fuente de Datos CSCF	Campo IRI	Ejemplo de Datos
(encabezado SIP)		
IP recibida (contacto SIP)	Dirección IP de UE	10.20.30.40:5060
Dirección P-CSCF (enrutamiento SIP)	Elemento de Red	10.4.12.165:5060
Dirección S-CSCF (enrutamiento SIP)	Elemento de Red	10.4.11.45:5060

Mapeo de Datos CSCF a CC (X3):

Fuente de Datos CSCF	Campo CC	Ejemplo de Datos
Cuerpo del mensaje SIP	Contenido del Mensaje Instantáneo	"Hola, ¿cómo estás?"
SDP en INVITE	Información de Sesión de Medios	Puntos finales RTP, códecs
Dirección del servidor de medios	Objetivo de Intercepción RTP	10.50.60.70:49170

Nota: Para contenido de voz/video real (RTP), el LIMF debe coordinarse con servidores de medios (OmniTAS) para capturar flujos RTP. El CSCF proporciona solo información de configuración de sesiones.

1.5 Interfaz de Monitoreo Basada en Web

El sistema incluye un panel de control basado en web para monitoreo en tiempo real y acceso administrativo:

Capacidades de Monitoreo:

- Estado de registro en tiempo real (suscriptores activos, ubicaciones, información del dispositivo)
- Monitoreo de sesiones de llamadas activas (participantes, estado de la llamada, temporización)
- Búsqueda y filtrado por identidad (IMPU, IMPI, IMSI, MSISDN)
- Estado del túnel IPsec y monitoreo de capacidad
- Capacidades de exportación para análisis forense

Seguridad:

- Acceso cifrado HTTPS/TLS
- Autenticación requerida
- Registro de auditoría de todas las acciones administrativas
- Modos de acceso de solo lectura para personal de monitoreo

---

2. CAPACIDADES DE CIFRADO Y CRIPTOANÁLISIS

2.1 Descripción General de Capacidades Criptográficas

El OmniCSCF implementa múltiples capas de protección criptográfica para señalización y datos de suscriptores. Esta sección documenta todas las capacidades criptográficas según lo requerido por ANSSI.

2.2 Cifrado de Túnel IPsec ESP (UE a P-CSCF)

2.2.1 Implementación del Protocolo IPsec

Modo IPsec Soportado:

- ESP (Encapsulating Security Payload) - Protocolo IP 50
- Modo de transporte (no modo túnel)
- Protege la señalización SIP entre UE y P-CSCF

Algoritmos de Cifrado Soportados:

El sistema con IPsec en el kernel soporta:

- **AES-CBC (Estándar de Cifrado Avanzado - Cadena de Bloques):**
  - AES-128-CBC (clave de 128 bits)
  - AES-192-CBC (clave de 192 bits)
  - AES-256-CBC (clave de 256 bits) - Recomendado
- **AES-GCM (Estándar de Cifrado Avanzado - Modo Galois/Contador):**
  - AES-128-GCM (clave de 128 bits con AEAD)
  - AES-256-GCM (clave de 256 bits con AEAD) - Recomendado
- **3DES-CBC (Triple DES - Cadena de Bloques):**
  - Clave efectiva de 168 bits (obsoleto, compatibilidad heredada)
- **Cifrado NULL:**
  - Sin confidencialidad (solo autenticación)
  - Usado solo para depuración o escenarios específicos de cumplimiento

Algoritmos de Autenticación Soportados:

- **HMAC-SHA1 (Código de Autenticación de Mensajes Basado en Hash - SHA-1):**
  - Salida de 160 bits

    - Compatibilidad heredada

- **HMAC-SHA256 (HMAC - SHA-256):**
    - Salida de 256 bits
    - Recomendado
- **HMAC-SHA384 (HMAC - SHA-384):**
    - Salida de 384 bits
- **HMAC-SHA512 (HMAC - SHA-512):**
    - Salida de 512 bits
- **HMAC-MD5:**
    - Salida de 128 bits
    - Obsoleto, solo compatibilidad heredada

Derivación de Claves:

Las claves IPsec (CK - Clave de Cifrado, IK - Clave de Integridad) se derivan de la autenticación IMS AKA:

1. UE realiza autenticación AKA con S-CSCF/HSS
2. HSS genera CK (128 bits) e IK (128 bits)
3. S-CSCF entrega CK/IK a P-CSCF a través de la interfaz interna
4. P-CSCF utiliza CK/IK para establecer asociaciones de seguridad IPsec con UE
5. CK se utiliza para el cifrado ESP
6. IK se utiliza para la autenticación ESP

Parámetros de Asociación de Seguridad:

- **Vida Útil:** Vinculada a la expiración del registro SIP (típicamente 599 segundos)
- **Protección contra Repetición:** Habilitada (ventana anti-repetición)
- **Números de Secuencia:** 32 bits o 64 bits (ESN - Números de Secuencia Extendidos)

- **Secreto Perfecto hacia Adelante:** No aplicable (claves de AKA, no Diffie-Hellman)

Implementación:

La capacidad IPsec de P-CSCF:

- Se conecta con la pila IPsec del kernel de Linux (marco XFRM)
- Configura políticas de seguridad y asociaciones a través de la API del kernel
- Asignación y gestión de SPI (Índice de Parámetro de Seguridad)
- Asignación de puertos para tráfico protegido

2.2.2 Capacidades de Configuración IPsec

Selección de Conjuntos de Cifrado:

El P-CSCF puede configurarse para preferir conjuntos de cifrado específicos:

Preferidos (seguridad fuerte):

- ESP con AES-256-GCM y HMAC-SHA256
- ESP con AES-256-CBC y HMAC-SHA256

Soportados (compatibilidad):

- ESP con AES-128-CBC y HMAC-SHA1
- ESP con 3DES-CBC y HMAC-SHA1 (heredado)

Gestión de Claves:

- IKE (Intercambio de Claves de Internet) NO se utiliza
- Claves proporcionadas a través de IMS AKA (CK/IK de HSS)
- Configuración manual de asociaciones de seguridad a través de XFRM del kernel
- Destrucción automática de SA al expirar el registro

Ciclo de Vida del Túnel:

1. UE se registra → autenticación AKA → CK/IK generados

2. P-CSCF recibe CK/IK de S-CSCF
3. P-CSCF asigna par de SPI (SPI del cliente, SPI del servidor)
4. P-CSCF asigna par de puertos (puerto del cliente, puerto del servidor)
5. P-CSCF configura SAs IPsec del kernel utilizando CK/IK
6. P-CSCF envía parámetros IPsec a UE en 200 OK (encabezado Security-Server)
7. UE configura SAs IPsec con los mismos parámetros
8. Todo el tráfico SIP subsiguiente fluye a través de túneles ESP
9. Al expirar el registro o desregistro: SAs eliminadas, recursos liberados

2.3 Cifrado TLS (SIP y Diameter)

2.3.1 TLS para SIP (SIPS)

Versiones TLS Soportadas:

- **TLS 1.2** (RFC 5246) - Soportado
- **TLS 1.3** (RFC 8446) - Soportado (si hay soporte en el kernel/biblioteca)
- **TLS 1.0/1.1** - Obsoleto (deshabilitado por defecto)
- **SSL 2.0/3.0** - NO SOPORTADO (vulnerabilidades conocidas)

Implementación de TLS:

el sistema utiliza OpenSSL o LibreSSL:

- Bibliotecas TLS estándar de la industria
- Implementaciones validadas criptográficamente
- Actualizaciones de seguridad regulares

Conjuntos de Cifrado Soportados:

TLS 1.3 (Preferido):

- TLS_AES_256_GCM_SHA384
- TLS_AES_128_GCM_SHA256
- TLS_CHACHA20_POLY1305_SHA256

TLS 1.2 (Soportado):

- ECDHE-RSA-AES256-GCM-SHA384 (Secreto Perfecto hacia Adelante)
- ECDHE-RSA-AES128-GCM-SHA256 (Secreto Perfecto hacia Adelante)
- ECDHE-ECDSA-AES256-GCM-SHA384 (Secreto Perfecto hacia Adelante)
- DHE-RSA-AES256-GCM-SHA384 (Secreto Perfecto hacia Adelante)
- DHE-RSA-AES128-GCM-SHA256 (Secreto Perfecto hacia Adelante)

Cifrados débiles deshabilitados:

- No RC4
- No MD5
- No cifrado NULL
- No cifrados de grado EXPORT
- No DES/3DES (obsoleto)

Soporte de Certificados:

- **Certificados X.509** (formato estándar)
- **Claves RSA:** mínimo de 2048 bits, recomendado 4096 bits
- **Claves ECDSA:** curvas P-256, P-384, P-521 soportadas
- **Validación de cadena de certificados**
- **Comprobación de CRL (Lista de Revocación de Certificados)** (opcional)
- **OCSP (Protocolo de Estado de Certificado en Línea)** (opcional)

Características de TLS:

- **Secreto Perfecto hacia Adelante (PFS):** A través de intercambio de claves ECDHE/DHE
- **Indicación de Nombre del Servidor (SNI):** Soportado
- **Reanudación de Sesión TLS:** Soportada (optimización de rendimiento)
- **Autenticación de Certificado del Cliente:** Soportada (TLS mutuo)

SIP sobre TLS (SIPS):

- Transporte: TCP con cifrado TLS

- Puerto: 5061 (puerto SIPS estándar)
- Usado para comunicación entre CSCF (opcional)
- Usado para conexiones de red de confianza

2.3.2 TLS para Diameter

Capacidades de Diameter:

El sistema soporta:

- **Diameter sobre SCTP** (preferido por fiabilidad)
- **Diameter sobre TCP con TLS**
- **Puerto:** 3868 (puerto Diameter estándar)

Casos de Uso:

- **Interfaz Cx:** S-CSCF/I-CSCF a HSS (datos de suscriptor, autenticación)
- **Interfaz Rx:** P-CSCF a PCRF (política de QoS)
- **Interfaz Ro:** S-CSCF a OCS (cobro en línea - si está habilitado)

Configuración de TLS para Diameter:

Los mismos conjuntos de cifrado que SIP

- TLS 1.2/1.3
- Intercambio de claves ECDHE/DHE (PFS)
- Cifrado AES-GCM
- Autenticación SHA256/SHA384

Autenticación Basada en Certificados:

- Los pares Diameter se autentican a través de certificados TLS
- TLS mutuo (certificados tanto del cliente como del servidor)
- Validación de FQDN (Nombre de Dominio Totalmente Calificado) en certificados
- Validación de cadena de CA de confianza

2.4 Criptografía de Autenticación

2.4.1 Funciones Criptográficas IMS AKA

Algoritmo 3GPP AKA (MILENAGE):

Usado para generar vectores de autenticación (RAND, AUTN, XRES, CK, IK):

Funciones Criptográficas:

- **f1:** Función de autenticación de mensajes (calcular MAC-A y MAC-S)
- **f2:** Función de respuesta (calcular RES a partir de RAND y K)
- **f3:** Derivación de clave de cifrado (calcular CK)
- **f4:** Derivación de clave de integridad (calcular IK)
- **f5:** Función de clave de anonimato (calcular AK para privacidad de IMSI)

Material de Clave:

- **K:** Clave permanente de suscriptor de 128 bits (almacenada en ISIM y HSS)
- **OPc:** Clave variante del operador (derivada de K y OP)
- **RAND:** Desafío aleatorio de 128 bits
- **SQN:** Número de secuencia de 48 bits (protección contra repetición)

Secuencia AKA:

1. HSS genera RAND (aleatorio criptográficamente)
2. HSS calcula MAC-A = f1(K, RAND, SQN, AMF)
3. HSS calcula AUTN = (SQN ⊕ AK) || AMF || MAC-A
4. HSS calcula XRES = f2(K, RAND)
5. HSS calcula CK = f3(K, RAND)
6. HSS calcula IK = f4(K, RAND)
7. HSS envía {RAND, AUTN, XRES, CK, IK} a S-CSCF
8. S-CSCF desafía a UE con RAND y AUTN
9. UE calcula RES = f2(K, RAND) usando ISIM
10. UE envía RES a S-CSCF
11. S-CSCF compara RES con XRES (validación de autenticación)

Propiedades de Seguridad:

- **Autenticación Mutua:** UE verifica HSS a través de AUTN, HSS verifica UE a través de RES
- **Frescura de Clave:** RAND es aleatorio, SQN previene la repetición
- **Derivación de Clave:** CK e IK derivadas del secreto compartido K

2.4.2 Autenticación Digest HTTP

Para autenticación no IMS (si se utiliza):

Algoritmo: MD5 (RFC 2617)

- **Función Hash:** MD5 (salida de 128 bits)
- **Desafío-Respuesta:** Basado en nonce
- **Protección contra Repetición:** Nonce con marca de tiempo

Nota: HTTP Digest con MD5 se considera débil. IMS AKA es fuertemente preferido.

2.5 Hashing e Integridad

2.5.1 Funciones Hash Disponibles

el sistema puede usar (a través de OpenSSL/crypto del kernel):

- **SHA-256:** salida de 256 bits, recomendado
- **SHA-384:** salida de 384 bits
- **SHA-512:** salida de 512 bits
- **SHA-1:** salida de 160 bits, obsoleto para uso de seguridad
- **MD5:** salida de 128 bits, obsoleto para uso de seguridad

Uso:

- Construcciones HMAC para IPsec/TLS
- Verificación de integridad de datos
- Generación de nonce
- Detección de duplicados (hashing de Call-ID)

2.5.2 Integridad del Mensaje

Integridad del Mensaje SIP:

- **IPsec ESP:** HMAC-SHA256 para SIP autenticado sobre IPsec
- **TLS:** Autenticación de mensajes a través de TLS MAC
- **Digest SIP:** Integridad del encabezado de autenticación

Integridad del Mensaje Diameter:

- **TLS:** Diameter sobre TLS proporciona autenticación de mensajes
- **HMAC:** Los mensajes Diameter pueden incluir AVPs HMAC para integridad

2.6 Generación de Números Aleatorios

Generación de Números Aleatorios Criptográficamente Segura:

el sistema se basa en:

- **Linux kernel /dev/urandom:** PRNG seguro criptográficamente
- **OpenSSL RAND_bytes():** CSPRNG (Generador de Números Aleatorios Pseudo-Criptográficamente Seguro)

Uso:

- Asignación de SPI (valor inicial aleatorio)
- Generación de Call-ID
- Generación de parámetros de rama
- Generación de nonce para autenticación
- Generación de ID de sesión

2.7 Gestión de Claves

2.7.1 Gestión de Certificados TLS

Almacenamiento de Certificados:

- Almacenamiento en el sistema de archivos con permisos restringidos (0600)
- Ubicado en: `/etc/system/tls/`
- Formato PEM para certificados y claves

Generación de Certificados:

```
# Generar clave privada RSA de 4096 bits
openssl genrsa -out system-key.pem 4096

# Generar CSR (Solicitud de Firma de Certificado)
openssl req -new -key system-key.pem -out system.csr \
  -subj
"/C=FR/ST=IDF/L=Paris/O=Omnitouch/CN=scscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetw

# Certificado autofirmado (desarrollo/pruebas)
openssl x509 -req -days 365 -in system.csr \
  -signkey system-key.pem -out system-cert.pem

# Producción: Enviar CSR a CA de confianza
```

Rotación de Certificados:

- Se recomienda la renovación anual de certificados
- Reinicio del servicio de manera controlada para cargar nuevos certificados
- No se requiere tiempo de inactividad

2.7.2 Gestión de Claves IPsec

Derivación de Claves:

- CK (Clave de Cifrado) e IK (Clave de Integridad) de IMS AKA
- Claves de 128 bits de HSS
- Entregadas de manera segura a través de Diameter Cx (sobre TLS)

Vida Útil de la Clave:

- Vinculada a la expiración del registro SIP (típicamente 599 segundos)
- Re-keying en la actualización del registro

- Destrucción automática de claves al desregistrarse

Almacenamiento de Claves:

- Efímeras (solo en memoria durante el registro activo)
- Instaladas en la pila IPsec del kernel
- Sin almacenamiento persistente de claves
- Claves descartadas cuando se elimina SA

2.8 Resistencia al Criptoanálisis

2.8.1 Selección de Algoritmos

Defensa Contra Criptoanálisis:

- **Sin algoritmos personalizados:** Solo algoritmos estándar de la industria, revisados por pares
- **Tamaños de clave fuertes:** AES-256, RSA-4096, SHA-256
- **Cifrado autenticado:** AES-GCM (AEAD - Cifrado Autenticado con Datos Asociados)
- **Secreto Perfecto hacia Adelante:** ECDHE/DHE en TLS
- **Actualizaciones regulares:** Parches de seguridad de OpenSSL/LibreSSL aplicados

Algoritmos Obsoletos Deshabilitados:

- MD5 (colisiones de hash)
- RC4 (debilidades del cifrador de flujo)
- DES/3DES (tamaño de bloque pequeño, longitud de clave)
- SSL 2.0/3.0 (vulnerabilidades de protocolo)
- TLS 1.0/1.1 (ataques BEAST, POODLE)

2.8.2 Mitigación de Ataques de Canal Lateral

Resistencia a Ataques de Tiempo:

- Comparación en tiempo constante para respuestas de autenticación

- Sin filtraciones de tiempo en operaciones criptográficas (a través de OpenSSL)

Protección de Memoria:

- Aislamiento de la pila IPsec del kernel
- Aislamiento de memoria de procesos
- Sin intercambio para datos sensibles (si está configurado)

2.9 Cumplimiento y Normas

Cumplimiento de Normas Criptográficas:

- **NIST SP 800-52:** Directrices TLS
- **NIST SP 800-131A:** Transiciones de algoritmos criptográficos
- **RFC 7525:** Recomendaciones TLS
- **ETSI TS 133 203:** Seguridad de acceso 3GPP (IMS AKA)
- **ETSI TS 133 210:** Seguridad de la capa de red IP (IPsec)
- **3GPP TS 33.203:** Seguridad de acceso para IMS
- **3GPP TS 33.210:** Seguridad del dominio de la red

Regulaciones Francesas sobre Criptografía:

- Sin criptografía restringida a la exportación (todos los algoritmos estándar)
- Medios criptográficos estándar (sin puertas traseras gubernamentales)
- Certificación de productos criptográficos ANSSI (si es necesario)

Guía de Operaciones de Diameter

Tabla de Contenidos

1. Descripción General
2. Diameter en la Arquitectura IMS
3. Interfaces de Diameter
4. Gestión de Pares a través de la Interfaz Web
5. Códigos de Resultado de Diameter
6. Problemas Comunes

Descripción General

Diameter es el protocolo de autenticación, autorización y contabilidad (AAA) utilizado en toda la arquitectura IMS. OmniCall CSCF utiliza Diameter para comunicarse con elementos críticos de la red, incluidos HSS, PCRF y OCS.

¿Qué es Diameter?

Diameter (RFC 6733) es el sucesor de RADIUS, diseñado para escenarios modernos de AAA:

- **Transporte confiable** a través de TCP/SCTP (vs. UDP en RADIUS)
- **Extensible** a través de módulos específicos de aplicación
- **Arquitectura** de igual a igual (no solo cliente-servidor)
- Conexiones **con estado** con monitoreo de supervisión
- Manejo de errores y códigos de resultado **estandarizados**

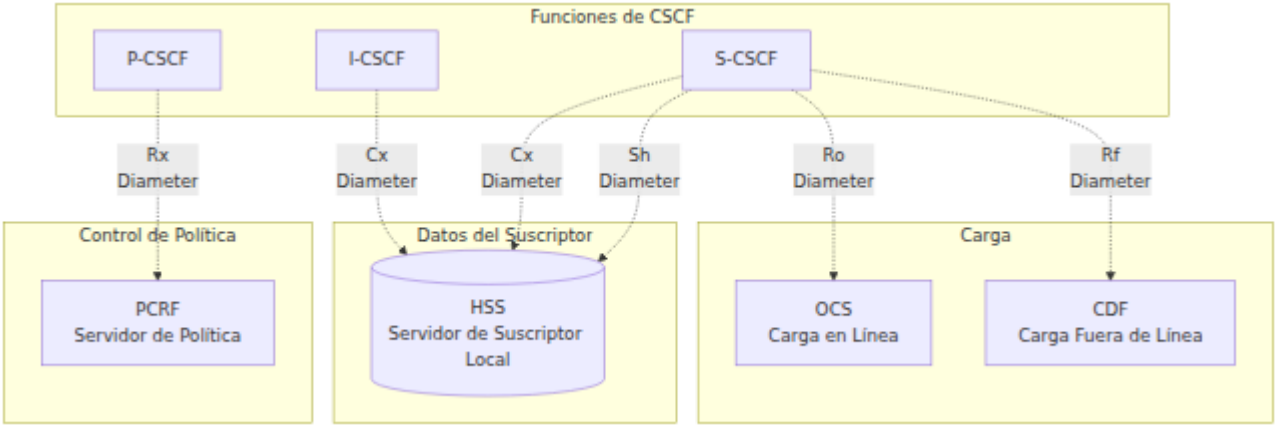
Diameter en CSCF

Cada componente de CSCF utiliza interfaces de aplicación Diameter específicas:

CSCF	Interfaz	ID de Aplicación	Conectado a	Propósito
I-CSCF	Cx	16777216	HSS	Selección de S-CSCF, ubicación del usuario
S-CSCF	Cx	16777216	HSS	Autenticación del usuario, descarga de perfil
S-CSCF	Sh	16777217	HSS	Acceso a datos del usuario (opcional)
P-CSCF	Rx	16777236	PCRF	Control de política de QoS y portadora
S-CSCF	Ro	4	OCS	Carga en línea (control de crédito)
S-CSCF	Rf	3	CDF	Carga fuera de línea (contabilidad)

Diameter en la Arquitectura IMS

Descripción General de la Red



Interfaces de Diameter

Interfaz Cx (CSCF ↔ HSS)

La interfaz Cx es utilizada por I-CSCF y S-CSCF para la autenticación de usuarios y gestión de perfiles.

Especificación 3GPP: TS 29.228

Operaciones de I-CSCF

Solicitud de Autorización de Usuario (UAR) / Respuesta de Autorización de Usuario (UAA):

- **Propósito**: Consultar al HSS sobre la asignación o capacidades de S-CSCF
- **Disparador**: REGISTRO recibido del usuario
- **Caso de Uso**: I-CSCF necesita enrutar el registro al S-CSCF apropiado

Solicitud de Información de Ubicación (LIR) / Respuesta de Información de Ubicación (LIA):

- **Propósito**: Consultar al HSS sobre el S-CSCF actual del usuario
- **Disparador**: INVITAR o MENSAJE recibido para el usuario que termina

- **Caso de Uso**: I-CSCF necesita enrutar la sesión al S-CSCF del usuario

Operaciones de S-CSCF

Solicitud de Autenticación Multimedia (MAR) / Respuesta de Autenticación Multimedia (MAA):

- **Propósito**: Recuperar vectores de autenticación del HSS
- **Disparador**: REGISTRO inicial (antes del desafío)
- **Caso de Uso**: S-CSCF necesita desafiar al usuario para la autenticación IMS AKA

Solicitud de Asignación de Servidor (SAR) / Respuesta de Asignación de Servidor (SAA):

- **Propósito**: Informar al HSS sobre el estado de registro, descargar el perfil del usuario
- **Disparador**: Autenticación exitosa (después de MAR/MAA)
- **Caso de Uso**: S-CSCF descarga IFC y perfil de servicio para el usuario

El AVP `User-Data` en SAA contiene el perfil completo del usuario, incluyendo:

- Identidades públicas
- Criterios de Filtro Inicial (IFC) para activar servicios
- Identificadores de perfiles de medios suscritos
- Información de carga

Solicitud de Terminación de Registro (RTR) / Respuesta de Terminación de Registro (RTA):

- **Propósito**: Deregistro iniciado por HSS (empuje desde HSS)
- **Disparador**: Deregistro administrativo, cambio de suscripción
- **Caso de Uso**: HSS instruye a S-CSCF para deregistrar a un usuario

Interfaz Rx (P-CSCF ↔ PCRF)

La interfaz Rx proporciona control de política y QoS para sesiones IMS.

Especificación 3GPP: TS 29.214

Solicitud de AA (AAR) / Respuesta de AA (AAA):

- **Propósito**: Solicitar autorización de QoS para la sesión de medios
- **Disparador**: Intercambio de oferta/respuesta SDP en SIP INVITE
- **Caso de Uso**: P-CSCF solicita al PCRF autorizar recursos de portadora

Solicitud de Reautenticación (RAR) / Respuesta de Reautenticación (RAA):

- **Propósito**: Actualización de política iniciada por PCRF (empuje desde PCRF)
- **Disparador**: Cambio de política, modificación de portadora
- **Caso de Uso**: PCRF instruye a P-CSCF para actualizar la política de QoS

Solicitud de Terminación de Sesión (STR) / Respuesta de Terminación de Sesión (STA):

- **Propósito**: Liberar la sesión Rx y los recursos de portadora
- **Disparador**: Terminación de llamada (BYE recibido)
- **Caso de Uso**: P-CSCF informa al PCRF para liberar recursos de QoS

Interfaz Ro (S-CSCF ↔ OCS)

La interfaz Ro proporciona carga en línea (control de crédito).

Especificación 3GPP: TS 32.299

Solicitud de Control de Crédito (CCR) / Respuesta de Control de Crédito (CCA):

- **Propósito**: Autorización y débito de crédito en tiempo real
- **Disparador**: Configuración de llamada, durante la llamada, terminación de llamada
- **Caso de Uso**: Carga prepaga, verificación de crédito en tiempo real

Tipos:

- **CCR-Inicial**: Solicitar crédito al inicio de la llamada
- **CCR-Actualizar**: Refrescar cuota durante la llamada
- **CCR-Terminar**: Reportar uso final al final de la llamada

Gestión de Pares a través de la Interfaz Web

OmniCall CSCF proporciona un panel de control basado en web para la gestión de pares Diameter.

Acceso: Navegar a la pestaña **Diameter** en el panel de control (`http://<cscf-server>:4000/diameter`)

Visualización del Estado del Par

La página de gestión de Diameter muestra:

Información Resumida

- **Reino**: Reino Diameter

- **Identidad**: Host de Origen Diameter
- **Conteo de Pares**: Número de pares configurados
- **Trabajadores**: Conteo de trabajadores CDP
- **Longitud de Cola**: Transacciones pendientes
- **Tiempo de Espera de Conexión**: Tiempo de espera de conexión (segundos)
- **Tiempo de Espera de Transacción**: Tiempo de espera de transacción (segundos)
- **Aceptar Pares Desconocidos**: Bandera de política

Lista de Pares

Tabla de todos los pares Diameter con las siguientes columnas:

Columna	Descripción
FQDN	Nombre de dominio completamente calificado del par
Estado	Estado de conexión (I_Open, Cerrado, etc.)
Estado	Habilitado o Deshabilitado
Último Usado	Tiempo desde la última transacción
Aplicaciones	Número de aplicaciones Diameter soportadas

Operaciones de Pares

Habilitar Par:

1. Localizar par deshabilitado en la tabla
2. Hacer clic en el botón **Habilitar**
3. El par intentará establecer conexión

Deshabilitar Par:

1. Localizar par habilitado en la tabla

2. Hacer clic en el botón **Deshabilitar**
3. Confirmar acción
4. La conexión del par se terminará de manera controlada

Ver Aplicaciones:

1. Hacer clic en la fila del par para expandir
2. Ver lista de aplicaciones Diameter soportadas con nombres de interfaz

La vista expandida del par muestra todas las aplicaciones Diameter soportadas:

- **16777216:10415** - 3GPP Cx/Dx (comunicación HSS para I-CSCF/S-CSCF)
- **16777236:10415** - 3GPP Rx (política de QoS PCRF para P-CSCF)
- **16777238:0** - 3GPP Ro (Carga en línea)
- Otros ID de aplicación soportados e ID de proveedor

El panel de control mapea automáticamente los ID de Aplicación Diameter a los nombres de interfaz 3GPP:

- **Cx/Dx** (16777216:10415)
- **Sh/Dh** (16777217:10415)

- **Rx** (16777236:10415)
- **Ro** (16777238:10415/0/5535/13019)
- **Gx** (16777224:10415)
- **S6a/S6d** (16777251:10415)
- Y muchos más (ver `diameter_live.ex` para la lista completa)

Estados de los Pares

Estado	Descripción
I_Open	Conexión abierta y operativa
Cerrado	No se ha establecido conexión
Wait-Conn-Ack	Conexión iniciada, esperando respuesta
Wait-I-CEA	CER enviado, esperando CEA

Para gestión detallada de pares: Ver Guía de Operaciones de la Interfaz Web

Códigos de Resultado de Diameter

Códigos de resultado comunes y sus significados:

Código	Nombre	Significado	Ac
2xxx	**Éxito**		
2001	DIAMETER_SUCCESS	Operación exitosa	Ninguna
3xxx	**Errores de Protocolo**		
3002	DIAMETER_UNABLE_TO_DELIVER	No se puede enrutar al destino	Verifica conecti par
3003	DIAMETER_REALM_NOT_SERVED	Reino no reconocido	Verifica configu reino
3007	DIAMETER_APPLICATION_UNSUPPORTED	Aplicación no soportada	Verifica Applicat
4xxx	**Fallos Transitorios**		
4001	DIAMETER_AUTHENTICATION_REJECTED	Autenticación fallida	Verifica credenc
4010	DIAMETER_USER_UNKNOWN	Usuario no provisionado	Verifica aprovisi en HSS
5xxx	**Fallos Permanentes**		
5001	DIAMETER_AVP_UNSUPPORTED	AVP no reconocido	Verifica del prot
5002	DIAMETER_UNKNOWN_SESSION_ID	Sesión no encontrada	Sesión e inválida

Código	Nombre	Significado	Ac
5003	DIAMETER_AUTHORIZATION_REJECTED	No autorizado	Verifica del usu
5012	DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY	No se puede procesar la solicitud	Verifica de HSS/

Problemas Comunes

Fallos de Conexión de Pares

Síntoma: Par atascado en estado "Cerrado" o "Wait-Conn-Ack"

Diagnóstico:

1. Verificar conectividad de red:

   ```
   ping <peer-fqdn>
   telnet <peer-fqdn> 3868
   ```

2. Verificar reglas de firewall (el puerto 3868 TCP debe estar abierto)
3. Verificar configuración del par (dirección IP, puerto)
4. Revisar registros del par para intentos de conexión

Resolución:

- Corregir problemas de red/firewall
- Verificar que el par esté en ejecución y escuchando en el puerto 3868
- Verificar si el par tiene la configuración correcta para CSCF
- Usar **Habilitar Par** en la interfaz web para reintentar la conexión

---

Fallos en el Intercambio CER/CEA

Síntoma: Par atascado en estado "Wait-I-CEA", o CEA con código de error

Errores Comunes:

- **5010 (NO_COMMON_APPLICATION)**: Verificar que ambos pares soporten la misma aplicación (por ejemplo, Cx = 16777216)
- **3003 (REALM_NOT_SERVED)**: Verificar que el Origin-Realm coincida con el reino esperado del par

Resolución:

- Verificar la configuración de Diameter para Application-Id y reino
- Asegurarse de que la configuración del par coincida con las expectativas de CSCF
- Revisar los registros del backend de CSCF para mensajes de error detallados

---

Problemas en la Interfaz Cx de HSS

Síntoma: Fallos de registro, timeouts de MAR/MAA

Errores Comunes:

Código de Resultado	Significado	Resolución
4010	USER_UNKNOWN	Usuario no provisionado en HSS
4001	AUTHENTICATION_REJECTED	IMPI/credenciales incorrectas
5012	UNABLE_TO_COMPLY	Error interno de HSS, verificar registros de HSS

Resolución:

- **USER_UNKNOWN**: Provisionar usuario en HSS
- **AUTHENTICATION_REJECTED**: Verificar IMPI y secreto compartido en HSS
- **UNABLE_TO_COMPLY**: Verificar registros de HSS y conectividad de base de datos

---

Problemas en la Interfaz Rx de PCRF

Síntoma: Llamadas exitosas pero sin QoS aplicado, timeouts de AAR/AAA

Problemas Comunes:

- **PCRF caído**: Verificar estado del par en la interfaz web
- **Framed-IP-Address no reconocido**: PCRF no puede mapear IP de UE a suscriptor
- **Política no aplicada**: Verificar reglas de política de PCRF, verificar integración de PCEF

Resolución:

- Verificar que el par PCRF esté en estado "I_Open"
- Verificar aprovisionamiento de dirección IP de UE en PCRF
- Verificar que la interfaz Gx (PCRF a PCEF) esté funcional

Problemas en la Interfaz Ro de OCS

Síntoma: Fallos en llamadas prepago, timeouts de CCR/CCA, llamadas bloqueadas

Errores Comunes:

Código de Resultado	Significado	Resolución
4012	CREDIT_LIMIT_REACHED	Crédito insuficiente
5003	AUTHORIZATION_REJECTED	Usuario no autorizado para prepago

Resolución:

- **CREDIT_LIMIT_REACHED**: Normal para usuarios prepago sin crédito
- **Timeout de OCS**: Verificar disponibilidad de OCS y estado del par
- **AUTHORIZATION_REJECTED**: Verificar que el usuario esté provisionado para prepago en OCS

Degradación del Rendimiento

Síntoma: Tiempos de respuesta de Diameter lentos, alta latencia

Diagnóstico:

1. Verificar la marca de tiempo "Último Usado" en la lista de pares (debe ser reciente)
2. Monitorear "Longitud de Cola" (valores altos indican acumulación)
3. Revisar registros del backend de CSCF para advertencias de timeout

Resolución:

- **Alta latencia**: Investigar la red entre CSCF y el par
- **Alta longitud de cola**: Verificar carga del sistema del par (HSS/PCRF/OCS)
- **Timeouts**: Aumentar el tiempo de espera de transacción si la red tiene alta latencia

Mejores Prácticas

Directrices Operativas

Gestión de Pares:

- Monitorear el estado de los pares a través del panel de control de la interfaz web
- Configurar monitoreo externo para eventos de caída de pares
- Probar la conectividad de los pares durante ventanas de mantenimiento

Planificación de Capacidad:

- Estimar la tasa de transacciones de Diameter basada en registros y volumen de llamadas
- Asegurarse de que HSS/PCRF/OCS puedan manejar tasas de transacción pico
- Considerar agentes de enrutamiento Diameter (DRA) para implementaciones grandes

Resolución de Problemas:

- Verificar el estado de los pares primero al investigar fallos de registro o llamada
- Correlacionar fallos de Diameter con fallos de SIP (mismo Call-ID o usuario)
- Revisar registros del backend de CSCF para trazas de transacciones Diameter detalladas

Seguridad:

- Usar TLS para conexiones Diameter en producción (si es soportado)
- Restringir el acceso a pares Diameter a través de firewall (solo pares conocidos)
- Revisar regularmente los registros de auditoría de habilitación/deshabilitación de pares

Limitaciones y Mejoras Futuras

Implementación Actual

El panel de control proporciona:

- □ Visualización del estado de los pares en tiempo real
- □ Operaciones de habilitar/deshabilitar pares
- □ Mapeo de ID de Aplicación a nombres de interfaz
- □ Actualización automática cada 5 segundos

No Implementado

Las siguientes características **no están actualmente disponibles** pero pueden ser añadidas en versiones futuras:

- **Inspector de Mensajes Diameter**: Ver transacciones recientes de Diameter y detalles de AVP
- **Tablero de Métricas de Diameter**: Integración con Grafana para latencia, tasas de error, etc.
- **Estadísticas de Pares**: Conteos de mensajes, tasas de éxito, latencia promedio por par
- **Monitoreo de Supervisión**: Estado en tiempo real de DWR/DWA
- **Reconexión Manual**: Forzar reconexión de pares a través de la interfaz web

Soluciones Alternativas

Para Inspección de Mensajes: Revisar registros del backend de CSCF o habilitar el registro de depuración de Diameter

Para Estadísticas Detalladas: Consultar métricas desde el endpoint de Prometheus (ver Referencia de Métricas para definiciones completas de métricas de CDP/Diameter y Guía de Operaciones de la Interfaz Web para configuración de monitoreo)

Para Reconexión Manual: Usar la interfaz web para deshabilitar y luego volver a habilitar el par

Documentación Relacionada

- **Guía de Operaciones de P-CSCF** - Operaciones de la interfaz Rx de P-CSCF
- **Guía de Operaciones de I-CSCF** - Operaciones de la interfaz Cx de I-CSCF
- **Guía de Operaciones de S-CSCF** - Interfaces Cx, Ro de S-CSCF
- **Guía de Operaciones de la Interfaz Web** - Gestión de pares Diameter a través del panel de control
- **Guía de Operaciones de CSCF** - Operaciones generales de CSCF

Especificaciones 3GPP

- **TS 29.228**: Interfaces Cx y Dx (CSCF-HSS)
- **TS 29.214**: Interfaz Rx (P-CSCF-PCRF)
- **TS 32.299**: Aplicaciones de carga Diameter (Ro, Rf)
- **RFC 6733**: Protocolo Base de Diameter

Detalles Técnicos

Implementación

- **Pila de Diameter**: Pila de protocolo Diameter integrada
- **Interfaz de Gestión**: Protocolo RPC al backend de CSCF
- **Interfaz Web**: Phoenix LiveView (`lib/cscf_web/web/diameter_live.ex`)

Configuración

Los pares Diameter se configuran en los archivos de configuración del backend de CSCF, no a través del panel de control. El panel de control proporciona monitoreo y control operativo (habilitar/deshabilitar) únicamente.

Guía de Capacidad y Dimensionamiento de OmniCall CSCF

Descripción General

Esta guía proporciona información sobre la planificación de capacidad y dimensionamiento para implementaciones de OmniCall CSCF. Los números de capacidad presentados aquí son **directrices basadas en el análisis del código fuente y la experiencia en producción**, no límites estrictos.

Estrategia de Escalado Horizontal

OmniCall CSCF logra una escala prácticamente ilimitada a través del escalado horizontal: simplemente despliega instancias adicionales a medida que crece tu base de suscriptores. No hay un límite superior práctico para la capacidad total de la red.

Principios Clave de Escalado:

✓ **Agrega instancias, no complejidad**: ¿Necesitas soportar 1 millón de suscriptores? Despliega 3-4 instancias de S-CSCF en lugar de un servidor masivo.

✓ **Componentes independientes**: Cada instancia de P-CSCF, I-CSCF y S-CSCF opera de manera independiente.

✓ **Distribución de carga**: I-CSCF distribuye automáticamente a los usuarios entre las instancias de S-CSCF; DNS o balanceadores de carga distribuyen el tráfico a P-CSCF e I-CSCF.

✓ **No se requiere afinidad de sesión**: Los usuarios pueden ser distribuidos entre diferentes instancias de CSCF.

✓ **Distribución geográfica**: Despliega instancias de CSCF en múltiples centros de datos para resiliencia y optimización de latencia.

Ejemplo de Ruta de Escalado:

- **10K suscriptores**: 1 P-CSCF, 1 I-CSCF, 1 S-CSCF
- **50K suscriptores**: 2 P-CSCF, 2 I-CSCF, 2 S-CSCF
- **200K suscriptores**: 6 P-CSCF, 4 I-CSCF, 4 S-CSCF
- **1M suscriptores**: 30 P-CSCF, 10 I-CSCF, 10 S-CSCF
- **10M suscriptores**: 300 P-CSCF, 50 I-CSCF, 50 S-CSCF

Escalado Rentable: Hardware de consumo + escalado horizontal = menor CapEx que soluciones costosas de "gran hierro".

Acerca de Estas Directrices

Los números de capacidad en este documento son **estimaciones conservadoras** diseñadas para:

- Proporcionar margen para picos de tráfico (tormentas de registro, eventos de llamadas masivas)
- Tener en cuenta el procesamiento complejo de IFC y múltiples integraciones de Servidores de Aplicaciones
- Asegurar tiempos de respuesta de menos de un segundo incluso bajo carga
- Soportar configuraciones de alta disponibilidad con capacidad de conmutación por error

Tu experiencia puede variar en función de:

- Especificaciones de hardware (velocidad de CPU, RAM, ancho de banda de red)
- Complejidad de IFC y número de Servidores de Aplicaciones
- Temporizadores de expiración de registro (más cortos = registros más frecuentes)
- Tiempos de espera de llamadas y patrones de tráfico en horas pico

Recomendación: Usa estas directrices como punto de partida, luego monitorea métricas de producción para optimizar el número de instancias y la configuración para tu implementación específica.

Tabla de Contenidos

1. Resumen Ejecutivo
2. Capacidad de P-CSCF
3. Capacidad de I-CSCF
4. Capacidad de S-CSCF
5. Dimensionamiento de Implementación
6. Optimización del Rendimiento
7. Monitoreo y Alertas
8. Resumen: Escala Ilimitada a Través del Escalado Horizontal

---

Resumen Ejecutivo

Principales Restricciones de Capacidad

Tipo de CSCF	Restricción Principal	Máximo por Instancia	Implementación Típica
P-CSCF	Asociaciones de Seguridad IPsec	**~50,000 UEs**	10,000-30,000 UEs
I-CSCF	CPU/Red (sin estado)	**Limitado por rendimiento**	100,000+ req/sec
S-CSCF	Registros de Usuarios	**~500,000 IMPUs**	100,000-300,000 IMPUs
Diálogos	Estado de Llamada Activa	**~100,000 diálogos**	20,000-50,000 concurrentes

Límites Técnicos (Por Instancia)

OmniCall CSCF tiene algunos límites técnicos por instancia. Estos **no son límites de implementación**: la capacidad total es ilimitada a través del escalado horizontal:

Límite	Valor	Lo Que Significa	Solución
Seguimiento de Hash SPI	**10,000 entradas**	Estructura de seguimiento interno para SPIs de IPsec	Esto NO limita los registros a 10K. P-CSCF puede manejar 40K-50K registros con la configuración adecuada. Despliega más VMs de P-CSCF para mayor escala.
Contactos por IMPU	**100**	Máximo de contactos SIP por identidad pública	Rara vez se alcanza en la práctica (típico: 1-5 contactos por usuario). Agrega VMs de S-CSCF si es necesario.
Rutas de Servicio	**10 por contacto**	Máximo de encabezados de ruta de servicio	Uso típico: 1-3. No es una restricción.
Tamaño del Cuerpo NOTIFY	**16 KB**	Tamaño máximo del mensaje de notificación	Divide listas grandes de suscriptores entre instancias de S-CSCF.

Aclaración sobre el Límite de Hash SPI:

- El límite de 10,000 hashes SPI es una **estructura de seguimiento interna**, no un límite estricto de registro.
- Las instancias de P-CSCF manejan regularmente **40,000-50,000 registros concurrentes** en producción.
- El hash SPI se utiliza para búsquedas rápidas; los SAs de IPsec reales son gestionados por separado por el kernel.
- Si te acercas a los límites de capacidad, simplemente despliega VMs adicionales de P-CSCF.

Punto Clave: Estos son límites de ingeniería para una sola instancia de VM. Para una escala ilimitada, despliega más VMs.

Capacidad de P-CSCF

El **Proxy-CSCF** es típicamente el componente más restringido en capacidad debido a la sobrecarga de las asociaciones de seguridad IPsec.

Factores de Capacidad

1. Asociaciones de Seguridad IPsec

Huella de Memoria por UE:

```
Cada SA de IPsec consume aproximadamente:
- Seguimiento de SPI: ~200 bytes (entrada de tabla hash)
- Vinculación de socket: ~1-2 KB (recursos del kernel)
- Estado de contacto: ~500-1000 bytes (datos de registro)
- Total por UE: ~2-3 KB en memoria compartida
```

Directrices de Capacidad por Instancia:

- **Agresivo**: 40,000-50,000 UEs (se acerca al límite de hash SPI)
- **Recomendado**: 20,000-30,000 UEs (rendimiento equilibrado y margen)
- **Conservador**: 10,000-15,000 UEs (máximo margen de HA para conmutación por error)

Escalado Más Allá de una Sola Instancia:

- **100K suscriptores**: Despliega 3-5 instancias de P-CSCF detrás de balanceo de carga DNS.
- **500K suscriptores**: Despliega 15-25 instancias de P-CSCF en múltiples sitios.
- **1M+ suscriptores**: Despliega 30-50+ instancias de P-CSCF con distribución geográfica.

Nota: Estas son directrices, no límites. Las implementaciones en producción han ejecutado con éxito instancias de P-CSCF a 40K+ UEs con la configuración adecuada.

2. Servicios de Emergencia

El manejo de llamadas de emergencia utiliza almacenamiento en memoria para mapeos de IMEI a devoluciones de llamada (TTL de 24 horas) para soportar devoluciones de llamada de emergencia.

Requisitos de VM de P-CSCF

Especificación Estándar de VM: 8 vCPU, 8 GB RAM mínimo

Tamaño de Implementación	UEs por VM	VMs Necesarias para Implementaciones de Ejemplo
Conservador	10,000-15,000	10K subs = 1 VM, 50K subs = 4 VMs, 100K subs = 7 VMs
Recomendado	20,000-30,000	10K subs = 1 VM, 50K subs = 2 VMs, 100K subs = 4 VMs
Agresivo	40,000-50,000	10K subs = 1 VM, 50K subs = 1 VM, 100K subs = 2 VMs

VoWiFi con OmniePDG:

- OmniePDG termina IPsec, P-CSCF maneja solo SIP.
- La capacidad aumenta a **80,000-100,000 UEs por VM de P-CSCF**.
- 100K usuarios de VoWiFi = 1-2 VMs de P-CSCF (vs. 4 VMs para VoLTE).

Capacidad de I-CSCF

El **Interrogating-CSCF** es sin estado y está limitado principalmente por el rendimiento de la CPU y la red en lugar de la memoria.

Factores de Capacidad

1. Diseño Sin Estado

- **Sin estado de sesión**: I-CSCF no mantiene registros de usuarios ni diálogos.
- **Consultas HSS**: Cada registro requiere 1 intercambio Cx UAR/UAA.
- **Basado en rendimiento**: Limitado por la tasa de procesamiento de REGISTER/INVITE.

Rendimiento Típico:

- **Tasa de Registro**: 1,000-5,000 registros/segundo (dependiendo de la latencia de HSS).
- **Tasa de Configuración de Llamadas**: 5,000-10,000 INVITE/segundo.
- **Suscriptores Simultáneos**: Efectivamente ilimitados (no se mantiene estado).

2. Selección de S-CSCF

I-CSCF mantiene un grupo de instancias de S-CSCF disponibles (típicamente 2-10) para balanceo de carga basado en capacidades y carga actual.

Requisitos de VM de I-CSCF

Especificación Estándar de VM: 4 vCPU, 8 GB RAM mínimo

Tamaño de Implementación	Rendimiento por VM	VMs Necesarias para Implementaciones de Ejemplo
Conservador	1,000 reg/sec	10K subs = 1 VM, 100K subs = 2 VMs, 500K subs = 4 VMs
Recomendado	2,000 reg/sec	10K subs = 1 VM, 100K subs = 1 VM, 500K subs = 2 VMs
Agresivo	5,000 reg/sec	10K subs = 1 VM, 100K subs = 1 VM, 500K subs = 1 VM

Estrategia de Escalado: Despliega múltiples instancias de I-CSCF detrás de DNS round-robin o balanceador de carga de hardware. Cada instancia es independiente y sin estado.

Capacidad de S-CSCF

El **Serving-CSCF** mantiene el estado de registro y diálogos activos, lo que lo convierte en el componente central de escalabilidad.

Factores de Capacidad

1. Registros de Usuarios

Huella de Memoria por IMPU:

```
Cada IMPU registrado consume aproximadamente:
- Entrada de hash: ~1-2 KB (IMPU, contactos, expira)
- IFC (Criterios de Filtro Inicial): ~5-20 KB (perfil de servicio
del HSS)
- Vectores de autenticación: ~1-2 KB
- Total por IMPU: ~7-25 KB dependiendo de la complejidad del
servicio
```

Directrices de Capacidad por Instancia:

- **Agresivo**: 400,000-500,000 IMPUs (con hash_size=14+, hardware de alta especificación)
- **Recomendado**: 200,000-300,000 IMPUs (carga equilibrada, complejidad típica de IFC)
- **Conservador**: 100,000-150,000 IMPUs (IFC compleja, múltiples AS, margen de HA)

Escalado para Implementaciones Grandes:

- **1M suscriptores**: Despliega 3-5 instancias de S-CSCF, I-CSCF distribuye a través de HSS.
- **5M suscriptores**: Despliega 15-25 instancias de S-CSCF en múltiples centros de datos.
- **10M+ suscriptores**: Despliega 30-50+ instancias de S-CSCF.

Nota: Estas son directrices iniciales. La capacidad real depende de la complejidad de IFC, la integración de AS y las especificaciones de hardware. Algunas implementaciones en producción ejecutan 400K+ IMPUs por instancia con configuraciones optimizadas.

2. Diálogos Activos (Sesiones de Llamadas)

Huella de Memoria por Diálogo:

```
Cada diálogo activo consume aproximadamente:
- Estado del diálogo: ~2-4 KB (Call-ID, etiquetas From/To,
conjunto de rutas)
- Información SDP: ~1-2 KB (parámetros de medios)
- Perfiles/variables: ~1-2 KB
- Total por diálogo: ~4-8 KB
```

Directrices de Capacidad por Instancia:

- **Agresivo**: 80,000-100,000 diálogos concurrentes (con dlg_hash_size=15+)
- **Recomendado**: 40,000-60,000 diálogos concurrentes (implementación típica)

- **Conservador**: 20,000-30,000 diálogos concurrentes (máximo margen de HA)

Escalado para Alto Volumen de Llamadas:

- **100K llamadas concurrentes**: Despliega 2-3 instancias de S-CSCF.
- **500K llamadas concurrentes**: Despliega 10-15 instancias de S-CSCF.
- **1M+ llamadas concurrentes**: Despliega 20-30+ instancias de S-CSCF.

Nota: La capacidad de diálogo suele ser mayor que la capacidad de registro, ya que los diálogos son de corta duración (segundos a minutos) mientras que los registros son de larga duración (minutos a horas). Monitorea las tasas de llamadas concurrentes en horas pico reales para optimizar.

3. Procesamiento de Criterios de Filtro Inicial (IFC)

Impacto de la Complejidad de IFC:

- IFC simple (1-5 puntos de activación): Sobrecarga mínima.
- IFC compleja (10+ puntos de activación, múltiples AS): 5-10 ms de procesamiento adicional por llamada.
- Memoria: 5-20 KB por usuario dependiendo de la complejidad del perfil de servicio.

Requisitos de VM de S-CSCF

Especificación Estándar de VM: 8 vCPU, 8 GB RAM mínimo

Tamaño de Implementación	IMPUs por VM	Diálogos Concurrentes por VM	VMs Necesarias para Implementaciones de Ejemplo
Conservador	100,000-150,000	20,000-30,000	10K subs = 1 VM, 100K subs = 1 VM, 500K subs = 4 VMs
Recomendado	200,000-300,000	40,000-60,000	10K subs = 1 VM, 100K subs = 1 VM, 500K subs = 2 VMs
Agresivo	400,000-500,000	80,000-100,000	10K subs = 1 VM, 100K subs = 1 VM, 500K subs = 1 VM

Dimensionamiento de Implementación

Implementación Pequeña (< 10,000 Suscriptores)

Escenario: MVNO, pequeña empresa, entorno de laboratorio/prueba

Componente	Cantidad de VMs	Especificación de VMs	Capacidad por VM
P-CSCF	1	8 vCPU, 8 GB RAM	10,000-15,000 UEs
I-CSCF	1	4 vCPU, 8 GB RAM	1,000-2,000 reg/sec
S-CSCF	1	8 vCPU, 8 GB RAM	100,000-200,000 IMPUs
Total VMs	**3**		
Capacidad Total			**Hasta 15,000 suscriptores**

Implementación Mediana (10,000-100,000 Suscriptores)

Escenario: Operador regional, operador de nivel 2, gran empresa

Dimensionamiento Conservador (100K suscriptores):

Componente	Cantidad de VMs	Especificación de VMs	Capacidad por VM
P-CSCF	4	8 vCPU, 8 GB RAM	25,000 UEs cada uno
I-CSCF	2	4 vCPU, 8 GB RAM	2,000 reg/sec cada uno
S-CSCF	2	8 vCPU, 8 GB RAM	150,000 IMPUs cada uno
Total VMs	**8**		
Capacidad Total			**100,000 suscriptores**

Dimensionamiento Recomendado (100K suscriptores):

Componente	Cantidad de VMs	Especificación de VMs	Capacidad por VM
P-CSCF	2	8 vCPU, 8 GB RAM	50,000 UEs cada uno
I-CSCF	1	4 vCPU, 8 GB RAM	5,000 reg/sec
S-CSCF	1	8 vCPU, 8 GB RAM	300,000 IMPUs
Total VMs	**4**		
Capacidad Total			**100,000 suscriptores**

Alta Disponibilidad:

- Despliega I-CSCF detrás de DNS round-robin o balanceador de carga.

- I-CSCF distribuye usuarios entre el grupo de S-CSCF.
- Se recomienda la distribución geográfica para resiliencia.

Implementación Grande (500,000 Suscriptores)

Escenario: Operador de nivel 1, operador nacional

Dimensionamiento Conservador:

Componente	Cantidad de VMs	Especificación de VMs	Capacidad por VM
P-CSCF	25	8 vCPU, 8 GB RAM	20,000 UEs cada uno
I-CSCF	4	4 vCPU, 8 GB RAM	2,000 reg/sec cada uno
S-CSCF	4	8 vCPU, 8 GB RAM	150,000 IMPUs cada uno
Total VMs	**33**		
Capacidad Total			**500,000 suscriptores**

Dimensionamiento Recomendado:

Componente	Cantidad de VMs	Especificación de VMs	Capacidad por VM
P-CSCF	15	8 vCPU, 8 GB RAM	33,000 UEs cada uno
I-CSCF	2	4 vCPU, 8 GB RAM	5,000 reg/sec cada uno
S-CSCF	2	8 vCPU, 8 GB RAM	250,000 IMPUs cada uno
Total VMs	**19**		
Capacidad Total			**500,000 suscriptores**

Dimensionamiento Agresivo:

Componente	Cantidad de VMs	Especificación de VMs	Capacidad por VM
P-CSCF	10	8 vCPU, 8 GB RAM	50,000 UEs cada uno
I-CSCF	1	4 vCPU, 8 GB RAM	5,000 reg/sec
S-CSCF	1	8 vCPU, 8 GB RAM	500,000 IMPUs
Total VMs	**12**		
Capacidad Total			**500,000 suscriptores**

Alta Disponibilidad:

- P-CSCF activo-activo entre centros de datos.

- I-CSCF geo-redundante con DNS o BGP anycast.
- Múltiples instancias de S-CSCF con distribución de carga de I-CSCF.

Consideraciones para Implementación de VoWiFi

Con OmniePDG:

- La capacidad de P-CSCF aumenta significativamente (sin sobrecarga de IPsec en P-CSCF).
- ePDG maneja la terminación del túnel IPsec.
- P-CSCF puede soportar 100,000+ usuarios de VoWiFi (limitado por CPU/red, no por IPsec).

Arquitectura:

```
VoWiFi UE → (IPsec) → OmniePDG → (SIP) → P-CSCF → I-CSCF → S-CSCF
VoLTE UE → (IPsec) → P-CSCF → I-CSCF → S-CSCF
```

Recomendación: Para grandes implementaciones de VoWiFi (>50K usuarios), despliega instancias dedicadas de P-CSCF detrás de OmniePDG sin el módulo IPsec cargado para un máximo rendimiento.

Optimización del Rendimiento

OmniCall CSCF se entrega pre-optimizado para uso en producción. La afinación del rendimiento es manejada por la ingeniería de OmniCall durante la implementación.

Configuración Estándar de VM

Todas las VMs de OmniCall CSCF están configuradas con:

- **SO**: Ajuste del kernel de Linux para alto rendimiento de red.

- **Memoria**: Asignación de memoria compartida optimizada para tablas hash y estado de sesión.
- **Red**: Ajuste de la pila TCP/IP para tráfico SIP y Diameter.

Ajustes Específicos de Implementación

Para ajustes personalizados basados en tus requisitos específicos de implementación, contacta al soporte de OmniCall. Los escenarios de ajuste comunes incluyen:

- **Alto volumen de llamadas**: Ajuste de procesos de trabajo y capacidad de diálogo.
- **Gran base de suscriptores**: Optimización de tablas hash de registro.
- **IFC compleja**: Ajuste de procesos de notificación para integración de Servidores de Aplicaciones.
- **Distribución geográfica**: Optimización de conmutación por error y redundancia.

Monitoreo y Alertas

Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs)

Métricas de P-CSCF

Métrica	Descripción	Umbral de Advertencia	Umbral Crítico
Conteo de SA IPsec	Asociaciones de seguridad activas	> 25,000	> 40,000
Utilización de Hash SPI	Porcentaje del rango de SPI utilizado	> 70%	> 90%
Tasa de Registro	Solicitudes REGISTER/segundo	> 100/sec	> 500/sec
Carga de Hash de Contacto	Promedio de contactos por ranura de hash	> 20	> 50
Uso de Memoria	Consumo de memoria compartida	> 70%	> 90%

Consultas de Prometheus:

```
# Conteo de SA IPsec (desde el monitoreo de la tabla hash)
ipsec_sa_count{cscf="pcscf01"}

# Tasa de registro
rate(sip_register_requests_total{cscf="pcscf01"}[5m])
```

Métricas de S-CSCF

Métrica	Descripción	Umbral de Advertencia	Umbral Crítico
IMPUs Registrados	Total de usuarios registrados	> 300,000	> 450,000
Diálogos Activos	Sesiones de llamadas concurrentes	> 40,000	> 70,000
Carga de Hash de IMPU	Promedio de IMPUs por ranura de hash	> 50	> 100
Carga de Hash de Diálogo	Promedio de diálogos por ranura de hash	> 10	> 20
Tiempo de Procesamiento de IFC	Tiempo promedio de evaluación de IFC	> 10 ms	> 50 ms

Consultas de Prometheus:

```
# Usuarios registrados
impu_registered_count{cscf="scscf01"}

# Diálogos activos
dialog_active_count{cscf="scscf01"}
```

Métricas de I-CSCF

Métrica	Descripción	Umbral de Advertencia	Umbral Crítico
TPS de Registro	Transacciones REGISTER/segundo	> 1,000/sec	> 2,000/sec
Latencia de Consulta HSS	Tiempo de respuesta de Diameter Cx	> 50 ms	> 200 ms
Tasa de Fallo de HSS	Porcentaje de consultas HSS fallidas	> 1%	> 5%

Comprobaciones de Salud

Monitoreo de Salud del Sistema: OmniCall CSCF exporta métricas de salud completas a través del panel de control y puntos finales de Prometheus (`http://<host>:9090/metrics`). Monitorea:

- Conteos de SA IPsec (P-CSCF)
- Conteos de registro (P-CSCF, S-CSCF)
- Conteos de diálogos activos (S-CSCF)
- Utilización de memoria
- Utilización de CPU

Para una lista completa de todas las métricas disponibles, consulta la **Referencia de Métricas**.

Reglas de Alerta (Prometheus/Alertmanager)

```yaml
groups:
  - name: cscf_capacity
    rules:
      - alert: PCSCFIPsecSAHigh
        expr: ipsec_sa_count > 40000
        for: 5m
        annotations:
          summary: "P-CSCF {{ $labels.instance }} tiene un alto
conteo de SA IPsec"

      - alert: SCSCFRegistrationHigh
        expr: impu_registered_count > 450000
        for: 10m
        annotations:
          summary: "S-CSCF {{ $labels.instance }} acercándose a la
capacidad de registro"

      - alert: SCSCFDialogHigh
        expr: dialog_active_count > 70000
        for: 5m
        annotations:
          summary: "S-CSCF {{ $labels.instance }} tiene un alto
conteo de diálogos activos"
```

Apéndice: Metodología de Planificación de Capacidad

Esta guía de dimensionamiento se basa en:

1. **Implementaciones en Producción**: Análisis de implementaciones reales de OmniCall CSCF que van desde 5K hasta 500K+ suscriptores.
2. **Pruebas de Rendimiento**: Pruebas de carga y benchmarking en varias configuraciones de hardware.

3. **Normas 3GPP**: Cumplimiento con las especificaciones 3GPP para capacidad y rendimiento de IMS.
4. **Análisis de Ingeniería**: Revisión técnica detallada de la arquitectura de CSCF y utilización de recursos.

Validación: Todos los números de capacidad han sido validados en redes de operadores en producción.

Resumen: Escala Ilimitada a Través del Escalado Horizontal

Puntos Clave

1. **Sin Límites Estrictos en la Capacidad Total**: Los límites por instancia documentados en esta guía son **directrices conservadoras**, no techos absolutos. La capacidad total de la red es ilimitada a través del escalado horizontal.

2. **Modelo de Escalado Simple**:

   ```
   ¿Necesitas más capacidad? → Despliega más instancias
   ¿Alcanzaste un límite por instancia? → Agrega otra instancia
   ¿El tráfico está creciendo? → Activa más VMs
   ```

3. **Probado a Gran Escala**: Las implementaciones de OmniCall CSCF varían desde:

   - Pequeños MVNOs: 5K-10K suscriptores en 3-5 VMs.
   - Operadores regionales: 50K-200K suscriptores en 10-30 VMs.
   - Operadores de nivel 1: 1M+ suscriptores en 100+ VMs.

4. **Crecimiento Rentable**: Escala de manera incremental con hardware de consumo en lugar de costosas actualizaciones masivas. Agrega capacidad a medida que crece el ingreso.

5. **Directrices, No Reglas**: Los números de capacidad en este documento son:
    - □ Estimaciones conservadoras con margen incorporado.
    - □ Basadas en análisis de código fuente y experiencia en producción.
    - □ Puntos de partida útiles para la planificación.
    - □ NO límites estrictos que no se pueden superar.
    - □ NO prescripciones de talla única.

Ejemplo de Escalado en el Mundo Real

Escenario: Creciendo de 10K a 1M suscriptores en 3 años

Año	Suscriptores	P-CSCF	I-CSCF	S-CSCF	Acción
Año 0	10,000	1	1	1	Implementación inicial (3 VMs)
Año 1	50,000	2	2	2	Crecimiento 2x: Agregar 3 VMs
Año 1.5	100,000	4	3	3	Crecimiento 2x: Agregar 4 VMs
Año 2	250,000	8	4	5	Crecimiento 2.5x: Agregar 6 VMs
Año 3	500,000	15	6	8	Crecimiento 2x: Agregar 13 VMs
Futuro	1,000,000	30	10	10	Crecimiento 2x: Agregar 24 VMs

Inversión Total: Adiciones incrementales de VM a medida que crecen los ingresos, no un gran CapEx inicial.

Cuándo Agregar Instancias

Monitorea estas señales para saber cuándo escalar horizontalmente:

P-CSCF:

- Conteo de SA IPsec consistentemente >30K (>70% de la capacidad recomendada).
- Utilización de CPU >70% durante la hora pico.
- Tiempos de respuesta de registro >500ms.

S-CSCF:

- Conteo de IMPU consistentemente >250K (>70% de la capacidad recomendada).
- Conteo de diálogos acercándose a 50K concurrentes.
- Utilización de CPU >70% durante la hora pico.

I-CSCF:

- Tasa de solicitudes consistentemente >2,000/sec por instancia.
- Utilización de CPU >80% durante la hora pico.
- Aumento de la latencia de consultas HSS.

Acción: Agrega 1-2 instancias proactivamente antes de alcanzar los límites. El escalado horizontal es un seguro económico contra problemas de capacidad.

Filosofía de Configuración

Comienza Conservador, Ajusta a Medida que Creces:

1. Comienza con configuraciones recomendadas de esta guía.
2. Monitorea métricas de producción (ver Monitoreo).
3. Ajusta tamaños de hash y procesos de trabajo según la carga real.
4. Agrega instancias antes de alcanzar el 80% de los límites de capacidad observados.
5. Prueba configuraciones en staging antes de la implementación en producción.

Recuerda: Estas directrices proporcionan un punto de partida probado, pero cada implementación es única. Tu capacidad real puede ser mayor o menor dependiendo de tu entorno específico, patrones de tráfico y requisitos.

Guía de Operaciones del I-CSCF

Tabla de Contenidos

1. Descripción General
2. Rol en la Arquitectura IMS
3. Funciones del I-CSCF
4. Operaciones de la Interfaz Web
5. Flujos de Llamadas
6. Solución de Problemas

Descripción General

El **I-CSCF** (Interrogating Call Session Control Function) sirve como el punto de entrada a la red de un operador IMS desde redes externas y desde el P-CSCF. Su responsabilidad principal es consultar el HSS (Home Subscriber Server) para descubrir el S-CSCF apropiado para un usuario y ocultar la topología interna de la red a entidades externas.

Especificaciones 3GPP

- **3GPP TS 23.228**: Subsistema Multimedia IP (IMS) Etapa 2
- **3GPP TS 24.229**: Protocolo de Control de Llamadas IMS
- **3GPP TS 29.228**: Interfaz Cx (I-CSCF a HSS)
- **3GPP TS 29.229**: Protocolo Cx

Responsabilidades Clave

1. **Interrogación del HSS**: Consulta al HSS para la ubicación del usuario y la asignación del S-CSCF

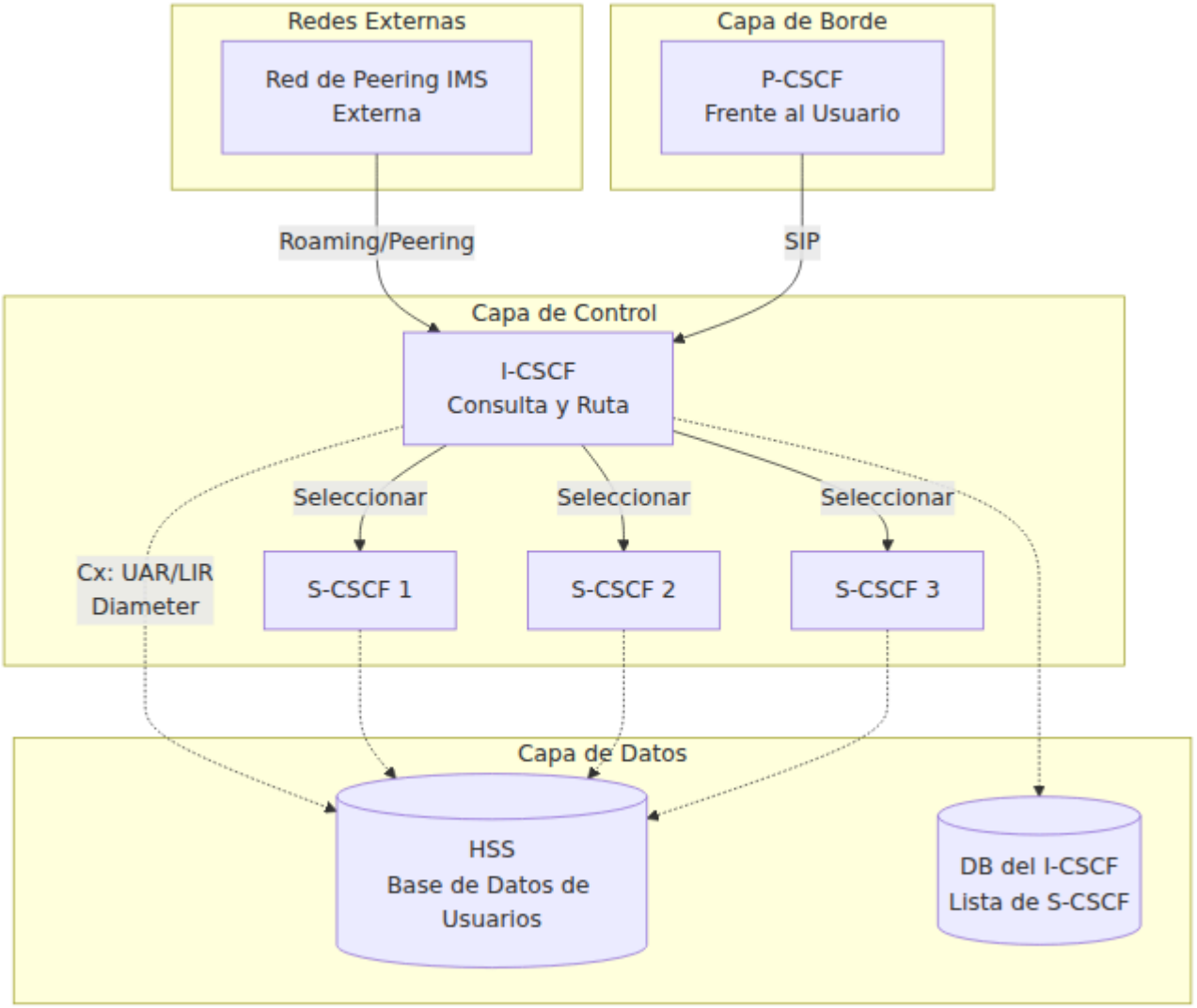
2. **Selección del S-CSCF**: Elige el S-CSCF apropiado basado en capacidades
3. **Ocultación de Topología**: Protege las direcciones internas del S-CSCF de la vista externa
4. **Balanceo de Carga**: Distribuye la carga entre múltiples instancias de S-CSCF
5. **Proxy de Enrutamiento**: Enruta solicitudes al S-CSCF seleccionado
6. **Punto de Entrada de la Red**: Primer salto para mensajes SIP externos

Características Clave

- **Operación Sin Estado**: Retención mínima de estado
- **Cliente Diameter**: Interfaz Cx al HSS
- **Sin Manejo de Medios**: Proxy de señalización puro
- **Sin Autenticación**: Delegado al S-CSCF
- **Alto Rendimiento**: Optimizado para consulta y reenvío

Rol en la Arquitectura IMS

Posición en la Red



Puntos de Referencia 3GPP

Interfaz	Protocolo	Propósito	Conectado A
Mw	SIP	P-CSCF/Externo a I-CSCF	P-CSCF, IMS Externo
Mw	SIP	I-CSCF a S-CSCF	S-CSCF
Cx	Diameter	Consultas de datos de usuario	HSS

Funciones del I-CSCF

1. Interrogación del HSS (Interfaz Cx)

El I-CSCF utiliza la interfaz Cx de Diameter para consultar el HSS para dos operaciones principales:

Solicitud de Autorización de Usuario (UAR)

Utilizado durante **REGISTER** para determinar qué S-CSCF debe atender al usuario.

Propósito:

- Verificar si el usuario puede registrarse
- Obtener el nombre del S-CSCF si ya está asignado
- Obtener las capacidades del S-CSCF si no está asignado

Comando Diameter:

```
UAR (User-Authorization-Request)
  Session-Id
  Vendor-Specific-Application-Id
    Vendor-Id: 10415 (3GPP)
    Auth-Application-Id: 16777216 (Cx)
  Auth-Session-State: NO_STATE_MAINTAINED
  Origin-Host: icscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
  Origin-Realm: ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
  Destination-Realm: ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
  User-Name: sip:user@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
  Public-Identity: sip:user@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
  Visited-Network-Identifier: ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
  UAR-Flags: 0
```

Respuesta del HSS (UAA):

```
UAA (User-Authorization-Answer)
  Result-Code: 2001 (DIAMETER_SUCCESS)
  Experimental-Result-Code: 2001 (FIRST_REGISTRATION)
  Server-Name: sip:scscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
  Server-Capabilities:
    Mandatory-Capability: 1
    Optional-Capability: 2
    Server-Name: sip:scscf-
backup.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
```

Códigos de Resultado:

- `2001`: Éxito (usuario autorizado)
- `5003`: Usuario Desconocido
- `5004`: Las Identidades No Coinciden
- `5042`: No Hay S-CSCF Disponible

Solicitud de Información de Ubicación (LIR)

Utilizado para **INVITE** y otras solicitudes para encontrar qué S-CSCF está atendiendo actualmente al usuario.

Propósito:

- Encontrar el S-CSCF que atiende a un usuario registrado
- Enrutar correctamente las llamadas terminantes

Comando Diameter:

```
LIR (Location-Info-Request)
  Session-Id
  Vendor-Specific-Application-Id
    Vendor-Id: 10415 (3GPP)
    Auth-Application-Id: 16777216 (Cx)
  Auth-Session-State: NO_STATE_MAINTAINED
  Origin-Host: icscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
  Origin-Realm: ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
  Destination-Realm: ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
  Public-Identity: sip:user@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
  Originating-Request: 0  # 0=terminating, 1=originating
```

Respuesta del HSS (LIA):

```
LIA (Location-Info-Answer)
  Result-Code: 2001 (DIAMETER_SUCCESS)
  Server-Name: sip:scscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
```

Códigos de Resultado:

- `2001`: Éxito (usuario registrado, S-CSCF devuelto)
- `5401`: Usuario No Registrado
- `5003`: Usuario Desconocido

2. Selección del S-CSCF

Cuando el HSS no devuelve un S-CSCF específico (por ejemplo, primer registro), el I-CSCF debe seleccionar uno basado en **coincidencia de capacidades**.

Algoritmo de Coincidencia de Capacidades

1. **Recuperar capacidades** del HSS UAA
2. **Consultar base de datos local** para S-CSCFs disponibles

3. **Coincidir capacidades obligatorias** (todas deben coincidir)
4. **Coincidir capacidades opcionales** (mejor esfuerzo)
5. **Aplicar balanceo de carga** si hay múltiples coincidencias
6. **Seleccionar S-CSCF** con mejor ajuste

Estructura de la Base de Datos del S-CSCF

El I-CSCF mantiene una base de datos con dos tablas relacionadas:

Tabla S-CSCF: Almacena información sobre los servidores S-CSCF disponibles:

- **ID**: Identificador único para cada S-CSCF
- **Nombre**: Nombre descriptivo (por ejemplo, "S-CSCF Primario")
- **URI del S-CSCF**: URI SIP del S-CSCF (por ejemplo, sip:scscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org:5060;transport=tcp)

Tabla de Capacidades del S-CSCF: Mapea los S-CSCF a sus capacidades soportadas:

- **ID**: Identificador único para el mapeo de capacidades
- **ID del S-CSCF**: Referencia al S-CSCF en la primera tabla
- **Capacidad**: ID de capacidad entera que este S-CSCF soporta

Ejemplo de Configuración: Una implementación típica podría tener:

- S-CSCF #1: "S-CSCF Primario" con URI sip:scscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org:5060
  - Soporta capacidad 0 (capacidad obligatoria)
  - Soporta capacidad 1 (capacidad opcional)

Puedes ver la lista actual de S-CSCF a través de: Interfaz Web → I-CSCF → pestaña Lista de S-CSCF

La lista de S-CSCF muestra los servidores S-CSCF disponibles y sus capacidades para balanceo de carga y asignación.

Lógica de Selección

Proceso de Selección del S-CSCF: El I-CSCF realiza la selección del S-CSCF basada en capacidades utilizando la siguiente lógica:

1. **Extraer Capacidades**: Recupera los requisitos de capacidades obligatorias y opcionales de la respuesta del HSS UAA (Respuesta de Autorización de Usuario) y los almacena en variables AVP

2. **Consulta a la Base de Datos**: Consulta la base de datos con los requisitos de capacidades para encontrar servidores S-CSCF que coincidan con las capacidades requeridas

3. **Manejo de Resultados**:

    - Si se encuentra un S-CSCF coincidente, la URI se almacena en $avp(scscf_uri) y se establece como la URI de destino ($du) para el reenvío de la solicitud
    - Si no hay S-CSCF coincidente disponible, responde a la solicitud original con 503 Servicio No Disponible

3. Ocultación de Topología

El I-CSCF oculta las direcciones internas del S-CSCF de las redes externas mediante:

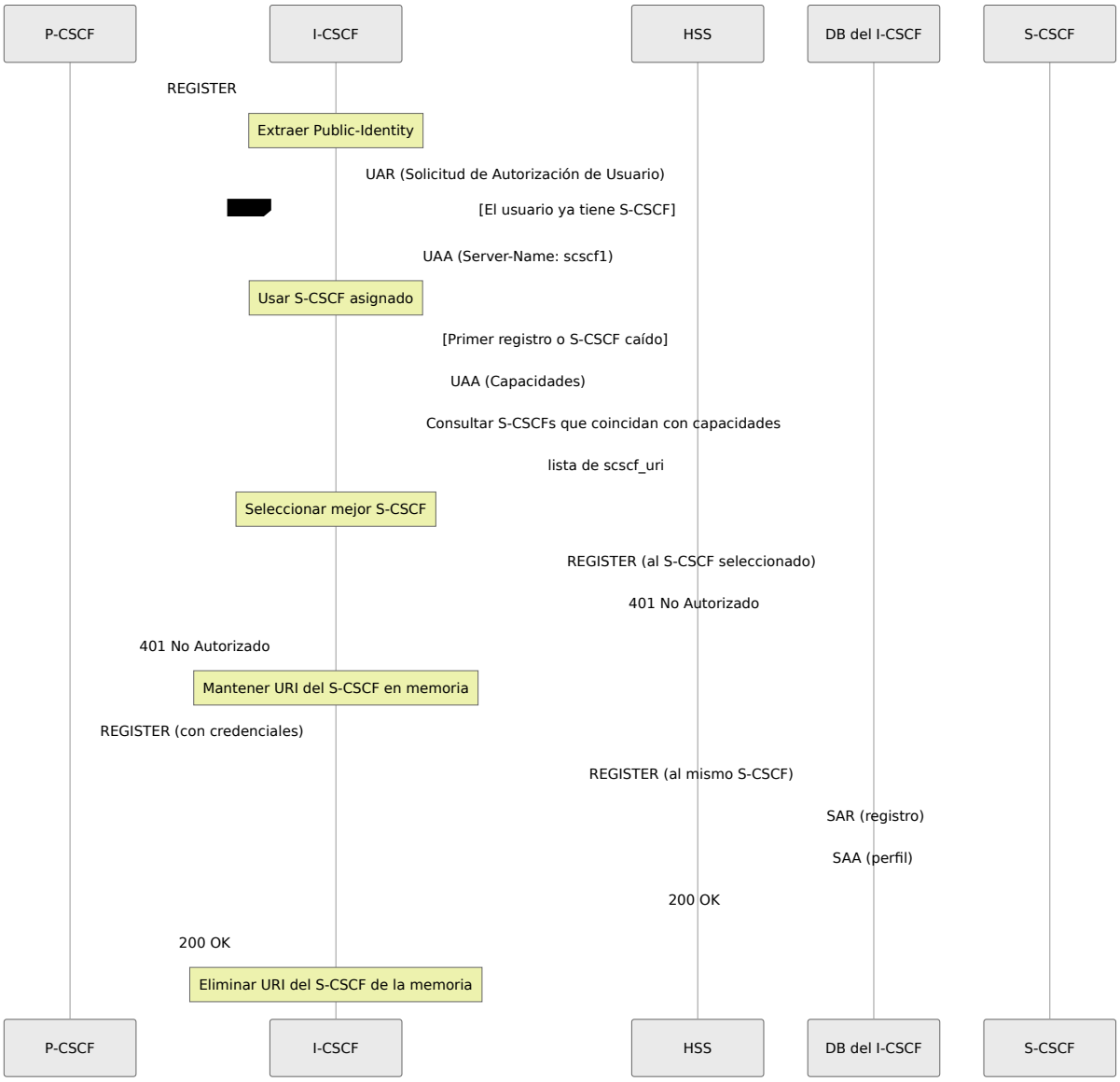
1. **Eliminación de Record-Route**: No agrega el encabezado Record-Route
2. **Proxy de respuestas**: Elimina los encabezados Via que revelan el S-CSCF
3. **Reescritura de contacto**: (opcional) Reemplaza el contacto del S-CSCF con el I-CSCF
4. **Eliminación de ruta**: Elimina la información de ruta interna

Ejemplo:

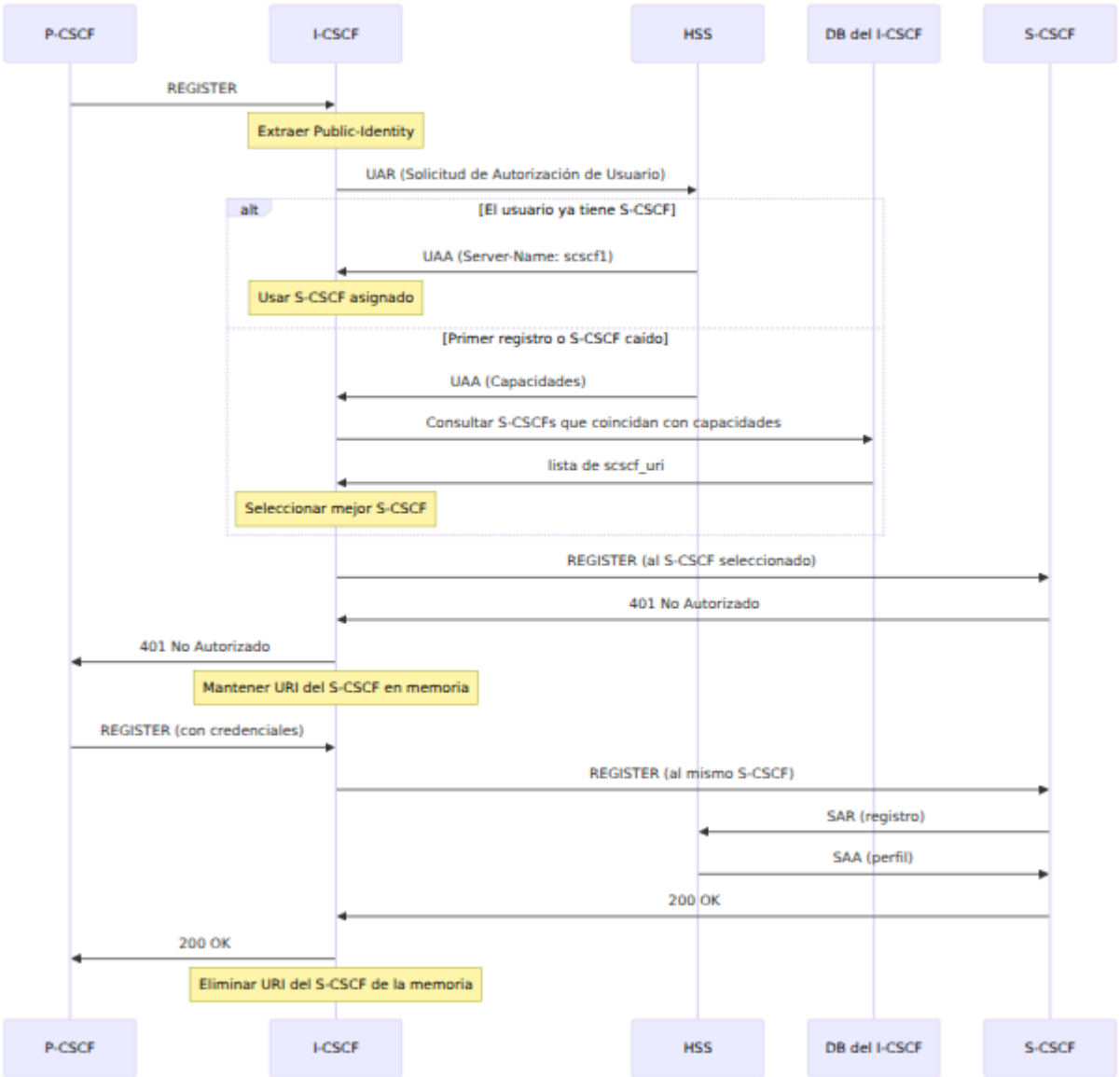
```
El externo ve:
  Via: SIP/2.0/UDP icscf.example.com:5060

La realidad interna:
  Via: SIP/2.0/UDP scscf.example.com:5060
  Via: SIP/2.0/UDP icscf.example.com:5060
```

4. Lógica de Enrutamiento

Procesamiento de REGISTER



Procesamiento de INVITE (Terminante)



5. NDS (Seguridad de Dominio de Red)

El I-CSCF mantiene una lista de **dominios de confianza** para la seguridad interoperadora.

Base de Datos de Dominios de Confianza: Contiene una lista de nombres de dominio que son de confianza para la comunicación inter-operadora:

- **ID**: Identificador único para cada dominio de confianza
- **Dominio de Confianza**: Nombre de dominio (por ejemplo, "ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org")

Ejemplo de Configuración: Una implementación típica incluye el dominio IMS local y cualquier dominio de socio de peering:

- ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org (red local)
- ims.mnc002.mcc001.3gppnetwork.org (socio de roaming)

Propósito:

- Validar solicitudes entrantes de redes de peering
- Aplicar políticas de seguridad basadas en relaciones de confianza
- Implementar limitación de tasa por dominio
- Controlar qué redes externas pueden acceder al núcleo IMS

Puedes ver los dominios de confianza a través de: Interfaz Web → I-CSCF → pestaña Dominios de Confianza

6. Failover y Balanceo de Carga

Failover del S-CSCF

Condiciones de Activación - El failover al siguiente S-CSCF se activa por:

- 408 Tiempo de Espera de Solicitud
- Respuestas de Error del Servidor 5xx
- Respuestas de Fallo Global 6xx (excepto 600 Ocupado en Todas Partes, que indica rechazo del usuario en lugar de fallo del servidor)

Lógica de Failover: El I-CSCF implementa failover automático utilizando una ruta de fallo:

1. **Verificación de Estado**: Cuando se recibe una respuesta, verifica si el código de estado coincide con los criterios de failover (408, 5xx o 6xx)

2. **Selección del S-CSCF Siguiente**: Si se activa el failover, selecciona el siguiente S-CSCF disponible de la lista

3. **Reintentar o Fallar**:

    - Si hay otro S-CSCF disponible, reenvía la solicitud a él
    - Si todos los S-CSCF han sido probados y fallaron, responde con 503 Servicio No Disponible al originador

Gestión de Lista de S-CSCF Stateful:

- La lista de S-CSCF candidatos se mantiene en la memoria de transacción
- La posición en la lista se mantiene a través de múltiples intentos
- La lista se borra cuando se recibe una respuesta final exitosa (éxito 2xx o error del cliente 4xx)
- La lista se preserva al recibir 401 No Autorizado (desafío de autenticación), ya que el mismo S-CSCF debe manejar la solicitud autenticada subsiguiente

Balanceo de Carga

Configuración de Balanceo de Carga:

Cuando múltiples S-CSCFs soportan las mismas capacidades:

- S-CSCF 1: sip:scscf1.example.com:5060 - capacidad 0
- S-CSCF 2: sip:scscf2.example.com:5060 - capacidad 0
- S-CSCF 3: sip:scscf3.example.com:5060 - capacidad 0

El I-CSCF utiliza selección **round-robin** o **aleatoria** para distribuir la carga de manera uniforme entre todos los S-CSCF coincidentes.

Ver la distribución de carga a través de: Interfaz Web → I-CSCF → Lista de S-CSCF (muestra todos los servidores configurados)

Operaciones de la Interfaz Web

Accediendo a la Página del I-CSCF

Navega a: `https://<control-panel>/icscf`

Diseño de la Página

La página del I-CSCF tiene cuatro pestañas principales:

1. **Servidores S-CSCF** - S-CSCFs y capacidades configuradas
2. **Dominios de Confianza NDS** - Seguridad de dominio de red

3. **Sesiones** - Sesiones activas del I-CSCF con selección de S-CSCF
4. **Tablas Hash** - Tablas de memoria compartida

Visualizando Servidores S-CSCF

Propósito: Ver qué S-CSCFs están disponibles para la asignación de usuarios

Columnas de Visualización:

- **ID**: ID de la base de datos
- **Nombre**: Nombre descriptivo
- **URI del S-CSCF**: URI SIP del S-CSCF
- **Capacidades**: IDs de capacidades separados por comas

Ejemplo de Salida:

```
ID   Nombre                    URI del S-CSCF
Capacidades
1    S-CSCF Primario
sip:scscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org:5060   0, 1
2    S-CSCF Secundario
sip:scscf2.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org:5060  0, 1
```

Operaciones:

- Ver lista de S-CSCFs
- Verificar capacidades configuradas
- Verificar URIs del S-CSCF

Nota: Para agregar/modificar S-CSCFs, coordinar con los administradores del sistema. Las nuevas entradas de S-CSCF requieren:

- Un nombre (etiqueta descriptiva como "Nuevo S-CSCF")
- La URI del S-CSCF (por ejemplo, sip:scscf3.example.com:5060;transport=tcp)
- IDs de capacidades asociadas (por ejemplo, capacidades 0 y 1)

Visualizando Dominios de Confianza NDS

Propósito: Monitorear qué dominios de red son de confianza para el peering

Columnas de Visualización:

- **ID**: ID de la base de datos
- **Dominio de Confianza**: FQDN de la red de confianza

Ejemplo de Salida:

```
ID   Dominio de Confianza
1    ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
2    ims.mnc002.mcc001.3gppnetwork.org
3    carrier.example.com
```

Operaciones:

- Ver dominios de confianza
- Verificar relaciones de peering

Agregar Dominios de Confianza: Coordinar con los administradores del sistema para agregar nuevos dominios de confianza. Cada entrada requiere el nombre de dominio completamente calificado (FQDN) de la red de confianza (por ejemplo, partner.example.com).

Monitoreo de Sesiones Activas

Propósito: Ver en tiempo real la toma de decisiones del I-CSCF y la selección del S-CSCF

Información de Visualización:

- **Call-ID**: SIP Call-ID
- **Identidad del Usuario**: Identidad pública que se está consultando
- **S-CSCF Seleccionado**: Qué S-CSCF fue elegido
- **Coincidencia de Capacidades**: Capacidades que coincidieron
- **Resultado UAR/LIR**: Código de resultado de Diameter

- **Marca de Tiempo**: Cuándo se creó la sesión

Casos de Uso:

1. Verificar que la selección del S-CSCF esté funcionando
2. Solucionar problemas de enrutamiento
3. Monitorear la distribución de carga entre S-CSCFs
4. Analizar la coincidencia de capacidades

Ejemplo:

```
Call-ID: 3c26700857a87f84@10.4.12.165
Usuario: sip:12015551234@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
S-CSCF Seleccionado:
sip:scscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org:5060
Capacidades: mandatory=[0,1], optional=[]
Operación: UAR (Registro)
Resultado: 2001 (FIRST_REGISTRATION)
Marca de Tiempo: 2025-11-29 14:35:22
```

Gestión de Tablas Hash

Similar al P-CSCF, el I-CSCF puede usar tablas hash para almacenamiento en caché o lógica personalizada.

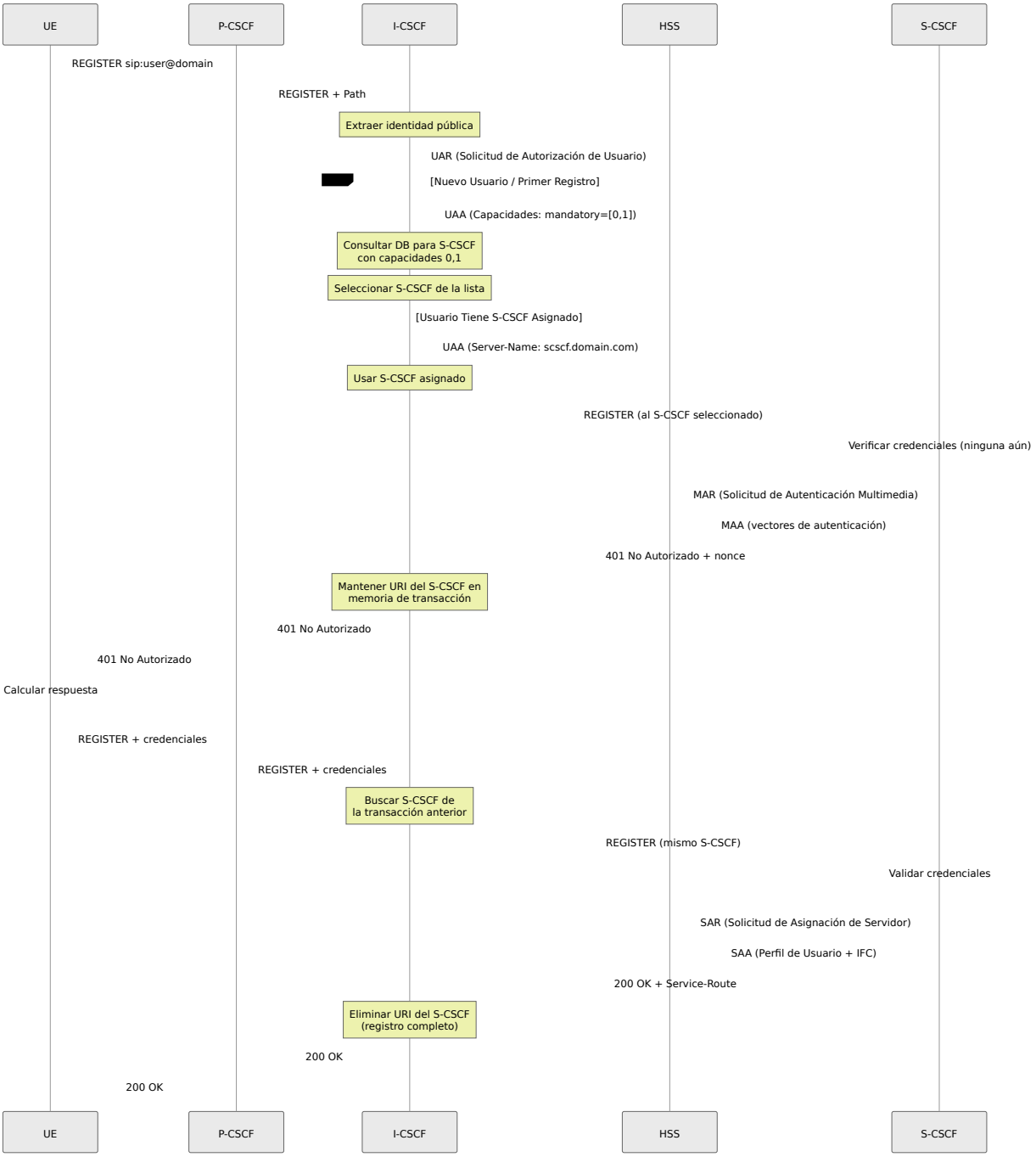
Casos de Uso Comunes:

- Almacenar en caché resultados de UAR/LIR (TTL corto)
- Limitación de tasa por IP de origen
- Decisiones de enrutamiento personalizadas

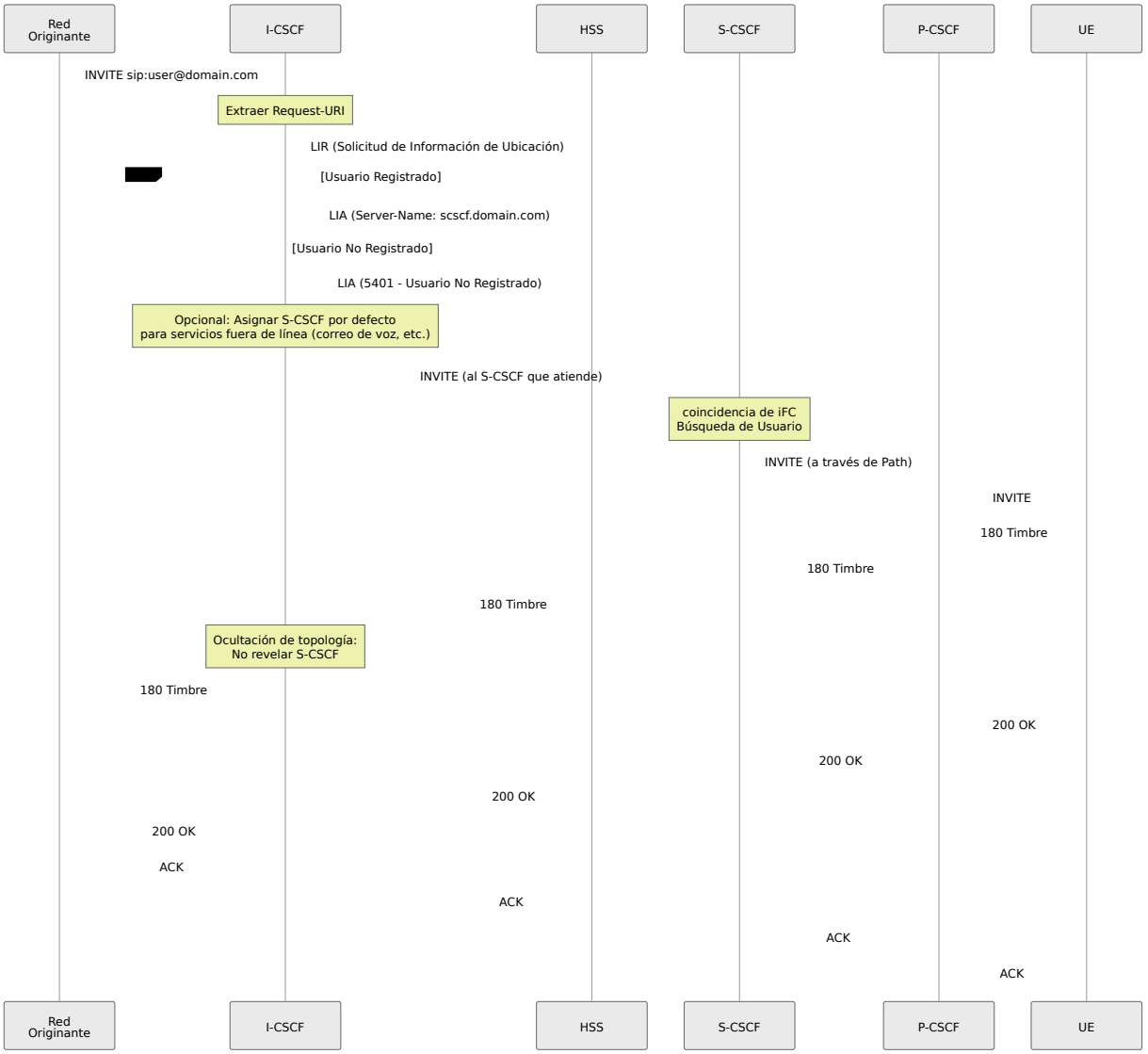
Operaciones: Igual que en P-CSCF (listar, volcar, eliminar, limpiar)

Flujos de Llamadas

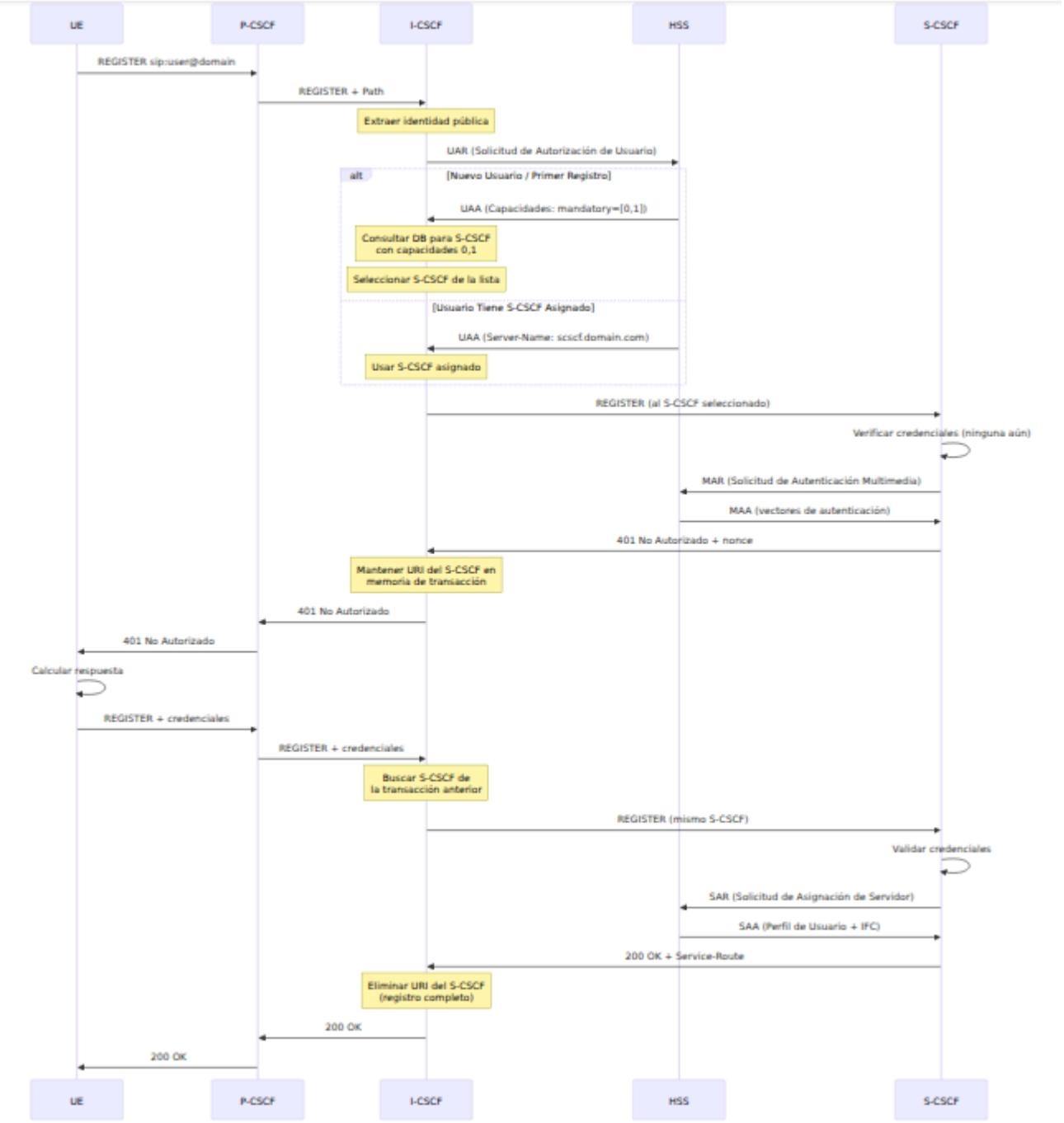
Flujo de Registro con I-CSCF



Flujo de Llamada Terminante a través del I-CSCF



Flujo de Failover del S-CSCF



Solución de Problemas

Problemas de Conectividad con el HSS

Peer de Diameter Cerrado

Síntomas: No se puede consultar el HSS, todos los registros fallan

Pasos de Diagnóstico:

1. Verificar el estado del peer de Diameter en la Interfaz Web:
    - Navegar a la página de Diameter
    - Seleccionar el nodo I-CSCF
    - Verificar el estado del peer HSS
2. Verificar la conectividad de red al HSS (coordinar con el equipo de red si es necesario)
3. Intentar habilitar el peer a través del panel de control:
    - Navegar a la página de Diameter
    - Encontrar el peer HSS
    - Hacer clic en el botón "Habilitar"
4. Revisar los registros del sistema a través de la página de registros del panel de control para mensajes CER/CEA (Intercambio de Capacidades) y errores de Diameter
5. Coordinar con los administradores del sistema para verificar la configuración de Diameter si es necesario

Tiempo de Espera de UAR/LIR

Síntomas: Registros/llamadas con tiempo de espera, los registros muestran tiempo de espera de Diameter

Causas Posibles:

- HSS sobrecargado
- Latencia de red
- Dominio de enrutamiento incorrecto
- HSS no responde a este I-CSCF

Soluciones:

1. Revisar los registros del sistema para errores de tiempo de espera de Diameter

2. Verificar que el peer HSS esté conectado a través del panel de control (página de Diameter)

3. Coordinar con los administradores del sistema para:

    - Aumentar el tiempo de espera de transacción de Diameter si es necesario
    - Verificar la configuración del dominio de destino
    - Revisar los registros del HSS si son accesibles

4. Monitorear el flujo de mensajes de Diameter a través de la página de registros del panel de control

5. Coordinar con el equipo de red para verificar que no haya latencia de red o problemas de enrutamiento hacia el HSS

Problemas de Selección del S-CSCF

No se Seleccionó S-CSCF

Síntomas: 503 Servicio No Disponible, los registros muestran "No hay S-CSCF disponible"

Pasos de Diagnóstico:

1. Verificar la lista de S-CSCF a través del panel de control:

    - Navegar a I-CSCF → pestaña Servidores S-CSCF
    - Verificar que los S-CSCF estén configurados con capacidades apropiadas

2. Revisar los registros del sistema para capacidades UAA (Respuesta de Autorización de Usuario) del HSS

3. Verificar la coincidencia de capacidades entre lo que devuelve el HSS y lo que está configurado en la base de datos del I-CSCF

4. Coordinar con los administradores del sistema para:

    - Verificar la conectividad de la base de datos

    - Agregar entradas de S-CSCF faltantes si es necesario
    - Verificar que la configuración de capacidades coincida con las expectativas del HSS

Se Seleccionó el S-CSCF Incorrecto

Síntomas: Las llamadas se enrutan a un S-CSCF inesperado

Causas Posibles:

- Desajuste de capacidades
- Problema de balanceo de carga
- Base de datos desincronizada con el HSS

Soluciones:

1. Monitorear el seguimiento de sesiones a través del panel de control:
    - Navegar a I-CSCF → pestaña Sesiones
    - Revisar decisiones de selección de S-CSCF
2. Revisar los registros del sistema para verificar si el HSS está asignando un nombre específico de S-CSCF (lo que anularía la lógica de selección)
3. Verificar que la lista de S-CSCF de la base de datos del I-CSCF y las capacidades coincidan con las expectativas del HSS
4. Coordinar con los administradores del sistema para revisar la configuración de coincidencia de capacidades

Problemas de Enrutamiento

Solicitudes No Se Reenvían al S-CSCF

Síntomas: El I-CSCF recibe la solicitud pero no la reenvía

Pasos de Diagnóstico:

1. Revisar los registros del sistema a través de la página de registros del panel de control para errores de enrutamiento

2. Verificar que la URI de destino del S-CSCF se esté configurando correctamente (verificar registros para decisiones de enrutamiento)

3. Verificar la conectividad de red al S-CSCF (coordinar con el equipo de red)

4. Comprobar que el S-CSCF seleccionado sea realmente accesible y responda

5. Coordinar con los administradores del sistema para habilitar el registro de depuración si es necesario para un análisis más profundo

El S-CSCF Responde Pero el I-CSCF No Reenvía

Síntomas: Wireshark muestra respuesta al I-CSCF pero no se reenvía

Causas Posibles:

- Tiempo de espera de transacción
- Desajuste de encabezados Via
- Bucle de Record-Route

Soluciones:

1. Revisar los registros del sistema para errores de coincidencia de transacciones o detección de bucles

2. Verificar que los encabezados Via se estén procesando correctamente (verificar registros)

3. Coordinar con los administradores del sistema para:

    - Aumentar el tiempo de espera de transacción si es necesario
    - Verificar que no haya bucles de enrutamiento SIP

Problemas de Base de Datos

Conexión a la Base de Datos Perdida

Síntomas: "Error de conexión a la base de datos" en los registros

Soluciones:

1. Coordinar con los administradores del sistema para:
    - Verificar que el servicio de base de datos esté en ejecución
    - Probar la conectividad de la base de datos
    - Habilitar la reconexión automática si no está configurada
    - Reiniciar el servicio I-CSCF si es necesario

Desajuste de Esquema de Base de Datos

Síntomas: Errores SQL en los registros sobre columnas/tablas faltantes

Soluciones:

1. Coordinar con los administradores del sistema para:
    - Verificar que el esquema de la base de datos coincida con la estructura esperada
    - Comprobar que las tablas s_cscf, s_cscf_capabilities y nds_trusted_domains existan y tengan las columnas correctas
    - Volver a crear el esquema de la base de datos si es necesario

Mejores Prácticas

Alta Disponibilidad

1. **Desplegar múltiples instancias de I-CSCF**:
    - Usar DNS SRV para balanceo de carga
    - Cada instancia se conecta al mismo HSS
    - Compartir base de datos (solo lectura para la lista de S-CSCF)
2. **Configuración de DNS SRV**:

```
_sip._udp.ims.example.com. SRV 10 50 5060 icscf01.example.com.
_sip._udp.ims.example.com. SRV 10 50 5060 icscf02.example.com.
_sip._tcp.ims.example.com. SRV 10 50 5060 icscf01.example.com.
_sip._tcp.ims.example.com. SRV 10 50 5060 icscf02.example.com.
```

3. **Operación sin estado**: El I-CSCF no mantiene el estado del diálogo, lo que hace que el failover sea fluido

Ajuste de Rendimiento

1. **Procesos de trabajo**: Establecer un alto número de trabajadores para un rendimiento óptimo de consultas
    - children=64 (valor alto optimizado para la carga de trabajo pesada de consultas del I-CSCF)
    - tcp_children=8 para manejar conexiones TCP
2. **Agrupamiento de conexiones a la base de datos**: Usar conexiones persistentes para reducir la sobrecarga de conexión
3. **Deshabilitar características innecesarias** para reducir la sobrecarga de procesamiento:
    - Sin manejo de RTP (el I-CSCF es solo señalización)
    - Sin servicios de presencia
    - Registro mínimo en producción (configurado a nivel de información o advertencia solamente)
4. **Optimizar Diameter** para la interfaz Cx de alto rendimiento:
    - sessions_hash_size=4096 (tabla hash más grande para un mejor rendimiento de búsqueda de sesiones)
    - workers=4 (hilos de trabajo dedicados de Diameter para operaciones concurrentes de Cx)

Seguridad

1. **Validar dominios de confianza**: Verificar Via/P-Visited-Network-ID
2. **Limitación de tasa**: Prevenir ataques DoS en el HSS limitando consultas UAR/LIR por IP de origen
    - Usar el módulo pike para verificar la tasa de solicitudes

    - Si se excede el límite de tasa, responder con 503 Demasiadas Solicitudes
    - Protege al HSS de ser abrumado por inundaciones de consultas maliciosas

3. **TLS al HSS**: Usar Diameter sobre TLS (DTLS)

4. **Sanitizar encabezados**: Eliminar encabezados P no confiables de redes externas

Monitoreo

1. **Métricas Clave**:

    - Tasa de éxito de UAR
    - Tasa de éxito de LIR
    - Latencia promedio de consulta
    - Distribución de S-CSCF (balanceo de carga)
    - Tiempo de actividad del peer de Diameter

2. **Consultas de Prometheus**:

```
# Tasa de éxito de UAR
rate(icscf_uar_success[5m]) / rate(icscf_uar_total[5m])

# Latencia promedio de Diameter
rate(diameter_request_duration_sum[5m]) /
rate(diameter_request_duration_count[5m])
```

3. **Alertas**:

    - Peer de HSS caído
    - Todos los S-CSCFs no disponibles
    - Alta tasa de errores (>5%)

Mantenimiento de Base de Datos

El mantenimiento de la base de datos es manejado por los administradores del sistema. Las tareas clave de mantenimiento incluyen:

1. **Mantener la lista de S-CSCF actualizada**: Coordinar con los administradores para asegurar que la lista de S-CSCF en la base de datos coincida con las implementaciones reales
    - Verificar a través de la interfaz web: Navegar a I-CSCF → pestaña Lista de S-CSCF
    - Comprobar que todos los servidores S-CSCF activos estén listados con las capacidades correctas
2. **Purgar sesiones antiguas**: Si los resultados de UAR/LIR están almacenados en caché, las entradas antiguas deben limpiarse periódicamente

Referencia

Especificaciones 3GPP

- **TS 23.228**: Arquitectura IMS
- **TS 29.228**: Interfaz Cx (I-CSCF a HSS)
- **TS 29.229**: Protocolo Cx/Dx

RFCs de Diameter

- **RFC 6733**: Protocolo Base de Diameter
- **RFC 7155**: Traversal de NAT de Diameter

Referencia de Métricas IMS CSCF

Este documento proporciona una referencia completa para todas las métricas exportadas por los componentes P-CSCF, I-CSCF y S-CSCF.

Acceso a Métricas

Todos los componentes CSCF exponen métricas de Prometheus en el puerto 9090:

```
http://<host>:9090/metrics
```

Cada host CSCF (P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF) exporta sus propias métricas. Configure su servidor Prometheus para recopilar datos de todos los hosts para una cobertura de monitoreo completa.

Ejemplo de Configuración de Prometheus:

```yaml
scrape_configs:
  - job_name: 'cscf_pcscf'
    static_configs:
      - targets: ['pcscf1.example.com:9090',
'pcscf2.example.com:9090']

  - job_name: 'cscf_icscf'
    static_configs:
      - targets: ['icscf1.example.com:9090']

  - job_name: 'cscf_scscf'
    static_configs:
      - targets: ['scscf1.example.com:9090',
'scscf2.example.com:9090']
```

Para obtener orientación operativa sobre monitoreo y alertas, consulte:

- Guía de Operaciones de la Interfaz Web
- Guía de Capacidad y Dimensionamiento

Monitoreo a Través del Panel de Control

El Panel de Control CSCF de OmniCall proporciona visibilidad en tiempo real del estado operativo que genera estas métricas. Mientras que las métricas se exportan a través de Prometheus para análisis históricos y alertas, el panel de control muestra el estado actual de registros, diálogos y pares de Diameter.

Gestión de S-CSCF

Vea los registros activos y los datos de ubicación de usuarios:

El conteo de registros visible en la interfaz corresponde a métricas como `ims_usrloc_scscf_active_impus` y `ims_usrloc_scscf_active_contacts`.

Monitoreo de Pares de Diameter

Monitoree el estado de los pares de Diameter y las longitudes de cola:

La longitud de la cola mostrada aquí corresponde a la métrica `cdp_queuelength`. El estado del par "I_Open" indica conexiones saludables.

Cada par muestra las aplicaciones de Diameter soportadas. Por ejemplo:

- **16777216:10415 (Cx/Dx)** - Utilizado por I-CSCF y S-CSCF para comunicación HSS (UAR, LIR, MAR, SAR)
- **16777236:10415 (Rx)** - Utilizado por P-CSCF para la política de QoS de PCRF
- **4 (Ro)** - Utilizado por S-CSCF para carga en línea

Estos corresponden a métricas como `ims_icscf_uar_*`, `ims_icscf_lir_*`, `ims_auth_mar_*`, `ims_registrar_scscf_sar_*`, y `ims_qos_*`.

Métricas P-CSCF

Métricas CDP (Diameter)

Nombre de Métrica	Significado
`cdp_average_response_time`	Tiempo de respuesta promedio para solicitudes de Diameter en milisegundos (calculado como replies_response_time / replies_received)
`cdp_queuelength`	Longitud actual de la cola de tareas del trabajador de Diameter
`cdp_replies_received`	Número total de respuestas de Diameter recibidas
`cdp_replies_response_time`	Tiempo total gastado esperando respuestas de Diameter en milisegundos
`cdp_timeout`	Número de eventos de tiempo de espera en solicitudes de Diameter

Estadísticas SIP del Núcleo

Contadores de Solicitudes

Nombre de Métrica	Significado
`core_rcv_requests`	Número total de solicitudes SIP recibidas
`core_rcv_requests_ack`	Número de solicitudes ACK recibidas
`core_rcv_requests_bye`	Número de solicitudes BYE recibidas
`core_rcv_requests_cancel`	Número de solicitudes CANCEL recibidas
`core_rcv_requests_info`	Número de solicitudes INFO recibidas
`core_rcv_requests_invite`	Número de solicitudes INVITE recibidas
`core_rcv_requests_message`	Número de solicitudes MESSAGE recibidas
`core_rcv_requests_notify`	Número de solicitudes NOTIFY recibidas
`core_rcv_requests_options`	Número de solicitudes OPTIONS recibidas
`core_rcv_requests_prack`	Número de solicitudes PRACK recibidas
`core_rcv_requests_publish`	Número de solicitudes PUBLISH recibidas
`core_rcv_requests_refer`	Número de solicitudes REFER recibidas
`core_rcv_requests_register`	Número de solicitudes REGISTER recibidas
`core_rcv_requests_subscribe`	Número de solicitudes SUBSCRIBE recibidas
`core_rcv_requests_update`	Número de solicitudes UPDATE recibidas

Contadores de Respuestas (General)

Nombre de Métrica	Significado
`core_rcv_replies`	Número total de respuestas SIP recibidas
`core_rcv_replies_18x`	Número de respuestas provisionales 180/181/183/186/187/189 recibidas
`core_rcv_replies_1xx`	Número de respuestas 1xx (provisionales) recibidas
`core_rcv_replies_2xx`	Número de respuestas 2xx (éxito) recibidas
`core_rcv_replies_3xx`	Número de respuestas 3xx (redirección) recibidas
`core_rcv_replies_4xx`	Número de respuestas 4xx (error del cliente) recibidas
`core_rcv_replies_5xx`	Número de respuestas 5xx (error del servidor) recibidas
`core_rcv_replies_6xx`	Número de respuestas 6xx (fallo global) recibidas

Contadores de Respuestas por Método (1xx)

Nombre de Métrica	Significado
`core_rcv_replies_1xx_bye`	Número de respuestas 1xx a solicitudes BYE
`core_rcv_replies_1xx_cancel`	Número de respuestas 1xx a solicitudes CANCEL
`core_rcv_replies_1xx_invite`	Número de respuestas 1xx a solicitudes INVITE
`core_rcv_replies_1xx_message`	Número de respuestas 1xx a solicitudes MESSAGE
`core_rcv_replies_1xx_prack`	Número de respuestas 1xx a solicitudes PRACK
`core_rcv_replies_1xx_refer`	Número de respuestas 1xx a solicitudes REFER
`core_rcv_replies_1xx_reg`	Número de respuestas 1xx a solicitudes REGISTER
`core_rcv_replies_1xx_update`	Número de respuestas 1xx a solicitudes UPDATE

Contadores de Respuestas por Método (2xx)

Nombre de Métrica	Significado
`core_rcv_replies_2xx_bye`	Número de respuestas 2xx (éxito) a solicitudes BYE
`core_rcv_replies_2xx_cancel`	Número de respuestas 2xx (éxito) a solicitudes CANCEL
`core_rcv_replies_2xx_invite`	Número de respuestas 2xx (éxito) a solicitudes INVITE
`core_rcv_replies_2xx_message`	Número de respuestas 2xx (éxito) a solicitudes MESSAGE
`core_rcv_replies_2xx_prack`	Número de respuestas 2xx (éxito) a solicitudes PRACK
`core_rcv_replies_2xx_refer`	Número de respuestas 2xx (éxito) a solicitudes REFER
`core_rcv_replies_2xx_reg`	Número de respuestas 2xx (éxito) a solicitudes REGISTER
`core_rcv_replies_2xx_update`	Número de respuestas 2xx (éxito) a solicitudes UPDATE

Contadores de Respuestas por Método (3xx)

Nombre de Métrica	Significado
`core_rcv_replies_3xx_bye`	Número de respuestas 3xx (redirección) a solicitudes BYE
`core_rcv_replies_3xx_cancel`	Número de respuestas 3xx (redirección) a solicitudes CANCEL
`core_rcv_replies_3xx_invite`	Número de respuestas 3xx (redirección) a solicitudes INVITE
`core_rcv_replies_3xx_message`	Número de respuestas 3xx (redirección) a solicitudes MESSAGE
`core_rcv_replies_3xx_prack`	Número de respuestas 3xx (redirección) a solicitudes PRACK
`core_rcv_replies_3xx_refer`	Número de respuestas 3xx (redirección) a solicitudes REFER
`core_rcv_replies_3xx_reg`	Número de respuestas 3xx (redirección) a solicitudes REGISTER
`core_rcv_replies_3xx_update`	Número de respuestas 3xx (redirección) a solicitudes UPDATE

Contadores de Respuestas por Método (4xx)

Nombre de Métrica	Significado
`core_rcv_replies_4xx_bye`	Número de respuestas 4xx (error del cliente) a solicitudes BYE
`core_rcv_replies_4xx_cancel`	Número de respuestas 4xx (error del cliente) a solicitudes CANCEL
`core_rcv_replies_4xx_invite`	Número de respuestas 4xx (error del cliente) a solicitudes INVITE
`core_rcv_replies_4xx_message`	Número de respuestas 4xx (error del cliente) a solicitudes MESSAGE
`core_rcv_replies_4xx_prack`	Número de respuestas 4xx (error del cliente) a solicitudes PRACK
`core_rcv_replies_4xx_refer`	Número de respuestas 4xx (error del cliente) a solicitudes REFER
`core_rcv_replies_4xx_reg`	Número de respuestas 4xx (error del cliente) a solicitudes REGISTER
`core_rcv_replies_4xx_update`	Número de respuestas 4xx (error del cliente) a solicitudes UPDATE

Contadores de Respuestas por Método (5xx)

Nombre de Métrica	Significado
`core_rcv_replies_5xx_bye`	Número de respuestas 5xx (error del servidor) a solicitudes BYE
`core_rcv_replies_5xx_cancel`	Número de respuestas 5xx (error del servidor) a solicitudes CANCEL
`core_rcv_replies_5xx_invite`	Número de respuestas 5xx (error del servidor) a solicitudes INVITE
`core_rcv_replies_5xx_message`	Número de respuestas 5xx (error del servidor) a solicitudes MESSAGE
`core_rcv_replies_5xx_prack`	Número de respuestas 5xx (error del servidor) a solicitudes PRACK
`core_rcv_replies_5xx_refer`	Número de respuestas 5xx (error del servidor) a solicitudes REFER
`core_rcv_replies_5xx_reg`	Número de respuestas 5xx (error del servidor) a solicitudes REGISTER
`core_rcv_replies_5xx_update`	Número de respuestas 5xx (error del servidor) a solicitudes UPDATE

Contadores de Respuestas por Método (6xx)

Nombre de Métrica	Significado
`core_rcv_replies_6xx_bye`	Número de respuestas 6xx (fallo global) a solicitudes BYE
`core_rcv_replies_6xx_cancel`	Número de respuestas 6xx (fallo global) a solicitudes CANCEL
`core_rcv_replies_6xx_invite`	Número de respuestas 6xx (fallo global) a solicitudes INVITE
`core_rcv_replies_6xx_message`	Número de respuestas 6xx (fallo global) a solicitudes MESSAGE
`core_rcv_replies_6xx_prack`	Número de respuestas 6xx (fallo global) a solicitudes PRACK
`core_rcv_replies_6xx_refer`	Número de respuestas 6xx (fallo global) a solicitudes REFER
`core_rcv_replies_6xx_reg`	Número de respuestas 6xx (fallo global) a solicitudes REGISTER
`core_rcv_replies_6xx_update`	Número de respuestas 6xx (fallo global) a solicitudes UPDATE

Contadores de Códigos de Estado Específicos

Nombre de Métrica	Significado
`core_rcv_replies_400`	Número de respuestas 400 Bad Request recibidas
`core_rcv_replies_401`	Número de respuestas 401 Unauthorized recibidas
`core_rcv_replies_402`	Número de respuestas 402 Payment Required recibidas
`core_rcv_replies_403`	Número de respuestas 403 Forbidden recibidas
`core_rcv_replies_404`	Número de respuestas 404 Not Found recibidas
`core_rcv_replies_405`	Número de respuestas 405 Method Not Allowed recibidas
`core_rcv_replies_406`	Número de respuestas 406 Not Acceptable recibidas
`core_rcv_replies_407`	Número de respuestas 407 Proxy Authentication Required recibidas
`core_rcv_replies_408`	Número de respuestas 408 Request Timeout recibidas
`core_rcv_replies_409`	Número de respuestas 409 Conflict recibidas
`core_rcv_replies_410`	Número de respuestas 410 Gone recibidas
`core_rcv_replies_411`	Número de respuestas 411 Length Required recibidas
`core_rcv_replies_413`	Número de respuestas 413 Request Entity Too Large recibidas

Nombre de Métrica	Significado
`core_rcv_replies_414`	Número de respuestas 414 Request-URI Too Long recibidas
`core_rcv_replies_415`	Número de respuestas 415 Unsupported Media Type recibidas
`core_rcv_replies_420`	Número de respuestas 420 Bad Extension recibidas
`core_rcv_replies_480`	Número de respuestas 480 Temporarily Unavailable recibidas
`core_rcv_replies_481`	Número de respuestas 481 Call/Transaction Does Not Exist recibidas
`core_rcv_replies_482`	Número de respuestas 482 Loop Detected recibidas
`core_rcv_replies_483`	Número de respuestas 483 Too Many Hops recibidas
`core_rcv_replies_484`	Número de respuestas 484 Address Incomplete recibidas
`core_rcv_replies_485`	Número de respuestas 485 Ambiguous recibidas
`core_rcv_replies_486`	Número de respuestas 486 Busy Here recibidas
`core_rcv_replies_487`	Número de respuestas 487 Request Terminated recibidas
`core_rcv_replies_488`	Número de respuestas 488 Not Acceptable Here recibidas
`core_rcv_replies_489`	Número de respuestas 489 Bad Event recibidas

Nombre de Métrica	Significado
`core_rcv_replies_491`	Número de respuestas 491 Request Pending recibidas
`core_rcv_replies_493`	Número de respuestas 493 Undecipherable recibidas

Estadísticas de Reenvío y Error

Nombre de Métrica	Significado
`core_fwd_replies`	Número de respuestas SIP reenviadas
`core_fwd_requests`	Número de solicitudes SIP reenviadas
`core_drop_replies`	Número de respuestas SIP descartadas
`core_drop_requests`	Número de solicitudes SIP descartadas
`core_err_replies`	Número de respuestas de error
`core_err_requests`	Número de solicitudes de error
`core_bad_URIs_rcvd`	Número de mensajes con URIs malformados recibidos
`core_bad_msg_hdr`	Número de mensajes con encabezados malos/malformados
`core_unsupported_methods`	Número de solicitudes con métodos SIP no soportados

Seguimiento de Diálogos

Nombre de Métrica	Significado
`dialog_ng_active`	Número de diálogos actualmente activos (respondidos/confirmados)
`dialog_ng_early`	Número de diálogos tempranos (sonando/estado provisional)
`dialog_ng_expired`	Número de diálogos que han expirado o han sido terminados forzosamente
`dialog_ng_processed`	Número total de diálogos procesados desde el inicio

Estadísticas DNS

Nombre de Métrica	Significado
`dns_failed_dns_request`	Número de consultas DNS fallidas
`dns_slow_dns_request`	Número de consultas DNS lentas (excediendo el umbral)

IMS IPSec P-CSCF

Nombre de Métrica	Significado
`ims_ipsec_pcscf_spi_free`	Número de valores SPI (Índice de Parámetro de Seguridad) libres disponibles para asignación
`ims_ipsec_pcscf_spi_total`	Capacidad total de SPI configurada para el sistema
`ims_ipsec_pcscf_spi_used`	Número de valores SPI actualmente asignados/usados
`ims_ipsec_pcscf_spi_utilization_pct`	Porcentaje de utilización del grupo de SPI
`ims_ipsec_pcscf_worker_cache_size`	Tamaño de la caché IPSec del proceso trabajador

IMS QoS (Interfaz Rx)

Métricas de Registro AAR

Nombre de Métrica	Significado
`ims_qos_active_registration_rx_sessions`	Número de sesiones de registro Rx actualmente activas
`ims_qos_registration_aars`	Número total de mensajes AAR (Solicitud de Autorización-Autenticación) de registro enviados
`ims_qos_successful_registration_aars`	Número de transacciones AAR de registro exitosas
`ims_qos_failed_registration_aars`	Número de transacciones AAR de registro fallidas
`ims_qos_registration_aar_avg_response_time`	Tiempo de respuesta promedio para mensajes AAR de registro en milisegundos
`ims_qos_registration_aar_response_time`	Tiempo total de respuesta para todos los mensajes AAR de registro en milisegundos
`ims_qos_registration_aar_replies_received`	Número total de respuestas AAR de registro recibidas
`ims_qos_registration_aar_timeouts`	Número de tiempos de espera de solicitudes AAR de registro

Métricas de AAR de Medios

Nombre de Métrica	Significado
`ims_qos_active_media_rx_sessions`	Número de sesiones de medios Rx actualmente activas
`ims_qos_media_rx_sessions`	Número total de sesiones de medios Rx creadas
`ims_qos_media_aars`	Número total de mensajes AAR de medios enviados
`ims_qos_successful_media_aars`	Número de transacciones AAR de medios exitosas
`ims_qos_failed_media_aars`	Número de transacciones AAR de medios fallidas
`ims_qos_media_aar_avg_response_time`	Tiempo de respuesta promedio para mensajes AAR de medios en milisegundos
`ims_qos_media_aar_response_time`	Tiempo total de respuesta para todos los mensajes AAR de medios en milisegundos
`ims_qos_media_aar_replies_received`	Número total de respuestas AAR de medios recibidas
`ims_qos_media_aar_timeouts`	Número de tiempos de espera de solicitudes AAR de medios

Métricas ASR

Nombre de Métrica	Significado
`ims_qos_asrs`	Número total de mensajes ASR (Solicitud de Abort-Session) recibidos de PCRF

IMS USRLOC P-CSCF

Nombre de Métrica	Significado
`ims_usrloc_pcscf_expired_contacts`	Número de enlaces de contacto expirados
`ims_usrloc_pcscf_registered_contacts`	Número de enlaces de contacto actualmente registrados
`ims_usrloc_pcscf_registered_impus`	Número de IMPUs (Identidades Públicas IMS) actualmente registrados

Base de Datos MySQL

Nombre de Métrica	Significado
`mysql_driver_errors`	Número de errores de conexión/controlador de MySQL

Módulo Pike (Bloqueo de IP)

Nombre de Métrica	Significado
`pike_blocked_ips`	Número de direcciones IP actualmente bloqueadas (detección de inundaciones)

Módulo Registrador

Nombre de Métrica	Significado
`registrar_accepted_regs`	Número de solicitudes REGISTER aceptadas (módulo de registrador heredado)
`registrar_rejected_regs`	Número de solicitudes REGISTER rechazadas (módulo de registrador heredado)
`registrar_default_expire`	Tiempo de expiración predeterminado para registros en segundos
`registrar_default_expires_range`	Configuración del rango de expiración predeterminado
`registrar_expires_range`	Rango de expiración configurado
`registrar_max_contacts`	Número máximo de contactos permitidos por AOR
`registrar_max_expires`	Tiempo máximo de expiración permitido en segundos

Estadísticas de Scripts

Nombre de Métrica	Significado
`script_register_failed`	Número de intentos de registro que fallaron en la lógica del script de enrutamiento
`script_register_success`	Número de registros exitosos procesados por el script de enrutamiento
`script_register_time`	Tiempo total gastado procesando registros en el script de enrutamiento (milisegundos)

Transporte SCTP

Nombre de Métrica	Significado
`sctp_assoc_shutdown`	Número de apagados de asociaciones SCTP iniciados localmente
`sctp_comm_lost`	Número de asociaciones SCTP perdidas debido a fallos de comunicación
`sctp_connect_failed`	Número de intentos de asociación SCTP salientes fallidos
`sctp_current_opened_connections`	Número de asociaciones SCTP actualmente abiertas
`sctp_current_tracked_connections`	Número de asociaciones SCTP actualmente rastreadas
`sctp_established`	Número total de asociaciones SCTP establecidas
`sctp_local_reject`	Número de asociaciones SCTP entrantes rechazadas localmente
`sctp_remote_shutdown`	Número de apagados de asociaciones SCTP iniciados por pares
`sctp_send_failed`	Número de operaciones de envío SCTP que fallaron
`sctp_send_force_retry`	Número de reintentos forzados en envíos SCTP fallidos

Nombre de Métrica	Significado
`sctp_sendq_full`	Número de intentos de env►►o que fallaron debido a una cola de envío llena

Memoria Compartida

Nombre de Métrica	Significado
`shmem_fragments`	Número de fragmentos en el grupo de memoria compartida (indica fragmentación)
`shmem_free_size`	Cantidad de memoria compartida libre en bytes
`shmem_max_used_size`	Máxima memoria compartida utilizada desde el inicio en bytes
`shmem_real_used_size`	Memoria compartida realmente utilizada incluyendo la sobrecarga del asignador en bytes
`shmem_total_size`	Tamaño total del grupo de memoria compartida en bytes
`shmem_used_size`	Memoria compartida actualmente utilizada (solo datos de usuario) en bytes

Módulo SL (Sin Estado)

Contadores de Respuestas Sin Estado por Clase

Nombre de Métrica	Significado
`sl_1xx_replies`	Número de respuestas sin estado 1xx enviadas
`sl_2xx_replies`	Número de respuestas sin estado 2xx enviadas
`sl_3xx_replies`	Número de respuestas sin estado 3xx enviadas
`sl_4xx_replies`	Número de respuestas sin estado 4xx enviadas
`sl_5xx_replies`	Número de respuestas sin estado 5xx enviadas
`sl_6xx_replies`	Número de respuestas sin estado 6xx enviadas
`sl_xxx_replies`	Número de otras respuestas sin estado enviadas

Contadores de Respuestas Sin Estado Específicos

Nombre de Métrica	Significado
`sl_200_replies`	Número de respuestas sin estado 200 OK enviadas
`sl_202_replies`	Número de respuestas sin estado 202 Accepted enviadas
`sl_300_replies`	Número de respuestas sin estado 300 Multiple Choices enviadas
`sl_301_replies`	Número de respuestas sin estado 301 Moved Permanently enviadas
`sl_302_replies`	Número de respuestas sin estado 302 Moved Temporarily enviadas
`sl_400_replies`	Número de respuestas sin estado 400 Bad Request enviadas
`sl_401_replies`	Número de respuestas sin estado 401 Unauthorized enviadas
`sl_403_replies`	Número de respuestas sin estado 403 Forbidden enviadas
`sl_404_replies`	Número de respuestas sin estado 404 Not Found enviadas
`sl_407_replies`	Número de respuestas sin estado 407 Proxy Authentication Required enviadas
`sl_408_replies`	Número de respuestas sin estado 408 Request Timeout enviadas
`sl_483_replies`	Número de respuestas sin estado 483 Too Many Hops enviadas

Nombre de Métrica	Significado
`sl_500_replies`	Número de respuestas sin estado 500 Server Internal Error enviadas

Estadísticas Generales Sin Estado

Nombre de Métrica	Significado
`sl_sent_replies`	Número total de respuestas sin estado enviadas
`sl_sent_err_replies`	Número de respuestas de error sin estado enviadas
`sl_received_ACKs`	Número de mensajes ACK recibidos para transacciones sin estado
`sl_failures`	Número de fallos en el envío de respuestas sin estado

Transporte TCP

Nombre de Métrica	Significado
`tcp_con_reset`	Número de conexiones TCP restablecidas (RST recibido en conexión establecida)
`tcp_con_timeout`	Número de conexiones TCP cerradas debido a tiempo de espera inactivo
`tcp_connect_failed`	Número de intentos de conexión TCP salientes fallidos
`tcp_connect_success`	Número de conexiones TCP salientes exitosas
`tcp_current_opened_connections`	Número de conexiones TCP actualmente abiertas
`tcp_current_write_queue_size`	Tamaño total actual de las colas de escritura TCP en todas las conexiones
`tcp_established`	Número total de conexiones TCP establecidas (tanto entrantes como salientes)
`tcp_local_reject`	Número de conexiones TCP entrantes rechazadas localmente
`tcp_passive_open`	Número de conexiones TCP entrantes aceptadas
`tcp_send_timeout`	Número de operaciones de envío TCP que se agotaron (modo asíncrono)

Nombre de Métrica	Significado
`tcp_sendq_full`	Número de intentos de envío que fallaron porque la cola de envío estaba llena

Módulo TM/TMX (Transacción)

Contadores de Tipo de Transacción

Nombre de Métrica	Significado
`tmx_UAC_transactions`	Número de transacciones UAC (cliente) creadas
`tmx_UAS_transactions`	Número de transacciones UAS (servidor) creadas
`tmx_active_transactions`	Número de transacciones actualmente activas
`tmx_inuse_transactions`	Número de transacciones actualmente en uso

Finalización de Transacciones por Estado

Nombre de Métrica	Significado
`tmx_2xx_transactions`	Número de transacciones completadas con respuesta 2xx
`tmx_3xx_transactions`	Número de transacciones completadas con respuesta 3xx
`tmx_4xx_transactions`	Número de transacciones completadas con respuesta 4xx
`tmx_5xx_transactions`	Número de transacciones completadas con respuesta 5xx
`tmx_6xx_transactions`	Número de transacciones completadas con respuesta 6xx

Estadísticas de Respuesta de Transacción

Nombre de Métrica	Significado
`tmx_rpl_absorbed`	Número de respuestas absorbidas por la capa de transacción (duplicados)
`tmx_rpl_generated`	Número de respuestas generadas localmente por el módulo de transacción
`tmx_rpl_received`	Número de respuestas recibidas para transacciones
`tmx_rpl_relayed`	Número de respuestas retransmitidas por el módulo de transacción
`tmx_rpl_sent`	Número de respuestas enviadas por el módulo de transacción

USRLOC (Ubicación del Usuario)

Nombre de Métrica	Significado
`usrloc_location_contacts`	Número de contactos en el dominio 'location' (módulo usrloc estándar)
`usrloc_location_expires`	Número de contactos expirados en el dominio 'location'
`usrloc_registered_users`	Número de usuarios/AORs (Direcciones de Registros) registrados

---

Métricas I-CSCF

El I-CSCF comparte la mayoría de las estadísticas SIP del núcleo con el P-CSCF (ver sección de Estadísticas SIP del Núcleo del P-CSCF arriba). Las siguientes métricas son específicas de la funcionalidad del I-CSCF.

Contexto Operativo del I-CSCF

El I-CSCF mantiene una lista de instancias S-CSCF disponibles para balanceo de carga:

El I-CSCF consulta el HSS para seleccionar instancias S-CSCF apropiadas para nuevos registros. El éxito de estas operaciones se rastrea en las métricas UAR y LIR a continuación.

IMS I-CSCF (Interfaz Cx - Comunicación HSS)

El I-CSCF utiliza la interfaz Diameter Cx para comunicarse con el HSS (Servidor de Suscriptor en Casa) para consultas de ubicación de usuario y autorización.

Métricas UAR (Solicitud de Autorización de Usuario)

Nombre de Métrica	Significado
`ims_icscf_uar_avg_response_time`	Tiempo de respuesta promedio para mensajes UAR en milisegundos (calculado como uar_replies_response_time / uar_replies_received)
`ims_icscf_uar_replies_received`	Número total de respuestas UAA (Respuesta de Autorización de Usuario) recibidas del HSS
`ims_icscf_uar_replies_response_time`	Tiempo total de respuesta para todos los mensajes UAR en milisegundos
`ims_icscf_uar_timeouts`	Número de tiempos de espera de solicitudes UAR

Métricas LIR (Solicitud de Información de Ubicación)

Nombre de Métrica	Significado
`ims_icscf_lir_avg_response_time`	Tiempo de respuesta promedio para mensajes LIR en milisegundos (calculado como lir_replies_response_time / lir_replies_received)
`ims_icscf_lir_replies_received`	Número total de respuestas LIA (Respuesta de Información de Ubicación) recibidas del HSS
`ims_icscf_lir_replies_response_time`	Tiempo total de respuesta para todos los mensajes LIR en milisegundos
`ims_icscf_lir_timeouts`	Número de tiempos de espera de solicitudes LIR

Métricas Comunes

El I-CSCF también exporta las siguientes métricas comunes (documentadas en la sección P-CSCF arriba):

- **Métricas CDP (Diameter)** - Estadísticas del protocolo Diameter
- **Estadísticas SIP del Núcleo** - Contadores de solicitudes/respuestas por método y código de estado
- **Estadísticas DNS** - Métricas de consultas DNS
- **Base de Datos MySQL** - Errores de conexión a la base de datos
- **Módulo Pike** - Estadísticas de bloqueo de IP
- **Memoria Compartida** - Estadísticas de uso de memoria
- **Módulo SL (Sin Estado)** - Contadores de respuestas sin estado
- **Transporte TCP** - Estadísticas de conexión TCP
- **Módulo TM/TMX (Transacción)** - Seguimiento del estado de transacciones

Métricas S-CSCF

El S-CSCF comparte la mayoría de las estadísticas SIP del núcleo con el P-CSCF y el I-CSCF (ver sección de Estadísticas SIP del Núcleo del P-CSCF arriba). Las siguientes métricas son específicas de la funcionalidad del S-CSCF.

Contexto Operativo del S-CSCF

El S-CSCF proporciona información detallada de ubicación de usuario y gestión de IFC (Criterios de Filtro Inicial):

La búsqueda de ubicación de usuario muestra IMPUs registrados con enlaces de contacto y perfiles de servicio. El número de contactos activos e IMPUs se rastrea mediante las métricas `ims_usrloc_scscf_active_contacts` y `ims_usrloc_scscf_active_impus`.

El IFC (Criterios de Filtro Inicial) determina qué Servidores de Aplicación procesan sesiones SIP. El panel de control permite volcar y probar reglas IFC. El rendimiento de la evaluación de IFC puede impactar los tiempos de configuración de llamadas rastreados en métricas de transacción (`tmx_*`).

IMS ISC (Control de Servicios IMS)

El módulo IMS ISC maneja la evaluación de Criterios de Filtro Inicial (iFC) para determinar qué Servidores de Aplicación deben procesar sesiones SIP. Estas métricas rastrean el rendimiento y la efectividad de las operaciones de coincidencia de iFC.

Nombre de Métrica	Significado
`ims_isc_ifc_match_attempts`	Número total de intentos de coincidencia de iFC realizados
`ims_isc_ifc_match_time_total`	Tiempo acumulado gastado realizando operaciones de coincidencia de iFC en milisegundos
`ims_isc_ifc_nomatch_count`	Número de intentos de coincidencia de iFC donde no coincidieron criterios de activación

Monitoreo del Rendimiento: Calcule el tiempo promedio de coincidencia de iFC como `ifc_match_time_total / ifc_match_attempts`. Tiempos promedio altos pueden indicar criterios de filtro complejos o cuellos de botella en la selección del Servidor de Aplicación. Una alta proporción de `ifc_nomatch_count` a `ifc_match_attempts` puede indicar puntos de activación mal configurados o patrones de tráfico inesperados.

Autenticación IMS (Interfaz Cx - MAR)

El S-CSCF utiliza la interfaz Diameter Cx para autenticar usuarios con el HSS a través de MAR (Solicitud de Autenticación Multimedia).

Nombre de Métrica	Significado
`ims_auth_mar_avg_response_time`	Tiempo de respuesta promedio para mensajes MAR en milisegundos (calculado como mar_replies_response_time / mar_replies_received)
`ims_auth_mar_replies_received`	Número total de respuestas MAA (Respuesta de Autenticación Multimedia) recibidas del HSS
`ims_auth_mar_replies_response_time`	Tiempo total de respuesta para todos los mensajes MAR en milisegundos
`ims_auth_mar_timeouts`	Número de tiempos de espera de solicitudes MAR

Registrador IMS S-CSCF

Estadísticas de Registro

Nombre de Métrica	Significado
`ims_registrar_scscf_accepted_regs`	Número de solicitudes REGISTER aceptadas exitosamente
`ims_registrar_scscf_rejected_regs`	Número de solicitudes REGISTER rechazadas
`ims_registrar_scscf_default_expire`	Tiempo de expiración predeterminado para registros en segundos
`ims_registrar_scscf_default_expires_range`	Configuración del rango de expiración predeterminado
`ims_registrar_scscf_max_contacts`	Número máximo de contactos permitidos por registro
`ims_registrar_scscf_max_expires`	Tiempo máximo de expiración permitido en segundos
`ims_registrar_scscf_notifies_in_q`	Número de mensajes NOTIFY pendientes en la cola

Métricas SAR (Solicitud de Asignación de Servidor)

Nombre de Métrica	Significado
`ims_registrar_scscf_sar_avg_response_time`	Tiempo de respuesta promedio para mensaje SAR en milisegundos (calculado como sar_replies_response_ti / sar_replies_received)
`ims_registrar_scscf_sar_replies_received`	Número total de respuestas SAA (Respuesta de Asignaci de Servidor) recibidas d HSS
`ims_registrar_scscf_sar_replies_response_time`	Tiempo total de respues para todos los mensaje SAR en milisegundos
`ims_registrar_scscf_sar_timeouts`	Número de tiempos de espera de solicitudes S

IMS USRLOC S-CSCF

Nombre de Métrica	Significado
`ims_usrloc_scscf_active_contacts`	Número de enlaces de contacto registrados actualmente activos
`ims_usrloc_scscf_active_impus`	Número de IMPUs (Identidades Públicas IMS) registrados actualmente activos
`ims_usrloc_scscf_active_subscriptions`	Número de suscripciones actualmente activas
`ims_usrloc_scscf_contact_collisions`	Número de colisiones de hash en la tabla hash de contactos
`ims_usrloc_scscf_impu_collisions`	Número de colisiones de hash en la tabla hash de IMPU
`ims_usrloc_scscf_subscription_collisions`	Número de colisiones de hash en la tabla hash de suscripciones

Seguimiento de Diálogos

El S-CSCF rastrea el estado del diálogo para llamadas activas:

Nombre de Métrica	Significado
`dialog_ng_active`	Número de diálogos actualmente activos (respondidos/confirmados)
`dialog_ng_early`	Número de diálogos tempranos (sonando/estado provisional)
`dialog_ng_expired`	Número de diálogos que han expirado o han sido terminados forzosamente
`dialog_ng_processed`	Número total de diálogos procesados desde el inicio

Métricas Comunes

El S-CSCF también exporta las siguientes métricas comunes (documentadas en la sección P-CSCF arriba):

- **Métricas CDP (Diameter)** - Estadísticas del protocolo Diameter
- **Estadísticas SIP del Núcleo** - Contadores de solicitudes/respuestas por método y código de estado (nota: el S-CSCF típicamente tiene más fwd_requests y fwd_replies ya que enruta entre puntos finales)
- **Estadísticas DNS** - Métricas de consultas DNS
- **Base de Datos MySQL** - Errores de conexión a la base de datos
- **Módulo Pike** - Estadísticas de bloqueo de IP
- **Memoria Compartida** - Estadísticas de uso de memoria
- **Módulo SL (Sin Estado)** - Contadores de respuestas sin estado
- **Transporte TCP** - Estadísticas de conexión TCP
- **Módulo TM/TMX (Transacción)** - Seguimiento del estado de transacciones (nota: el S-CSCF típicamente tiene tanto transacciones UAC como UAS ya que actúa como cliente y servidor)

Guía de Operaciones P-CSCF/E-CSCF

Tabla de Contenidos

1. Descripción General
2. Rol en la Arquitectura IMS
3. Funciones del P-CSCF
4. Funciones del E-CSCF
5. Operaciones de la Interfaz Web
6. Flujos de Llamadas
7. Solución de Problemas

Descripción General

El **P-CSCF** (Función de Control de Sesiones de Llamada Proxy) es el primer punto de contacto para el Equipo de Usuario (UE) en la red IMS. Sirve como un proxy de borde que maneja la seguridad, la aplicación de QoS y el enrutamiento de llamadas de emergencia. En esta implementación, el P-CSCF también funciona como el **E-CSCF** (CSCF de Emergencia) para servicios de emergencia.

Importante: En nuestras implementaciones, **el P-CSCF no retransmite medios por defecto**. Los flujos de medios van directamente entre el UE y **OmniTAS** (Servidor de Aplicaciones de Telefonía) u otros puntos finales de medios. El P-CSCF es puramente un proxy de señalización SIP.

Especificaciones 3GPP

- **3GPP TS 23.228**: Subsistema Multimedia IP (IMS) Etapa 2
- **3GPP TS 24.229**: Protocolo de Control de Llamadas IMS
- **3GPP TS 33.203**: Seguridad de acceso para IMS

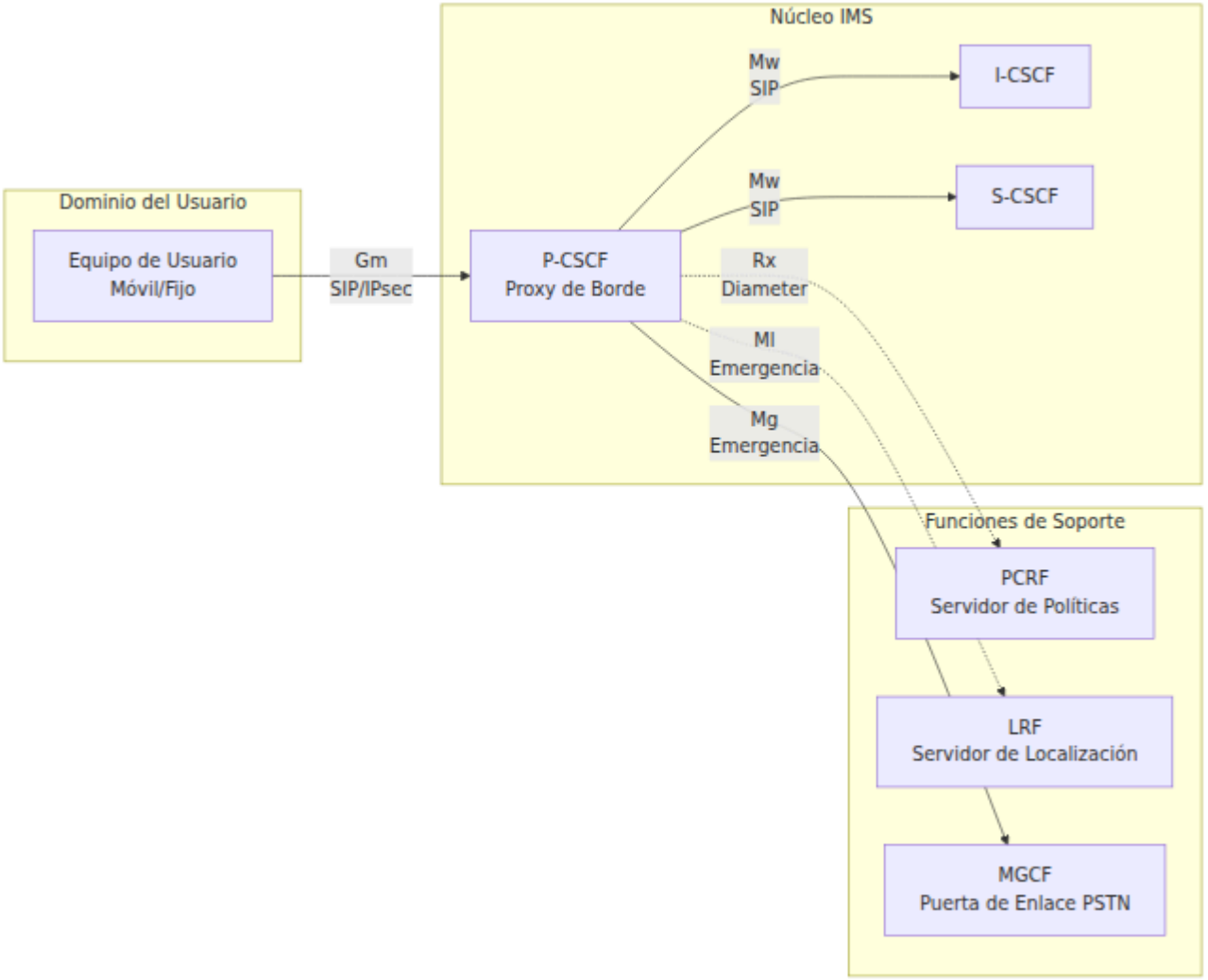
- **3GPP TS 23.167**: Sesiones de emergencia del Subsistema Multimedia IP (IMS)

Responsabilidades Clave

1. **Primer Punto de Contacto**: Proxy SIP inicial del UE en IMS
2. **Aplicación de Seguridad**: Establecimiento y gestión de túneles IPsec
3. **Control de QoS**: Interfaz con PCRF a través de Rx para la aplicación de políticas
4. **Servicios de Emergencia**: Enruta llamadas de emergencia y proporciona búsqueda de IMEI a MSISDN (función E-CSCF)
5. **Compresión**: Soporte de SigComp para optimización de ancho de banda
6. **Soporte de Transporte**: Soporta UDP y TCP

Rol en la Arquitectura IMS

Posición en la Red



Puntos de Referencia 3GPP

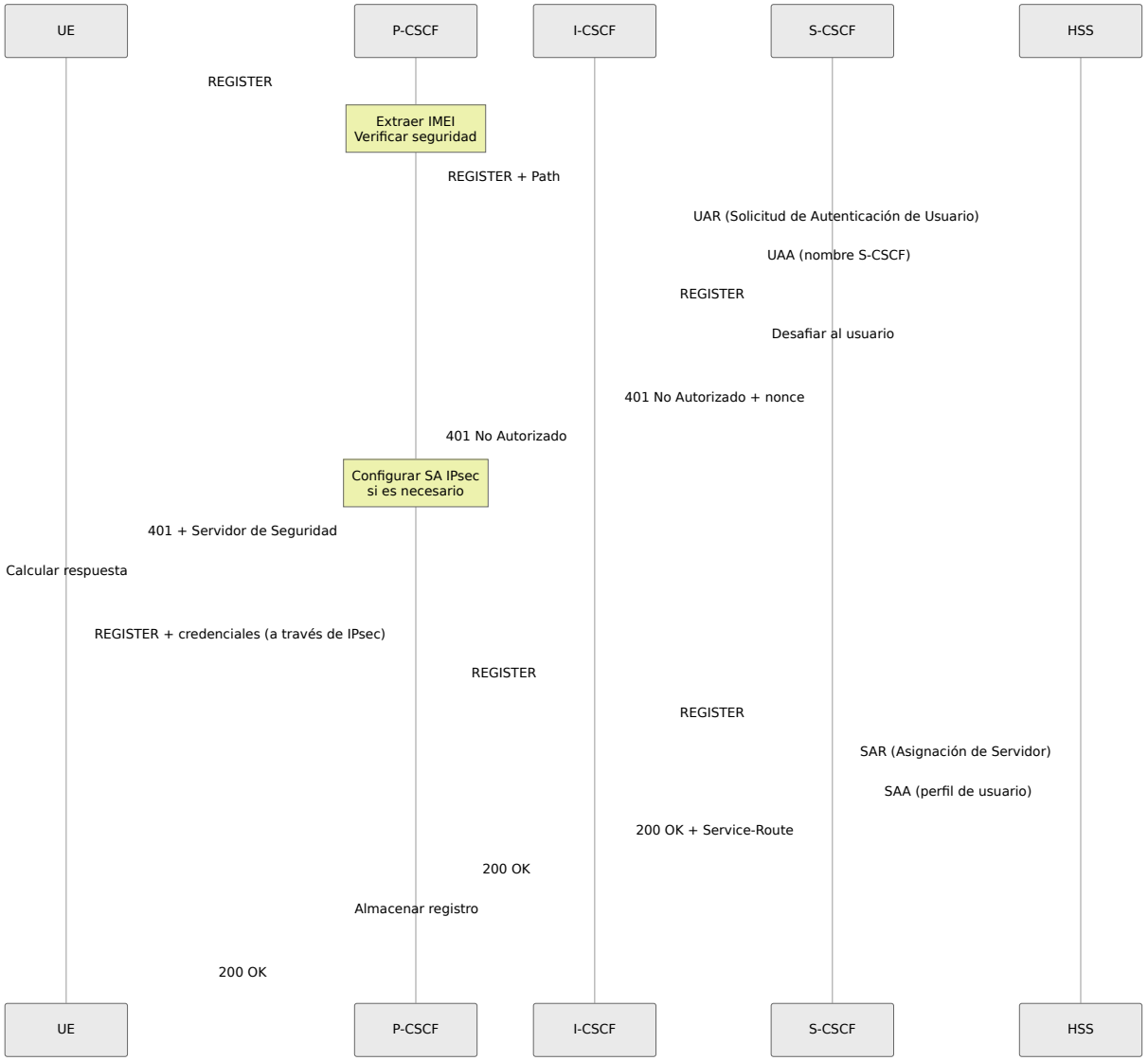
Interfaz	Protocolo	Propósito	Conectado a
Gm	SIP/IPsec	UE a P-CSCF	Equipo de Usuario
Mw	SIP	P-CSCF a I-CSCF/S-CSCF	Núcleo IMS
Rx	Diameter	Control de QoS/Política	PCRF
Ml	HTTP/HELD	Recuperación de ubicación	LRF (E-CSCF)
Mg	SIP	Llamadas de emergencia	MGCF/E-CSCF

Funciones del P-CSCF

1. Manejo de Registro

El P-CSCF es el primer salto para los mensajes SIP REGISTER de los UEs.

Flujo de Registro



Características Clave

Inserción de Encabezado Path:

```
Path: <sip:term@pcscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org:5060;lr>
```

- Asegura que las solicitudes subsiguientes se enruten de regreso a través del P-CSCF
- Requerido según RFC 3327 para IMS

Aplicación del Temporizador de Registro:

- Fuerza la expiración del registro a 599 segundos
- Sobrescribe los valores solicitados por el UE para el control de la red

Extracción de IMEI:

- Extrae IMEI del encabezado Contact: `+sip.instance="<urn:gsma:imei:...>"`
- Almacena en una tabla hash para el mapeo de llamadas de emergencia

Manejo Específico de Transporte:

- Dispositivos iOS: Extiende la vida útil de TCP para prevenir desconexiones prematuras

2. Funciones de Seguridad

Gestión de Túneles IPsec

El P-CSCF establece túneles IPsec ESP con los UEs para la señalización SIP segura.

Configuración de IPsec:

La funcionalidad de IPsec se configura con los siguientes parámetros:

- **Dirección de escucha**: 10.4.12.165 (dirección IP del P-CSCF para puntos finales IPsec)
- **Puerto del cliente (base)**: 5100 (puerto de inicio para tráfico UE → P-CSCF)
- **Puerto del servidor (base)**: 6100 (puerto de inicio para tráfico P-CSCF → UE)
- **Rango de puertos**: Grupo configurable de puertos (típicamente 1000-10000 puertos)
- **Inicio de ID SPI**: 4096 (valor inicial para la asignación del Índice de Parámetro de Seguridad)
- **Rango de ID SPI**: 100000 (número de pares SPI disponibles para asignación)
- **Máx. conexiones**: 20 (máximo de asociaciones de seguridad IPsec concurrentes por trabajador)

Gestión de SPI y Puertos

Cada túnel IPsec entre un UE y el P-CSCF requiere identificadores únicos para mantener el tráfico separado y seguro. El sistema gestiona dos tipos de recursos:

Índices de Parámetros de Seguridad (SPIs):

Cada túnel IPsec utiliza DOS SPIs - uno para cada dirección:

- **spi-c** (SPI del cliente): Identifica paquetes enviados desde el UE al P-CSCF
- **spi-s** (SPI del servidor): Identifica paquetes enviados desde el P-CSCF al UE

Los SPIs se asignan en pares desde un grupo configurado. El sistema se configura típicamente con:

- Valor inicial de SPI: 4096
- Rango disponible: 100,000 valores de SPI
- Esto proporciona capacidad para 50,000 túneles simultáneos (los pares se asignan como números consecutivos pares/impares)

Asignación de Puertos:

Cada túnel también utiliza puertos UDP únicos en el P-CSCF:

- **puerto del cliente**: Puerto del P-CSCF donde recibe paquetes IPsec del UE
- **puerto del servidor**: Puerto del P-CSCF donde envía paquetes IPsec al UE

Configuración típica de puertos:

- Valor inicial del puerto del cliente: 5100
- Valor inicial del puerto del servidor: 6100
- Rango de puertos: 10,000 puertos disponibles
- Los puertos vuelven al inicio cuando se agota el rango

Cómo Funciona la Asignación de Recursos:

Cuando un UE se registra y solicita protección IPsec:

1. **Primer Registro**: Obtiene spi-c=4096, spi-s=4097, puerto del cliente=5100, puerto del servidor=6100

2. **Segundo Registro**: Obtiene spi-c=4098, spi-s=4099, puerto del cliente=5101, puerto del servidor=6101
3. **Tercer Registro**: Obtiene spi-c=4100, spi-s=4101, puerto del cliente=5102, puerto del servidor=6102

Y así sucesivamente...

Después de 10,000 registros, los puertos vuelven al principio (5100, 6100), mientras que los SPIs continúan incrementando. Esto permite más túneles que puertos disponibles, siempre que los UEs tengan diferentes direcciones IP.

Límites de Recursos:

El número máximo de túneles IPsec simultáneos se determina por el límite que se alcance primero:

- Capacidad del rango de SPI (típicamente 50,000 pares)
- Capacidad del rango de puertos (típicamente 10,000 puertos)
- Memoria del sistema y capacidad de procesamiento

Monitoreo a través de la Interfaz Web:

Navegue a la página P-CSCF → Estadísticas IPsec (si está disponible) para ver:

- Número de túneles IPsec activos
- Número de pares SPI/puerto disponibles
- Porcentaje de utilización

Si ve fallos de registro con errores relacionados con IPsec, puede indicar:

- Agotamiento del grupo de SPI (todos los 50,000 pares en uso)
- Agotamiento del grupo de puertos (todos los 10,000 puertos en uso)
- Túneles antiguos que no se están limpiando correctamente

Cuando se Liberan Recursos:

Los SPIs y puertos se devuelven al grupo disponible cuando:

- Un UE se desregistra (envía REGISTER con Expires: 0)

- Un registro expira sin ser renovado
- Un túnel IPsec se destruye manualmente a través de la interfaz web
- El administrador del sistema limpia túneles obsoletos

Planificación de Capacidad:

Para la planificación de despliegues:

- Cada túnel activo utiliza aproximadamente 1KB de memoria
- El despliegue típico en producción soporta de 10,000 a 50,000 túneles simultáneos
- Monitorear tendencias de utilización para predecir cuándo se necesita expansión de capacidad
- Si se supera regularmente el 80% de utilización, coordinar con los administradores del sistema para aumentar los rangos de SPI/puerto

Configuración de Asociación de Seguridad (SA):

1. El UE envía REGISTER con el encabezado `Security-Client`:

   ```
   Security-Client: ipsec-3gpp; alg=hmac-sha-1-96; ealg=null;
                    spi-c=12345; spi-s=67890; port-c=5100; port-
   s=6100
   ```

2. El P-CSCF responde con `Security-Server`:

   ```
   Security-Server: ipsec-3gpp; alg=hmac-sha-1-96; ealg=null;
                    spi-c=11111; spi-s=22222; port-c=5100; port-
   s=6100
   ```

3. El P-CSCF crea políticas IPsec usando `setkey`:

```
# Cliente a Servidor
spdadd <ue-ip>[5100] <pcscf-ip>[6100] any -P out ipsec
esp/transport//require;

# Servidor a Cliente
spdadd <pcscf-ip>[6100] <ue-ip>[5100] any -P in ipsec
esp/transport//require;
```

4. Todos los mensajes SIP subsiguientes utilizan el túnel IPsec

Algoritmos Soportados:

- **Autenticación**: hmac-md5-96, hmac-sha-1-96
- **Cifrado**: null, des-ede3-cbc, aes-cbc (preferido: null para LTE)

3. Manejo de Medios

Nota Importante: En nuestras implementaciones, **el P-CSCF NO retransmite medios por defecto**. Los medios (RTP/SRTP) fluyen directamente desde el UE a **OmniTAS** (Servidor de Aplicaciones de Telefonía) u otros puntos finales de medios. El P-CSCF maneja solo la señalización SIP.

Los medios fluyen directamente entre los UEs y el OmniTAS (Servidor de Aplicaciones de Telefonía), eludiendo completamente el P-CSCF para el tráfico RTP/SRTP:

```
UE <------ SIP ------> P-CSCF <------ SIP ------> S-CSCF <------
SIP ------> OmniTAS
    <----------------------- RTP/SRTP (directo a TAS) ------------
---------->
```

El P-CSCF maneja solo la señalización SIP. Todos los medios (voz, video) se establecen directamente entre el UE y OmniTAS.

4. Aplicación de QoS y Políticas (Interfaz Rx)

Integración Diameter Rx

Propósito: Coordinar QoS con PCRF para el establecimiento de portadoras

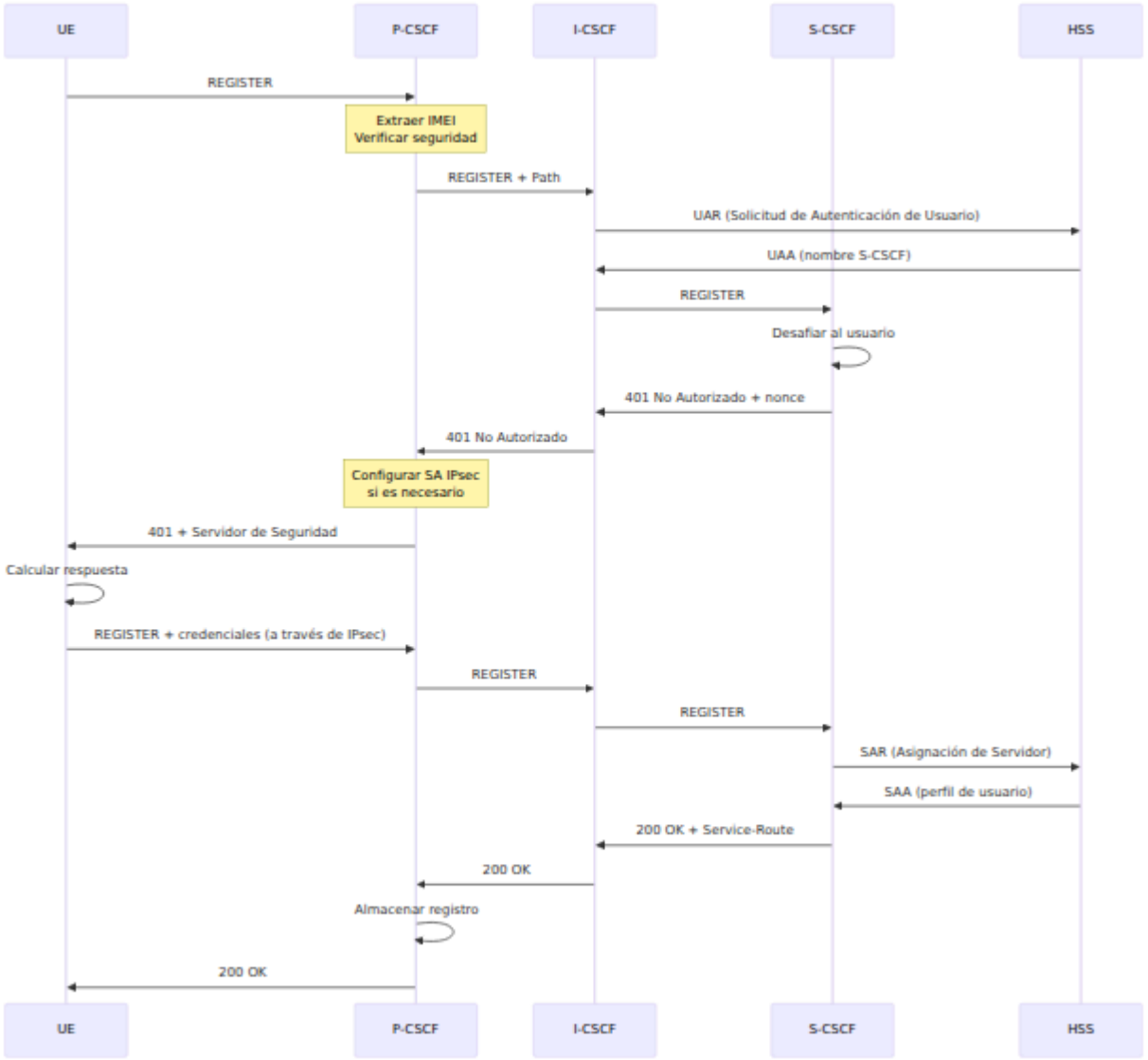
Configuración de Diameter:

El P-CSCF se conecta al PCRF a través de Diameter en el puerto 3868 usando la aplicación Rx (ID de Aplicación 16777236, ID de Vendedor 3GPP 10415).

Operaciones Rx:

1. **AAR (Solicitud de Autorización de Autenticación)**: Solicitar QoS para el flujo de medios
2. **AAA (Respuesta de Autorización de Autenticación)**: PCRF concede/niega
3. **STR (Solicitud de Terminación de Sesión)**: Liberar QoS al finalizar la llamada

Flujo de Mensaje AAR



Información de Medios Enviada al PCRF:

- Descripción del flujo (IP, puerto, protocolo)
- Requisitos de ancho de banda (subida/bajada)
- Tipo de medio (audio, video)
- Estado del flujo (habilitado, deshabilitado)

5. Protección Anti-Inundación

Configuración del Módulo Pike (Limitación de Tasa): El módulo pike proporciona protección contra inundaciones con estas configuraciones:

- **Unidad de tiempo de muestreo**: 2 segundos - ventana de tiempo para medir la tasa de solicitudes

- **Densidad de solicitudes por unidad**: 16 solicitudes permitidas por ventana de 2 segundos desde una sola IP
- **Eliminar latencia**: 300 segundos (5 minutos) - duración durante la cual una IP está bloqueada después de exceder el límite

Seguimiento de Autenticaciones Fallidas: El P-CSCF rastrea los intentos de autenticación fallidos para prevenir ataques de fuerza bruta:

- Mantiene un contador de tabla hash para intentos de autenticación fallidos por IP de origen
- Incrementa el contador en caso de fallo de autenticación con un tiempo de expiración de 120 segundos
- Si una IP excede 10 intentos fallidos dentro de 120 segundos, bloquea la IP con 403 Demasiados Intentos Fallidos
- Previene que los atacantes adivinen las credenciales de usuario

Funciones del E-CSCF

El P-CSCF incluye funcionalidad E-CSCF para el manejo de llamadas de emergencia.

Detección de Llamadas de Emergencia

URIs SIP Reconocidos:

- `urn:service:sos` (emergencia general)
- `urn:service:sos.police`
- `urn:service:sos.ambulance`
- `urn:service:sos.fire`
- `urn:service:sos.marine`
- `urn:service:sos.mountain`

Lógica de Detección: Las llamadas de emergencia se detectan examinando el Request-URI:

- Verifica si el método es INVITE (solicitud de configuración de llamada)

- Verifica si el Request-URI coincide con patrones de emergencia:
  - Formato URN: urn:service:sos* (URNs SOS definidos en RFC 5031)
  - Emergencia en América del Norte: 911
  - Emergencia Europea/Internacional: 112
- Si se detecta una llamada de emergencia, se enruta al bloque de manejo de EMERGENCIA para un procesamiento especial

Mapeo de IMEI a MSISDN para Llamadas de Emergencia

Por qué es Necesario: Cuando los usuarios realizan llamadas de emergencia (por ejemplo, 911, 112, urn:service:sos), el UE a menudo **no proporciona el MSISDN (número de teléfono)** en el mensaje SIP. Los servicios de emergencia (PSAP - Punto de Respuesta de Seguridad Pública) necesitan conocer el número de teléfono del llamante para fines de devolución de llamada. Para resolver esto, el P-CSCF/E-CSCF mantiene un mapeo de IMEI (identificador del dispositivo) a MSISDN.

Cómo Funciona:

1. **Durante el Registro** (cuando se conoce el MSISDN):

   - Extrae IMEI del parámetro +sip.instance del encabezado Contact (formato: urn:gsma:imei:123456-78-901234-5)
   - Extrae MSISDN de la identidad pública del usuario (IMPU) en el nombre de usuario del encabezado From
   - Almacena el mapeo IMEI → MSISDN en una tabla hash con un TTL de 24 horas (86400 segundos)
   - Ejemplo: imei_msisdn["urn:gsma:imei:123456789012345"] = "12015551234"
   - **En implementaciones en clúster**: Replica automáticamente el mapeo a todos los demás nodos P-CSCF en el clúster

2. **Durante la Llamada de Emergencia** (cuando el MSISDN podría estar ausente):

- Extrae IMEI del parámetro +sip.instance del encabezado Contact de la llamada de emergencia
- Realiza una búsqueda en la tabla hash para recuperar el MSISDN asociado con este IMEI
- Si se encuentra el MSISDN en el mapeo:
  - Agrega el encabezado P-Asserted-Identity con el MSISDN completo (sip:+12015551234@domain)
  - Esto proporciona al PSAP el número de devolución de llamada para el llamante de emergencia

Alta Disponibilidad - Sincronización entre Múltiples Nodos:

En despliegues de producción con múltiples nodos P-CSCF para redundancia, los mapeos IMEI→MSISDN se sincronizan automáticamente entre todos los nodos:

Comportamiento de Replicación en Clúster:

Cuando un UE se registra en **Nodo P-CSCF 1**:

1. El Nodo 1 crea el mapeo IMEI→MSISDN localmente
2. El Nodo 1 inmediatamente transmite el mapeo a todos los demás nodos P-CSCF en el clúster
3. **Nodo P-CSCF 2**, **Nodo 3**, etc. reciben la actualización y crean copias locales idénticas
4. Todos los nodos ahora tienen el mismo mapeo IMEI→MSISDN

Por qué Esto Importa:

Si un UE se registró a través del Nodo P-CSCF 1 pero realiza una llamada de emergencia que se enruta al Nodo P-CSCF 2 (debido a balanceo de carga o conmutación por error), el Nodo 2 ya tiene el mapeo IMEI→MSISDN y puede proporcionar el número de devolución de llamada al PSAP.

Mecanismo de Sincronización:

La sincronización ocurre a través de mensajería basada en SIP entre nodos P-CSCF:

- Utiliza mensajes SIP personalizados para propagar actualizaciones de la tabla hash
- Los mensajes se envían en formato JSON que contiene el IMEI, MSISDN y TTL
- La transmisión es automática y transparente - no se necesita intervención del operador
- Las actualizaciones se transmiten a todos los miembros del clúster en milisegundos

Impacto en las Operaciones:

- **Resiliencia**: Las llamadas de emergencia funcionan correctamente independientemente de qué nodo P-CSCF maneje la llamada
- **Sin Punto Único de Fallo**: Cualquier nodo P-CSCF puede proporcionar el número de devolución de llamada para cualquier UE registrado
- **Automático**: La sincronización está integrada y no requiere configuración o intervención manual
- **Monitoreo**: A través de la interfaz web, navegue a P-CSCF → Tablas Hash → imei_msisdn para ver mapeos en cada nodo

Requisitos de Configuración del Clúster:

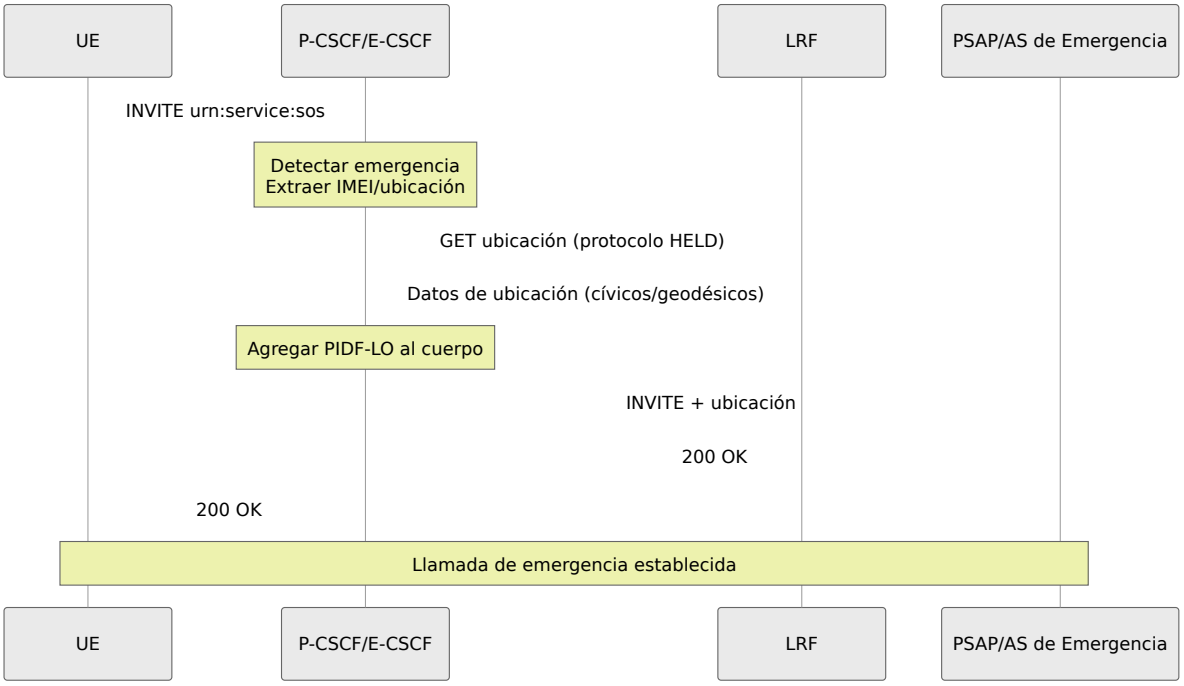
Para que la sincronización de la tabla hash funcione:

- Todos los nodos P-CSCF deben estar configurados con las direcciones de los demás
- Los nodos se descubren automáticamente a través de notificaciones de disponibilidad
- La conectividad de red debe permitir tráfico SIP entre todos los nodos P-CSCF
- Si la sincronización falla, verifique que las reglas del firewall permitan la comunicación entre nodos

Escenario de Ejemplo:

```
1. El usuario se registra: IMEI=123456789012345,
MSISDN=12015551234
   → Almacenado: imei_msisdn[123456789012345] = 12015551234

2. El usuario marca 911: INVITE urn:service:sos (MSISDN no en el
encabezado From)
   → El P-CSCF extrae IMEI del Contact: 123456789012345
   → El P-CSCF busca: imei_msisdn[123456789012345] → 12015551234
   → El P-CSCF agrega encabezado: P-Asserted-Identity:
<sip:+12015551234@...>
   → El PSAP recibe la llamada con el número de devolución de
llamada: +12015551234
```

Enrutamiento de Emergencia



Características de Llamadas de Emergencia:

- Elude la verificación de registro
- Agrega PIDF-LO (Formato de Datos de Presencia - Objeto de Ubicación)
- Enruta al servidor de aplicaciones de emergencia o PSAP
- Manejo de prioridad (preempciona llamadas normales)
- Información de ubicación del LRF o UE

Operaciones de la Interfaz Web

Accediendo a la Página P-CSCF

Navegue a: `https://<panel-de-control>/pcscf`

Diseño de la Página

La página P-CSCF tiene tres pestañas principales:

1. **Contactos Registrados** - Registros activos
2. **Ubicación del Usuario** - Búsqueda por IMSI/IP
3. **Tablas Hash** - Tablas de memoria compartida

Visualización de Contactos Registrados

Columnas de Visualización:

- **AoR** (Dirección de Registro): Identidad SIP del usuario
- **Contact**: URI de contacto del dispositivo
- **Expires**: Marca de tiempo de expiración del registro
- **IP Pública**: Dirección IP pública del UE
- **Received**: IP recibida real (si es diferente del Contact)
- **Path**: Encabezado de ruta para el enrutamiento
- **ID de Sesión Rx**: Sesión Diameter Rx (si QoS está activa)

Características:

- Actualización automática cada 5 segundos
- Búsqueda por AoR o Contact parcial
- Ordenar por columna (haga clic en el encabezado)
- Filas expandibles para detalles completos

Ejemplo de Salida:

```
AoR: sip:12015551234@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
Contact: sip:12015551234@10.4.12.100:5060;transport=udp
Expires: 2025-11-29 14:30:15
IP Pública: 10.4.12.100
Received: 10.4.12.100:52341
Path: <sip:term@pcscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org:5060;lr>
ID de Sesión Rx: rx-pcscf-session-12345
```

Búsqueda de Ubicación del Usuario

Opciones de Búsqueda:

- Por IMSI: `imsi:310150123456789`
- Por IP: `10.4.12.100`

Casos de Uso:

1. Encontrar qué usuario está utilizando una IP específica
2. Verificar si el IMSI está registrado
3. Verificar el estado del túnel IPsec
4. Verificar rutas de servicio

Gestión de Tablas Hash

Tablas Comunes:

Tabla	Propósito	Tamaño Típico
`imei_msisdn`	Mapeo de emergencia IMEI→MSISDN	100-1000 entradas
`service_routes`	Rutas de servicio en caché	Por registro
`dialog_out`	Seguimiento de diálogos salientes	Por llamada

Operaciones:

- **Listar Tablas**: Haga clic en la pestaña "Tablas Hash"
- **Volcar Tabla**: Haga clic en el nombre de la tabla para ver el contenido
- **Eliminar Entrada**: Haga clic en "Eliminar" junto a la entrada
- **Limpiar Tabla**: Haga clic en "Limpiar" para borrar toda la tabla (¡use con precaución!)

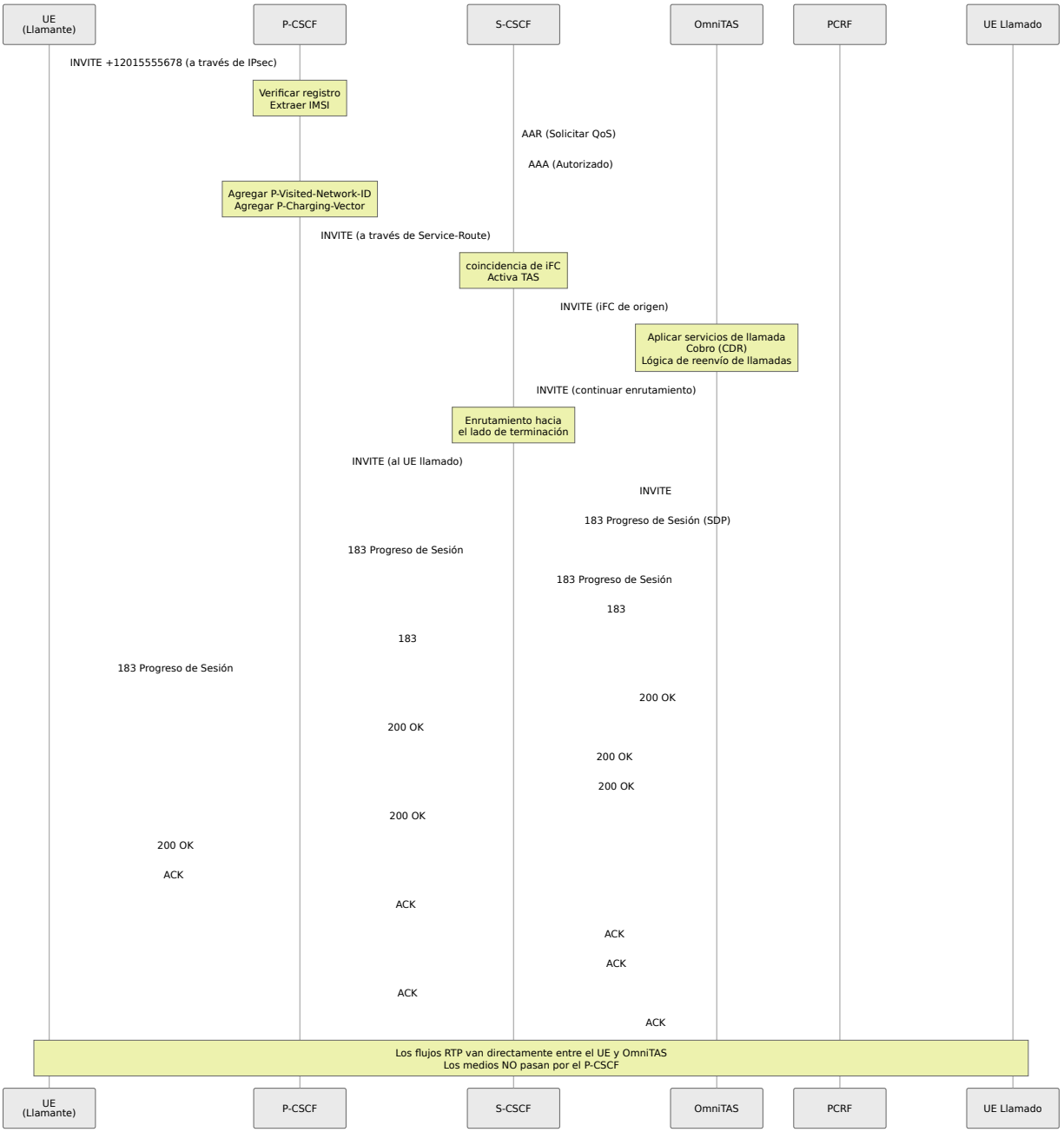
Ejemplo de Entrada:

```
Key:   urn:gsma:imei:123456-78-901234-5
Value: 310150123456789
TTL:   86400 segundos (24 horas)
```

Flujos de Llamadas

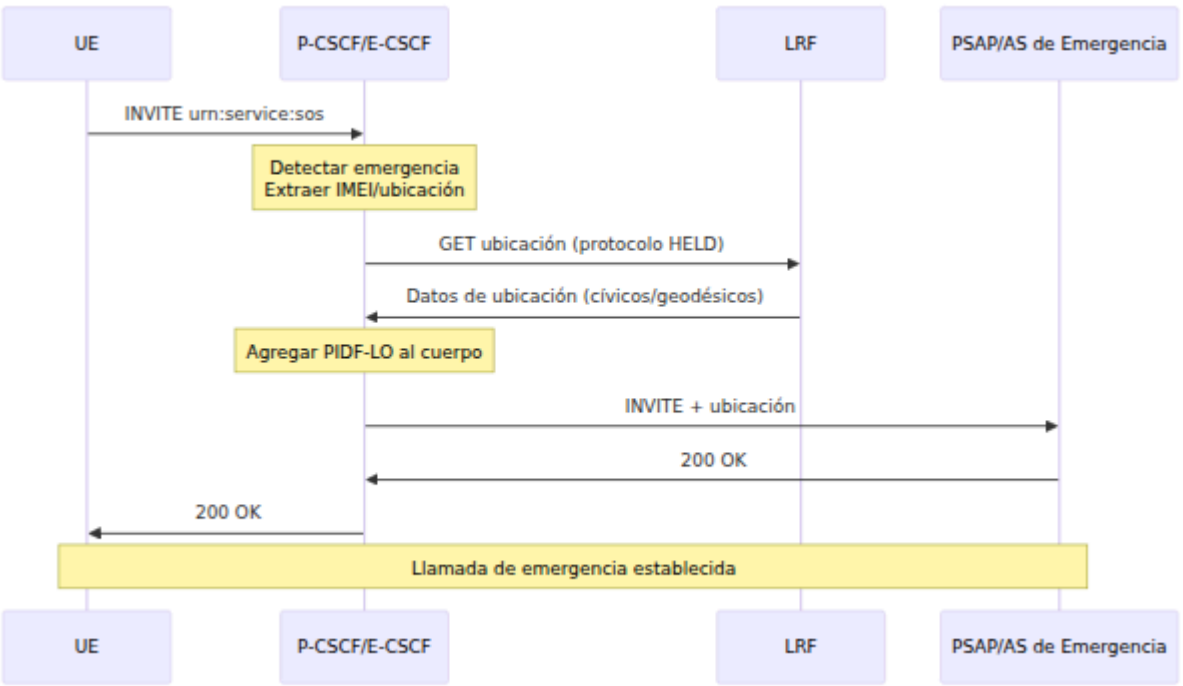
Llamada de Origen Móvil (MO)

Todas las llamadas de origen se enrutan a través del TAS (OmniTAS) para la lógica de servicio y cobro:

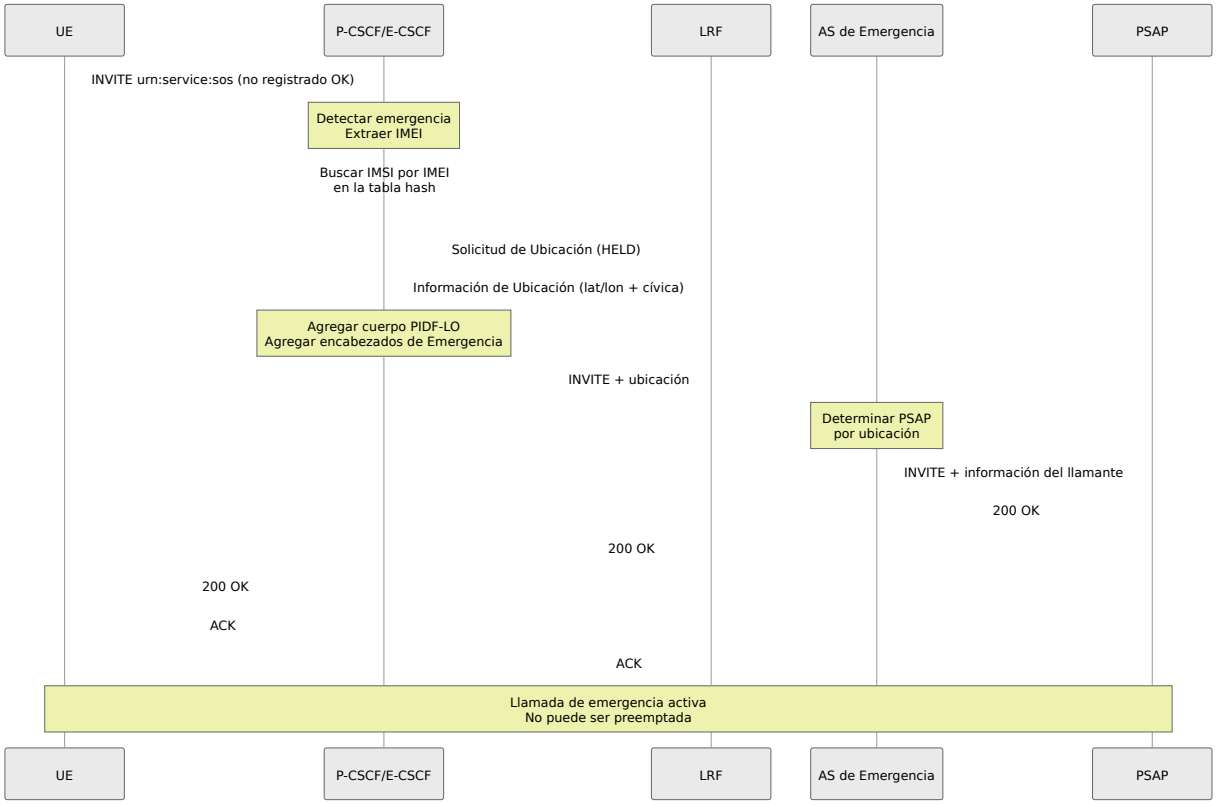


Llamada de Terminación Móvil (MT)

Las llamadas de terminación también pasan por TAS para la lógica de servicio:



Flujo de Llamada de Emergencia



Solución de Problemas

Problemas de Registro

UE No Puede Registrarse

Síntomas: UE recibe 408 Timeout o no hay respuesta

Pasos de Diagnóstico:

1. Verifique el estado del registro a través del panel de control:
    - Navegue a la página P-CSCF
    - Verifique la pestaña "Contactos Registrados"
    - Asegúrese de que el usuario aparezca en la lista
2. Revise los registros del sistema a través de la página de registros del panel de control en busca de errores
3. Verifique la conectividad de red entre el UE y el P-CSCF
4. Verifique que las reglas del firewall permitan tráfico SIP (puerto 5060 UDP/TCP)
5. Coordine con los administradores del sistema si el servicio P-CSCF parece estar inactivo

Túnel IPsec No Establecido

Síntomas: Se envía un desafío 401 pero el re-REGISTER falla

Pasos de Diagnóstico:

1. Revise los registros del sistema a través de la página de registros del panel de control en busca de errores relacionados con IPsec
2. Verifique que el UE esté enviando el encabezado Security-Client en el REGISTER inicial

3. Verifique que el UE esté utilizando puertos IPsec (5100 cliente, 6100 servidor) en el re-REGISTER

4. Verifique que la dirección recibida coincida con el punto final esperado del túnel IPsec

5. Coordine con los administradores del sistema para verificar que los módulos del kernel IPsec estén cargados y que no existan conflictos de puertos

Problemas de Llamadas

Las Llamadas No Se Enrutan al UE

Síntomas: INVITE al P-CSCF pero el UE no suena

Pasos de Diagnóstico:

1. Verifique que el registro exista a través del panel de control:
    - Navegue a la página P-CSCF
    - Verifique la pestaña "Contactos Registrados"
    - Busque al usuario y verifique que el registro esté activo
2. Verifique que el encabezado Path se haya almacenado en el registro
3. Verifique que las llamadas se estén enviando a la dirección de contacto correcta
4. Revise los registros del sistema en busca de errores de enrutamiento
5. Verifique que la ruta de red desde el P-CSCF al UE sea alcanzable

Audio Unidireccional

Síntomas: Una parte no puede escuchar a la otra

Nota: En nuestras implementaciones, **el P-CSCF no retransmite medios**. Los medios fluyen directamente entre el UE y OmniTAS. Si está

experimentando audio unidireccional, el problema probablemente esté en los puntos finales o en el enrutamiento de la red, no en el P-CSCF.

Pasos de Diagnóstico:

1. Verifique que el SDP en INVITE/200 OK contenga las direcciones IP y puertos correctos (revise a través de registros del sistema o captura de paquetes si está disponible para los administradores)

2. Verifique que las reglas del firewall permitan tráfico RTP/SRTP entre el UE y OmniTAS

3. Verifique la configuración de NAT si el UE está detrás de NAT

4. Verifique que el punto final de medios de OmniTAS sea alcanzable desde el UE (conectividad de red)

5. Coordine con los administradores del sistema para análisis de captura de paquetes si es necesario

Fallos en Llamadas de Emergencia

Síntomas: llamadas urn:service:sos rechazadas

Pasos de Diagnóstico:

1. Verifique la tabla hash IMEI→MSISDN a través del panel de control:

    - Navegue a P-CSCF → pestaña Tablas Hash
    - Verifique que la tabla `imei_msisdn` contenga entradas
    - Verifique que el IMEI del llamante tenga un mapeo

2. Pruebe primero con un usuario registrado realizando una llamada de emergencia (para aislar problemas de registro frente a problemas de enrutamiento de emergencia)

3. Revise los registros del sistema a través de la página de registros del panel de control en busca de errores de enrutamiento de emergencia

4. Verifique la configuración del Servidor de Aplicaciones de Emergencia

5. Coordine con los administradores del sistema para revisar la configuración de la ruta de emergencia si es necesario

Problemas de Rendimiento

Alto Uso de CPU

Causas Posibles:

- Demasiados registros
- Activación del anti-inundación Pike
- Consultas lentas en la base de datos

Soluciones:

1. Verifique el recuento de registros a través del panel de control:
    - Navegue a P-CSCF → pestaña Contactos Registrados
    - Revise el número total de registros activos
2. Revise los registros del sistema en busca de bloqueos por parte del anti-inundación Pike
3. Coordine con los administradores del sistema para escalar horizontalmente (agregar más instancias de P-CSCF) si es necesario

Alto Uso de Memoria

Causas Posibles:

- Crecimiento de la tabla hash
- Tabla de diálogos no limpiada
- Fuga de memoria

Soluciones:

1. Revise las tablas hash a través del panel de control:
    - Navegue a P-CSCF → pestaña Tablas Hash
    - Verifique los tamaños de las tablas y los recuentos de entradas

2. Limpie entradas antiguas a través del panel de control:
    - Seleccione la tabla hash problemática
    - Utilice la operación "Limpiar" si es necesario (¡use con precaución - limpia toda la tabla!)
3. Coordine con los administradores del sistema para reiniciar el servicio P-CSCF si se sospecha de una fuga de memoria

Problemas Diameter/Rx

Par PCRF Cerrado

Síntomas: El par Diameter muestra estado "Cerrado" en la Interfaz Web

Pasos de Diagnóstico:

1. Verifique el estado del par Diameter a través del panel de control:
    - Navegue a la página Diameter
    - Seleccione el nodo P-CSCF
    - Verifique el estado del par PCRF (debería estar "I_Open" cuando esté conectado)
2. Verifique la conectividad de red al PCRF (coordine con el equipo de red si es necesario)
3. Intente habilitar el par a través del panel de control:
    - Navegue a la página Diameter
    - Encuentre el par PCRF
    - Haga clic en el botón "Habilitar"
4. Revise los registros del sistema a través de la página de registros del panel de control en busca de errores de conexión Diameter
5. Coordine con los administradores del sistema para verificar la configuración de Diameter si es necesario

QoS No Funciona

Síntomas: Las llamadas se conectan pero no se establece portadora de QoS

Pasos de Diagnóstico:

1. Revise los registros del sistema a través del panel de control en busca de mensajes AAR (Solicitud de Autorización de Autenticación) y AAA (Respuesta de Autorización de Autenticación)

2. Verifique el código de resultado de la respuesta del PCRF (debería ser 2001 para éxito)

3. Verifique que el par PCRF esté conectado (vea la sección anterior)

4. Verifique que la información de medios en el SDP se esté enviando correctamente al PCRF

5. Coordine con los administradores del sistema para verificar la configuración de QoS si es necesario

Mejores Prácticas

Seguridad

1. **Siempre use IPsec** para dispositivos móviles (LTE/5G)
2. **Habilite TLS** para clientes fijos/empresariales
3. **Configure anti-inundación** (Pike) para protección contra DoS
4. **Limite los intentos de autenticación fallidos** para prevenir fuerza bruta
5. **Utilice cifrados fuertes** para TLS (deshabilitar SSLv2/v3)
6. **Rote regularmente** las claves IPsec (a través de re-registro)

Rendimiento

1. **Ajuste hash_size** según los registros esperados:

    - 1,000 usuarios: hash_size=10 (crea 2^10 = 1,024 cubos hash)
    - 10,000 usuarios: hash_size=13 (crea 2^13 = 8,192 cubos hash)

    - 100,000 usuarios: hash_size=16 (crea 2^16 = 65,536 cubos hash)

2. **Ajuste los procesos de trabajo** según los núcleos de CPU:
    - Establezca los hijos para que coincidan con el número de núcleos de CPU para el procesamiento SIP
    - Establezca tcp_children en 2× núcleos de CPU para el manejo de conexiones TCP

3. **Utilice mlock_pages** para prevenir el intercambio:
    - Habilite mlock_pages=yes para bloquear páginas de memoria compartida en RAM
    - Previene la degradación del rendimiento por el intercambio de memoria a disco

4. **Deshabilite la caché DNS** para entornos IMS:
    - Establezca dns_cache_init=off para utilizar búsquedas DNS frescas
    - Necesario para balanceo de carga dinámico basado en DNS SRV

5. **Habilite el balanceo de carga SRV**:
    - Establezca dns_srv_lb=yes para distribuir tráfico entre múltiples servidores
    - Utiliza registros DNS SRV para distribución de carga automática

Monitoreo

1. **Habilite métricas de Prometheus** (puerto 9090 en la configuración) - Consulte Referencia de Métricas para todas las métricas P-CSCF disponibles
2. **Monitoree tendencias del recuento de registros**
3. **Siga la salud del par Diameter** (Rx al PCRF)
4. **Alerta sobre altas tasas de error** en los registros
5. **Monitoree el recuento de diálogos** (sesiones activas)
6. **Verifique el uso de memoria** regularmente

Alta Disponibilidad

1. **Despliegue múltiples instancias de P-CSCF**

2. **Utilice DNS SRV** para balanceo de carga:

   ```
   _sip._udp.pcscf.example.com. SRV 10 50 5060
   pcscf01.example.com.
   _sip._udp.pcscf.example.com. SRV 10 50 5060
   pcscf02.example.com.
   ```

3. **Evite el estado** siempre que sea posible (proxy sin estado)

4. **Utilice una base de datos compartida** para datos persistentes (si es necesario)

5. **Monitoree a través de la interfaz web** utilizando verificaciones de salud del panel de control

Servicios de Emergencia

1. **Siempre permita** llamadas de emergencia incluso si no están registradas
2. **Almacene el mapeo IMEI→MSISDN** durante el registro
3. **Establezca TTL** para la tabla hash de emergencia (86400 = 24 horas)
4. **Pruebe regularmente** con el PSAP de prueba
5. **Asegúrese de la conectividad LRF** para la ubicación
6. **Manejo de prioridad** para llamadas de emergencia

Referencia

Recursos Técnicos Adicionales

Para administradores del sistema y desarrolladores, la documentación técnica del módulo está disponible en línea para los componentes de software subyacentes.

Especificaciones 3GPP

- **TS 23.228**: Arquitectura IMS
- **TS 24.229**: Perfil SIP IMS
- **TS 33.203**: Seguridad de Acceso
- **TS 23.167**: Servicios de Emergencia
- **TS 29.214**: Interfaz Rx (PCRF)

RFCs

- **RFC 3261**: SIP
- **RFC 3327**: Encabezado Path
- **RFC 3608**: Encabezado Service-Route
- **RFC 3GPP-IMS**: Encabezados P (P-Asserted-Identity, etc.)
- **RFC 5626**: Salida (gestión de conexión)

Guía de Operaciones del S-CSCF

Tabla de Contenidos

1. Descripción General
2. Rol en la Arquitectura IMS
3. Funciones del S-CSCF
4. Operaciones de la Interfaz Web
5. Flujos de Llamadas
6. Resolución de Problemas

Descripción General

El **S-CSCF** (Serving Call Session Control Function) es el servidor central de control de sesiones en el núcleo IMS. Realiza registro, autenticación, enrutamiento de sesiones y activación de servicios. El S-CSCF es el registrador autorizado para los usuarios en su red local y mantiene un estado completo de sesión para todas las llamadas.

Especificaciones 3GPP

- **3GPP TS 23.228**: Subsistema Multimedia IP (IMS) Etapa 2
- **3GPP TS 24.229**: Protocolo de Control de Llamadas IMS
- **3GPP TS 29.228**: Interfaz Cx (S-CSCF a HSS)
- **3GPP TS 29.229**: Protocolos Cx y Dx
- **3GPP TS 23.218**: Interfaz ISC (S-CSCF a AS)
- **3GPP TS 32.260**: Carga IMS

Responsabilidades Clave

1. **Autoridad de Registro**: Registrador SIP autorizado para usuarios de la red local
2. **Autenticación**: Valida las credenciales del usuario a través del HSS
3. **Enrutamiento de Sesiones**: Enruta llamadas de origen y terminación
4. **Activación de Servicios**: Invoca Servidores de Aplicaciones basados en iFC (Criterios de Filtro Inicial)
5. **Gestión de Perfiles de Usuario**: Almacena y aplica perfiles de servicio del HSS
6. **Presencia**: Maneja SUBSCRIBE/PUBLISH/NOTIFY para servicios de presencia
7. **Interconexión PSTN**: Enruta hacia/desde redes PSTN heredadas

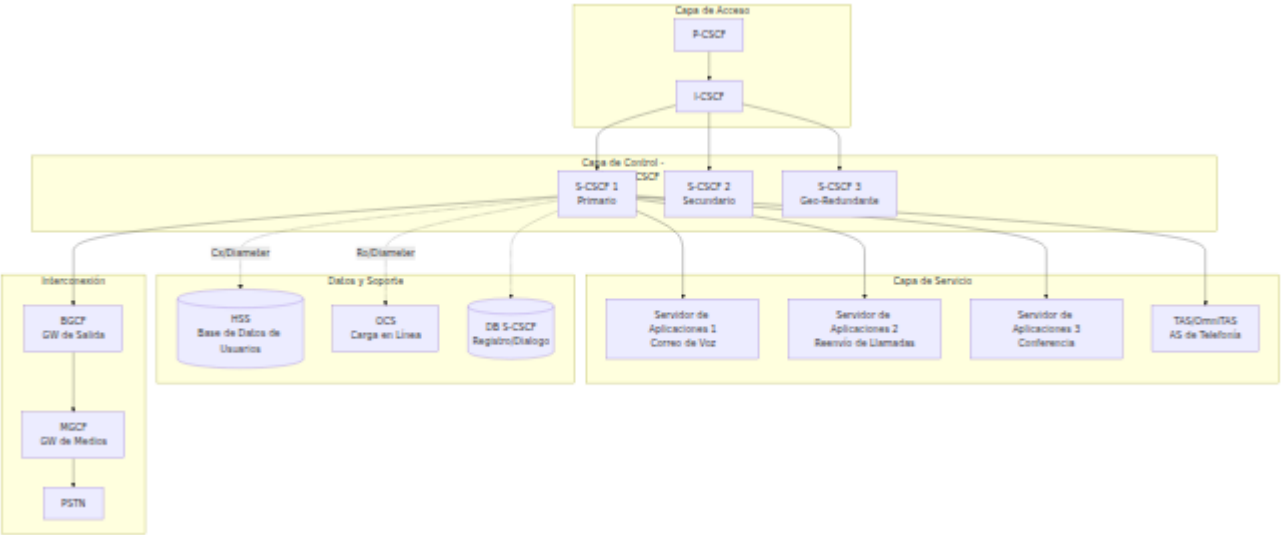
Nota sobre Carga: Aunque el S-CSCF tiene la capacidad de realizar carga en línea a través de la interfaz Ro a un OCS (Sistema de Carga en Línea), **en nuestras implementaciones, esta funcionalidad está típicamente deshabilitada**. La carga se maneja en su lugar por el **TAS (Servidor de Aplicaciones de Telefonía)** donde puede contabilizar adecuadamente escenarios complejos como reenvío de llamadas, transferencia de llamadas, roaming en redes 2G/3G y otros servicios suplementarios que el S-CSCF solo no puede rastrear con precisión.

Características Clave

- **Con estado**: Mantiene el estado completo del diálogo
- **Lógica de Servicio**: Ejecuta reglas de enrutamiento complejas y activaciones de servicio
- **Integración HSS**: Sincronización continua con la base de datos de usuarios
- **Interfaz de Servidor de Aplicaciones**: ISC (Control de Servicio IMS)
- **CSCF Más Complejo**: Mayor configuración y más características

Rol en la Arquitectura IMS

Posición en la Red



Puntos de Referencia 3GPP

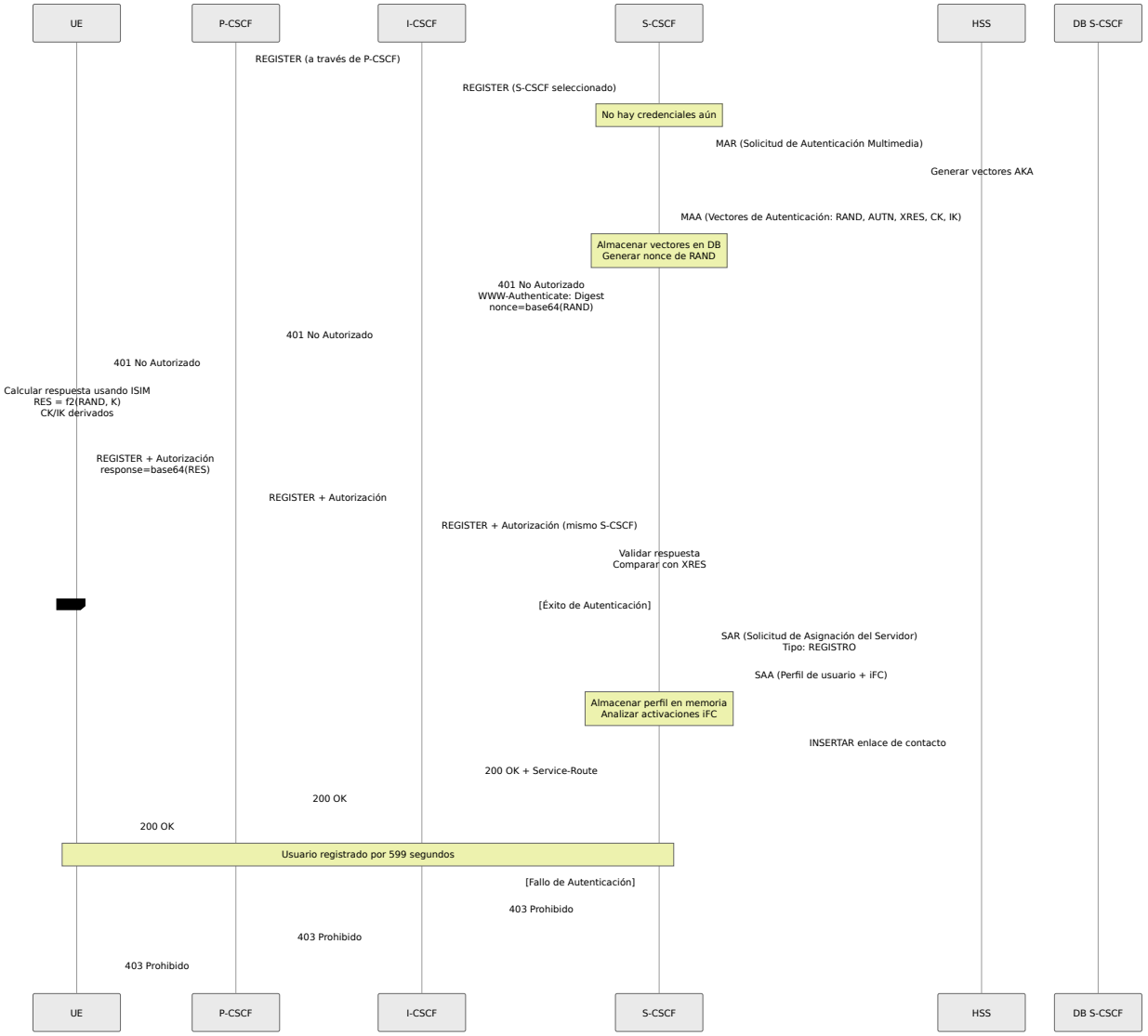
Interfaz	Protocolo	Propósito	Conectado a
Mw	SIP	I-CSCF/P-CSCF a S-CSCF	I-CSCF, P-CSCF
ISC	SIP	S-CSCF a Servidor de Aplicaciones	AS, TAS
Cx	Diameter	Datos de usuario, autenticación, registro	HSS
Ro	Diameter	Carga en línea (tiempo real)	OCS
Rf	Diameter	Carga fuera de línea (CDR)	CDF/CGF
Mi	SIP	S-CSCF a BGCF	BGCF (enrutamiento PSTN)

Funciones del S-CSCF

1. Registro y Autenticación

El S-CSCF es el registrador autorizado que valida las credenciales del usuario y almacena los enlaces de registro.

Flujo de Registro con Autenticación



Algoritmos de Autenticación Soportados

Configuración: El S-CSCF está configurado con los siguientes parámetros de autenticación:

- Tiempo de espera del vector de autenticación: 599 segundos

- Tamaño del hash de datos de autenticación: 1024 cubos
- Verifica solo IMPU para autenticación (no IMPI)

Algoritmos Soportados:

- **AKAv1-MD5**: 3GPP AKA con MD5 (más común para LTE/5G)
- **AKAv2-MD5**: AKA mejorado
- **MD5**: Digest HTTP
- **CableLabs-Digest**: PacketCable/IMS para redes de cable
- **3GPP-Digest**: Variante Digest-MD5
- **TISPAN-HTTP_DIGEST_MD5**: ETSI TISPAN
- **Seleccionado por HSS**: Dejar que el HSS elija el algoritmo

Flujo AKA:

1. **RAND**: Desafío aleatorio (128 bits)
2. **AUTN**: Token de autenticación para probar la identidad del HSS
3. **XRES**: Respuesta esperada del UE
4. **CK/IK**: Clave de Cifrado / Clave de Integridad para IPsec

Generación de Nonce:

```
nonce = base64(RAND) + ":" + algorithm_indicator
```

Validación de Respuesta:

```
UE_response = base64(RES)
Expected = base64(XRES)

if (UE_response == Expected) {
    # Éxito de autenticación
} else {
    # Fallo de autenticación
}
```

Re-Sincronización AKA

Si el número de secuencia (SQN) del UE está fuera de sincronización con el HSS:

Proceso:

1. UE envía AUTS (token de sincronización de autenticación) en el encabezado de Autorización
2. S-CSCF extrae AUTS del encabezado
3. S-CSCF envía MAR (Solicitud de Autenticación Multimedia) con AUTS al HSS
4. HSS re-sincroniza su número de secuencia y envía nuevos vectores de autenticación
5. S-CSCF recibe nuevos vectores y continúa el flujo de autenticación

Parámetros de Registro

El S-CSCF está configurado con los siguientes parámetros de registro:

Tiempos de Expiración de Registro:

- Expira por defecto/min/max: 599 segundos (aproximadamente 10 minutos)
- Expira por defecto/min/max de suscripción: 599 segundos

Gestión de Contactos:

- Máximo de contactos por IMPU: 1 (registro de un solo dispositivo)
- Comportamiento de contacto máximo: Sobrescribir el más antiguo (cuando se excede el límite, eliminar el contacto más antiguo)

2. Base de Datos de Ubicación de Usuarios (USRLOC)

El S-CSCF mantiene una base de datos de usuarios registrados y sus enlaces de contacto.

Estructura de la Base de Datos

El S-CSCF mantiene varias tablas de base de datos para almacenar información de registro y usuario:

Tabla IMPU: Almacena Identidades Públicas Multimedia IP (los URI SIP con los que los usuarios se registran). Cada IMPU tiene atributos como:

- Identidad pública (sip:user@domain.com)
- Tipo (identidad de usuario público vs. identidad de servicio público)
- Estado de prohibición
- Estado de registro (registrado/no registrado)
- Direcciones de función de carga (CCF1, CCF2, ECF1, ECF2)

Tabla de Contactos IMPU: Almacena los enlaces de contacto reales para cada IMPU, incluyendo:

- URI de contacto (dónde alcanzar el dispositivo)
- Tiempo de expiración
- Encabezado de ruta (ruta de regreso a través de P-CSCF)
- Cadena User-Agent
- Dirección recibida (IP real de donde vino el REGISTER)

Tabla de Suscriptores: Mapea IMPIs (Identidades Privadas) a sus IMPUs asociados. Una identidad privada puede tener múltiples identidades públicas.

Tabla de Perfiles de Servicio: Almacena el perfil XML del usuario recibido del HSS durante el registro, incluyendo Criterios de Filtro Inicial (iFC) para la activación de servicios.

Configuración de la Tabla Hash

El S-CSCF utiliza una tabla hash en memoria para búsquedas rápidas de registro. Para implementaciones con más de 20,000 usuarios, el tamaño del hash debe ajustarse adecuadamente (por ejemplo, 8,192 cubos para ~50,000 usuarios) para mantener el rendimiento de búsqueda.

Gestión de Registros a través de la Interfaz Web

Todas las operaciones de ubicación de usuarios se pueden realizar a través de la **interfaz web del panel de control** en `/scscf`:

- **Pestaña de Lista de Registros**: Ver todos los usuarios registrados con paginación y búsqueda

- **Pestaña de Ubicación de Usuarios**: Consultar detalles específicos de IMPU incluyendo todos los enlaces de contacto
- **Acciones Rápidas**: Buscar, dar de baja, volcar IFC y probar operaciones IFC

La interfaz web proporciona una vista en tiempo real del estado de registro, enlaces de contacto y permite acciones administrativas como la baja forzada cuando sea necesario para la resolución de problemas.

3. Criterios de Filtro Inicial (iFC) y Activación de Servicios

El S-CSCF evalúa **iFC** (Criterios de Filtro Inicial) del perfil de servicio del usuario para determinar cuándo invocar Servidores de Aplicaciones.

Estructura iFC (XML)

Ejemplo del Perfil de Usuario HSS:

```
<IMSSubscription>
  <PrivateID>user@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org</PrivateID>
  <ServiceProfile>
    <PublicIdentity>

<Identity>sip:user@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org</Identity>
      <IdentityType>0</IdentityType>  <!-- 0=identidad de usuario
público -->
    </PublicIdentity>

    <InitialFilterCriteria>
      <Priority>0</Priority>  <!-- Menor = mayor prioridad -->
      <TriggerPoint>
        <ConditionTypeCNF>1</ConditionTypeCNF>  <!-- 0=DNF, 1=CNF
-->
        <SPT>
          <ConditionNegated>0</ConditionNegated>
          <Group>0</Group>
          <Method>INVITE</Method>
        </SPT>
        <SPT>
          <ConditionNegated>0</ConditionNegated>
          <Group>0</Group>
          <SessionCase>0</SessionCase>  <!-- 0=originando -->
        </SPT>
      </TriggerPoint>
      <ApplicationServer>

<ServerName>sip:tas.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org</ServerName>
        <DefaultHandling>0</DefaultHandling>  <!--
0=SESION_CONTINUADA, 1=SESION_TERMINADA -->
      </ApplicationServer>
    </InitialFilterCriteria>

    <InitialFilterCriteria>
      <Priority>1</Priority>
      <TriggerPoint>
        <ConditionTypeCNF>0</ConditionTypeCNF>  <!-- DNF -->
        <SPT>
          <ConditionNegated>0</ConditionNegated>
          <Group>0</Group>
          <RequestURI>^sip:\+1800.*</RequestURI>  <!-- Sin costo -
->
```

```
        </SPT>
      </TriggerPoint>
      <ApplicationServer>
        <ServerName>sip:tollfree-as.example.com</ServerName>
        <DefaultHandling>0</DefaultHandling>
      </ApplicationServer>
    </InitialFilterCriteria>
  </ServiceProfile>
</IMSSubscription>
```

Activaciones de Puntos de Servicio (SPT)

Tipos de SPT:

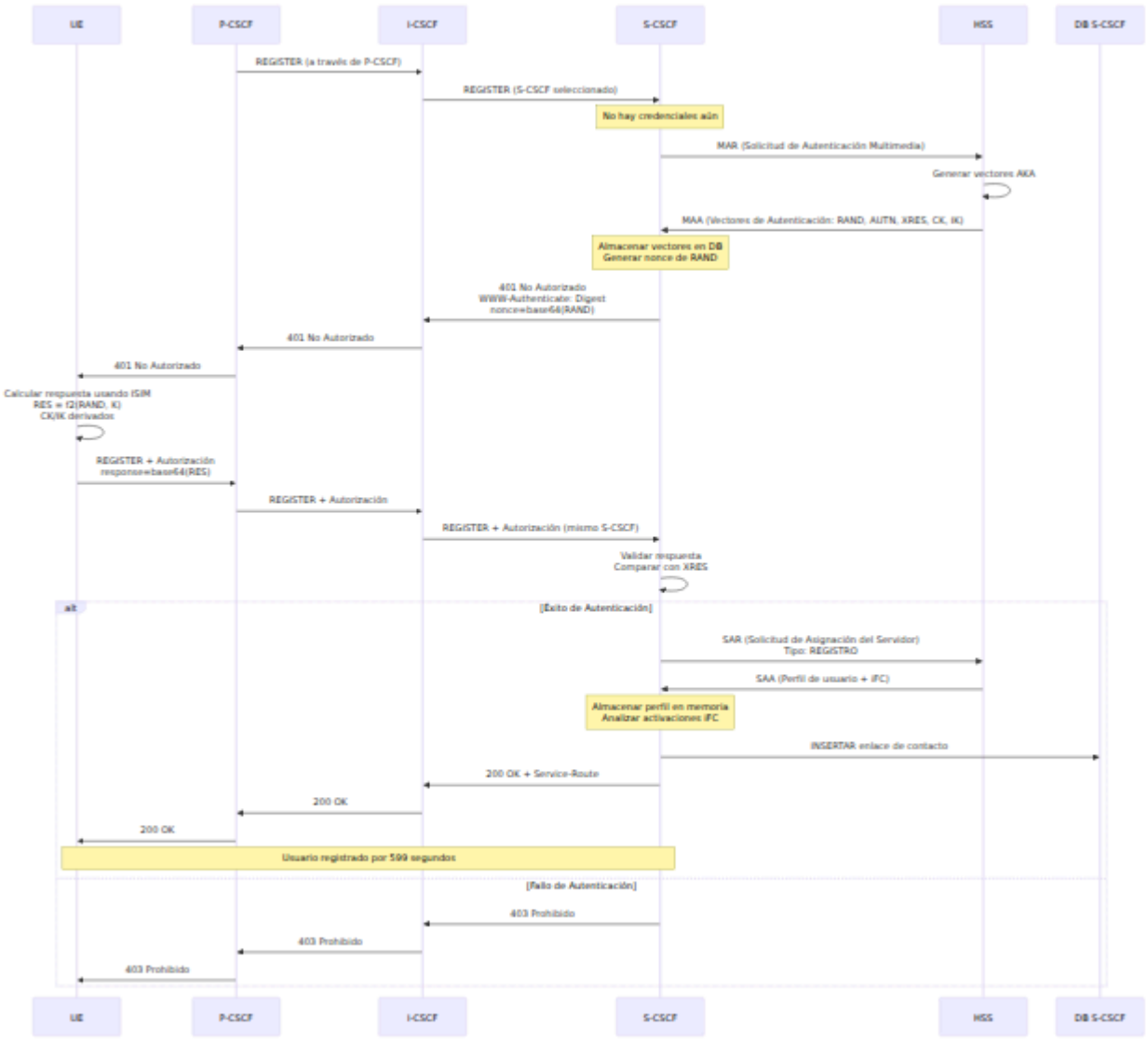
1. **Método**: Método SIP (INVITE, MESSAGE, SUBSCRIBE, etc.)
2. **RequestURI**: Regex en Request-URI
3. **SIPHeader**: Verificar presencia/valor de encabezado SIP
4. **SessionCase**: Originando (0), Terminando (1), Terminando No Registrado (2)
5. **SessionDescription**: Contenido SDP (tipo de medio, códec, etc.)

Lógica:

- **CNF** (Forma Normal Conjuntiva): AND de ORs - `(A OR B) AND (C OR D)`
- **DNF** (Forma Normal Disyuntiva): OR de ANDs - `(A AND B) OR (C AND D)`

Grupo: Los SPT con el mismo número de grupo se combinan con OR, luego los grupos se combinan con AND (para CNF).

Flujo de Coincidencia de iFC



Pruebas de iFC a través de la Interfaz Web

El panel de control proporciona dos operaciones a través de la interfaz web:

1. **Volcar iFC**: Mostrar todos los iFC para un usuario - muestra la estructura XML completa de los puntos de activación y el enrutamiento del Servidor de Aplicaciones

2. **Probar iFC**: Simular una llamada para ver qué AS se activaría - prueba un escenario de llamada hipotético con IMPU especificado, URI de origen y URI de destino para determinar qué iFC coincidiría

Flujo de Trabajo de la Interfaz Web:

1. Navegar a la página S-CSCF
2. Hacer clic en la pestaña "IFC"

3. Ingresar IMPU
4. Elegir "Volcar IFC" o "Probar IFC"
5. Ver estructura detallada de iFC con puntos de activación y enrutamiento de AS

4. Gestión de Diálogos

El S-CSCF mantiene el estado completo del diálogo SIP para todas las llamadas activas.

Base de Datos de Diálogos

El S-CSCF mantiene una tabla de diálogos que rastrea llamadas activas con la siguiente información:

- Call-ID (identificador único para el diálogo SIP)
- URIs y etiquetas de From/To
- Números de secuencia del llamador y del llamado (CSeq)
- Conjuntos de rutas para ambas partes
- Direcciones de contacto
- Información de socket
- Estado del diálogo y marcas de tiempo
- Valores de tiempo de espera

Estados de Diálogo

Los diálogos transitan a través de tres estados:

- **Temprano**: Respuesta provisional recibida (por ejemplo, 180 Ringing)
- **Confirmado**: 200 OK recibido y ACK enviado/recibido (llamada activa)
- **Eliminado**: BYE enviado/recibido (llamada finalizada)

Configuración del Diálogo

El módulo de diálogo está configurado para:

- Detectar enrutamiento espiral (la misma solicitud pasando varias veces)
- Mantener perfiles separados para los lados de origen y terminación

- Persistir diálogos en la base de datos (modo de escritura a través con actualizaciones periódicas)
- Establecer tiempos de espera específicos del diálogo
- Rastrear conjuntos de rutas para un enrutamiento adecuado dentro del diálogo

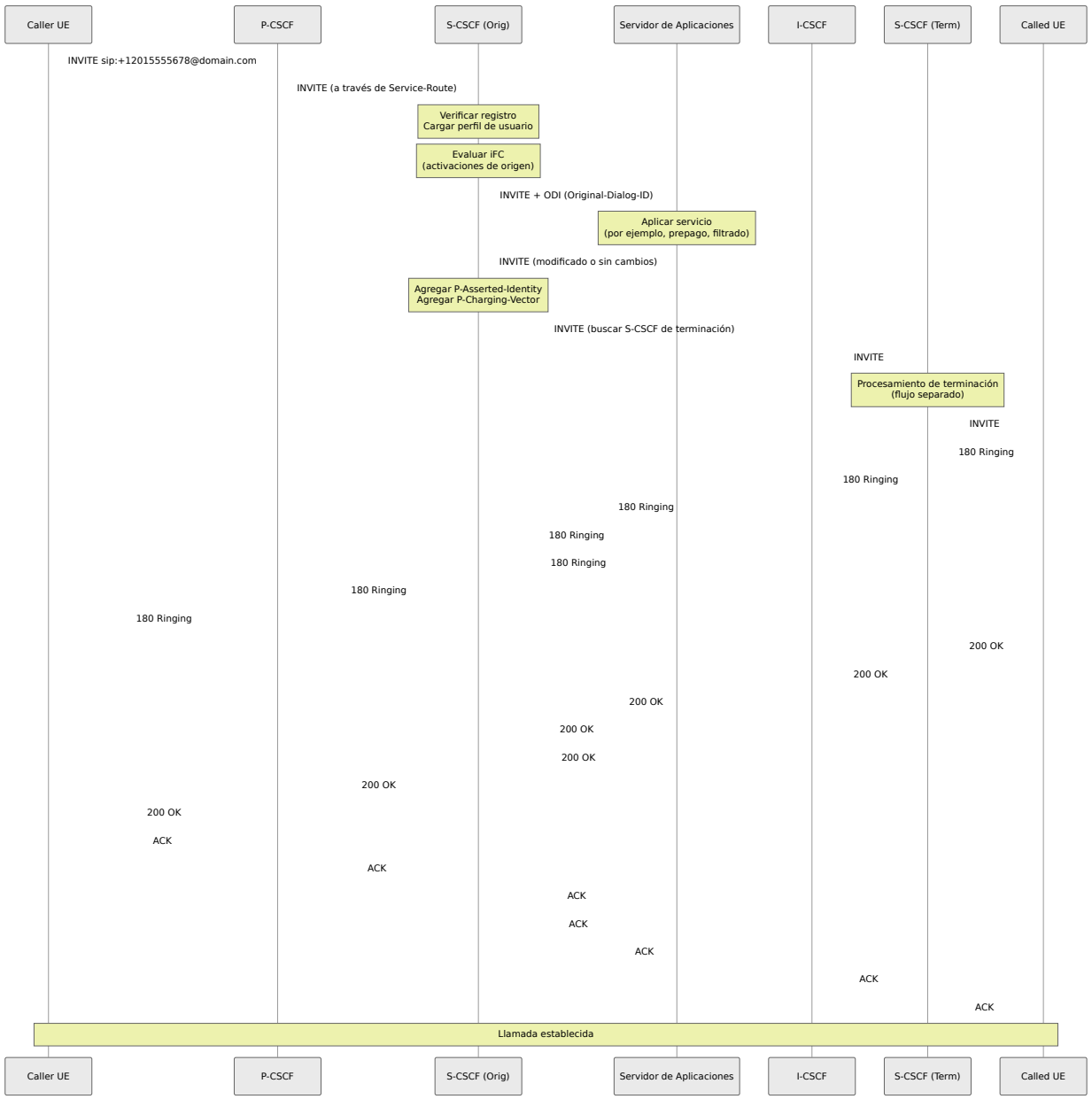
Operaciones de la Interfaz Web:

1. Navegar a S-CSCF → pestaña Diálogos
2. Ver llamadas activas con:
    - Call-ID
    - URIs de From/To
    - Estado (Temprano/Confirmado)
    - Hora de inicio
    - Tiempo de espera
3. Hacer clic en "Finalizar Diálogo" para terminar una llamada específica
4. Hacer clic en "Finalizar Todos los Diálogos Activos" para una terminación masiva de emergencia

5. Manejo de Llamadas de Origen

Cuando un usuario registrado inicia una llamada, el S-CSCF la procesa como una sesión **de origen**.

Flujo de Llamada de Origen



Configuración de Ruta de Origen

Procesamiento de Llamadas de Origen: El S-CSCF realiza varios pasos de validación y enrutamiento al procesar llamadas de origen:

1. **Verificación de Registro**: Verifica que el usuario que llama esté actualmente registrado. Si no, la llamada se rechaza con una respuesta 403 Prohibido.

2. **Gestión del Encabezado de Identidad**:

    - Elimina cualquier encabezado P-Asserted-Identity existente de la solicitud

    - Agrega un nuevo encabezado P-Asserted-Identity que contenga la identidad del llamador autenticado

3. **Correlación de Carga**: Crea y agrega un encabezado P-Charging-Vector que contenga:
    - Identificador de Carga IMS (icid) generado a partir del Call-ID y la marca de tiempo
    - Identificador de Operador de Origen (orig-ioi) para carga entre operadores

4. **Activación de Servicios**: Evalúa los Criterios de Filtro Inicial (iFC) para activaciones de sesión de origen para determinar si se deben invocar Servidores de Aplicaciones

5. **Carga en Línea** (si está habilitada): Inicia una Solicitud de Control de Crédito Diameter Ro (CCR) con tipo de evento "0" (solicitud inicial) para llamadas de origen

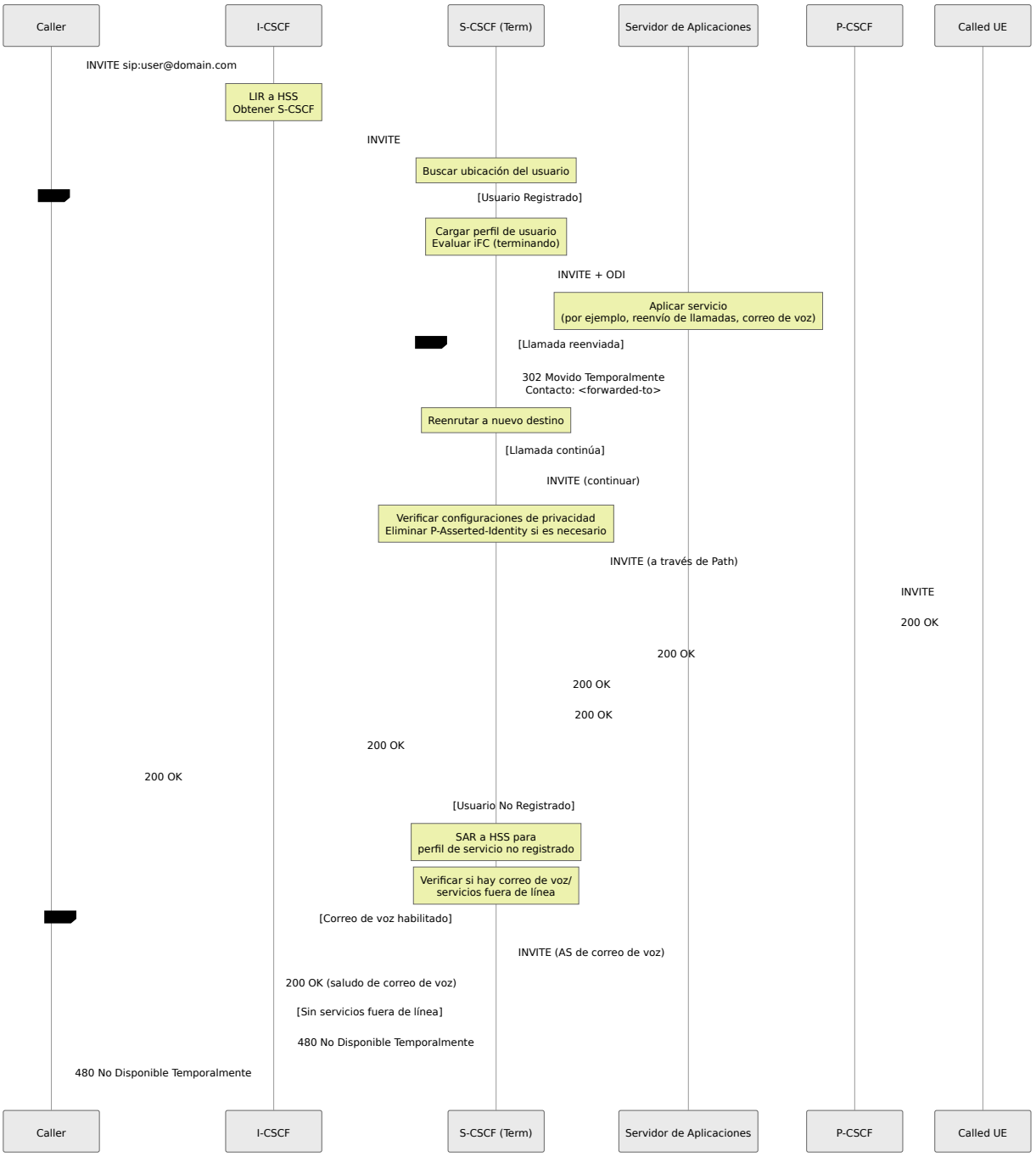
6. **Seguimiento de Diálogos**: Asigna la llamada al perfil de diálogo "orig" (de origen) para fines de seguimiento

7. **Decisión de Enrutamiento**: Enruta la llamada ya sea a manejo PSTN (si el destino es un número de teléfono) o al I-CSCF de terminación para enrutamiento IMS

6. Manejo de Llamadas de Terminación

Cuando una llamada está destinada a un usuario registrado, el S-CSCF la procesa como **de terminación**.

Flujo de Llamada de Terminación



Configuración de Ruta de Terminación

Procesamiento de Llamadas de Terminación: El S-CSCF maneja llamadas de terminación intentando primero localizar al usuario llamado y luego aplicando la lógica de servicio apropiada:

1. **Búsqueda de Ubicación del Usuario**: Consulta la base de datos de registro para determinar si el usuario llamado está actualmente registrado

- Utiliza el nombre de usuario y dominio del Request-URI para construir el IMPU
- Recupera enlaces de contacto e información de enrutamiento si está registrado

2. **Si el Usuario NO Está Registrado**:

   - Intenta recuperar el perfil de servicio no registrado del HSS a través de una Solicitud de Asignación del Servidor (SAR)
   - Si tiene éxito, evalúa iFC para activaciones de sesión "no registradas" (por ejemplo, correo de voz, servicios fuera de línea)
   - Si no hay servicios no registrados disponibles, responde con 480 No Disponible Temporalmente

3. **Si el Usuario ESTÁ Registrado**:

   - Evalúa iFC para activaciones de sesión "terminando" para determinar la invocación del Servidor de Aplicaciones
   - Inicia carga en línea (si está habilitada) enviando un CCR Diameter Ro con tipo de evento "0" para llamadas de terminación
   - Asigna la llamada al perfil de diálogo "term" (de terminación) para seguimiento
   - Reenvía el INVITE al P-CSCF registrado utilizando el encabezado Path almacenado durante el registro

7. Interconexión PSTN a través de OmniTAS

El S-CSCF enruta llamadas hacia/desde PSTN a través de la **interfaz Mi** al **BGCF (Función de Control de Puerta de Salida)**, que está integrada dentro de OmniTAS en nuestra implementación.

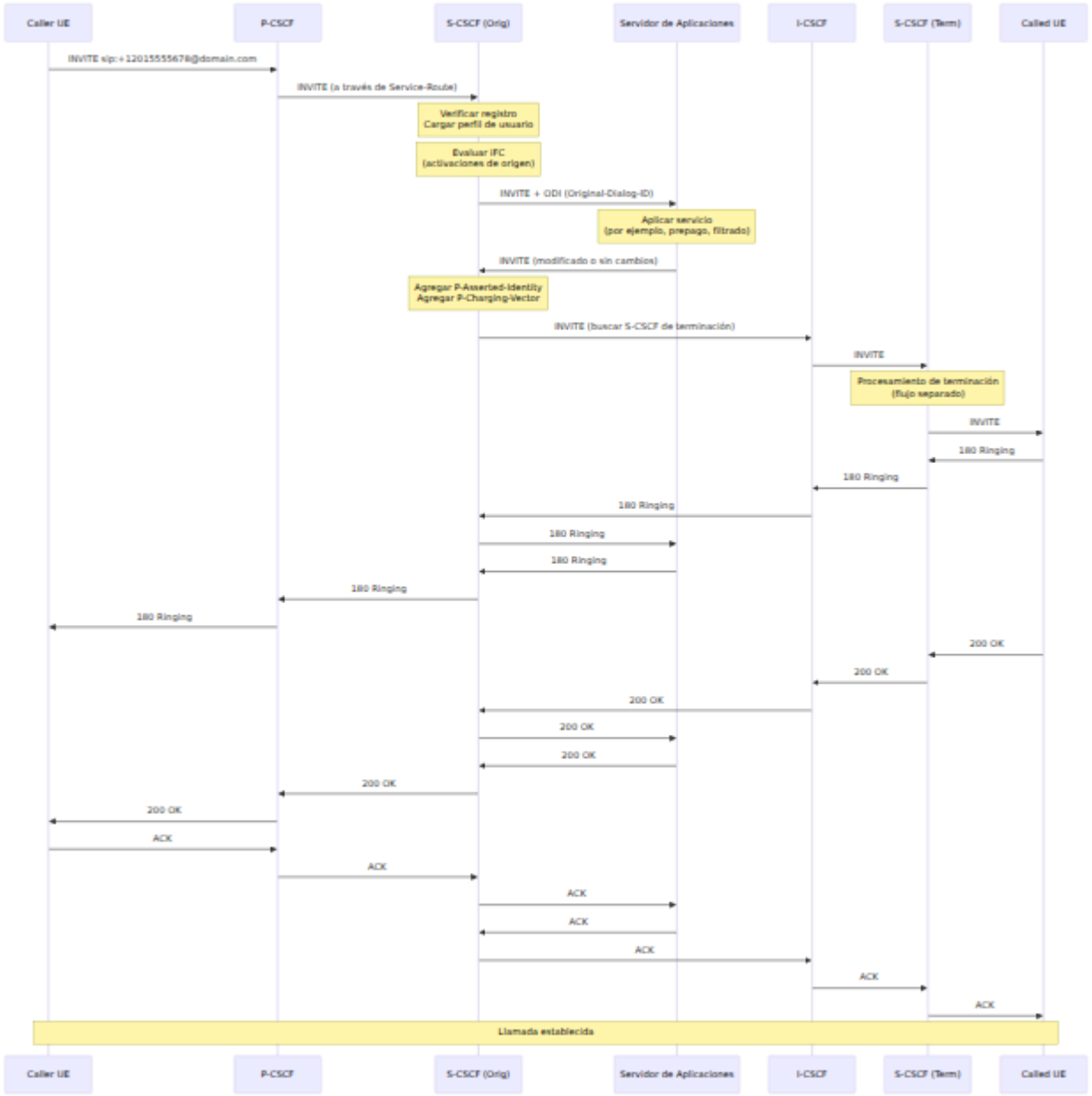
Interfaz Mi - S-CSCF a BGCF

Punto de Referencia 3GPP: Mi (interfaz SIP entre S-CSCF y BGCF)

La interfaz Mi se utiliza cuando el S-CSCF determina que una llamada necesita salir a la PSTN. En nuestra arquitectura, la funcionalidad BGCF está integrada

directamente en OmniTAS, por lo que todas las llamadas originadas en móviles (MO) destinadas a números PSTN se enrutaron a OmniTAS.

Flujo de Enrutamiento PSTN



Cómo Funciona el Enrutamiento PSTN:

1. **Detección del Número de Destino**: El S-CSCF examina el Request-URI para determinar si el destino es un número de teléfono (formato E.164 como +12015551234)

2. **Enrutar a OmniTAS**: Para destinos PSTN, el S-CSCF enruta la llamada a través de la interfaz Mi a OmniTAS, que incluye funcionalidad BGCF integrada

3. **Procesamiento BGCF en OmniTAS**: OmniTAS determina el punto de salida PSTN apropiado basado en:
    - Análisis del número de destino (código de país, código de área)
    - Reglas de enrutamiento de menor costo
    - Grupos de troncos disponibles
    - Selección de operador
4. **Salida PSTN**: OmniTAS maneja la interacción real de la puerta de medios para completar la llamada a la red PSTN

Detalles de la Interfaz Mi:

- **Protocolo**: SIP
- **Propósito**: Enrutar llamadas destinadas a PSTN desde S-CSCF a BGCF
- **Dirección**: S-CSCF → OmniTAS (con BGCF)
- **Tipos de Llamadas**: Llamadas originadas en móviles (MO) a números PSTN

Configuración: El S-CSCF está configurado para reconocer destinos PSTN (números de teléfono) y enrutarlos a OmniTAS. Cuando OmniTAS se utiliza como el TAS (Servidor de Aplicaciones de Telefonía), incluye inherentemente capacidades BGCF, eliminando la necesidad de un componente BGCF separado.

8. Arquitectura de Carga

El S-CSCF tiene la capacidad integrada de interconectarse con un OCS (Sistema de Carga en Línea) a través de la interfaz Diameter Ro para control de crédito en tiempo real. Sin embargo, **en nuestras implementaciones, la carga del S-CSCF está típicamente deshabilitada** a favor de realizar la carga a nivel del **TAS (Servidor de Aplicaciones de Telefonía)**.

Por Qué la Carga se Realiza en el TAS en Lugar de en el S-CSCF

Ventajas de la Carga Basada en TAS:

1. **Escenarios de Reenvío de Llamadas**: Cuando una llamada se reenvía, el S-CSCF solo ve el INVITE inicial al destino original. No tiene visibilidad sobre

la lógica de reenvío o el destino final. El TAS, sin embargo, maneja el servicio de reenvío y sabe:

- Quién inició la llamada
- Para quién fue originalmente la llamada
- A dónde se reenvió la llamada
- Duración de la llamada reenviada
- Parte adecuada para cargar (llamador, reenvío o ambos)

2. **Roaming 2G/3G**: Cuando los suscriptores están en roaming en redes heredadas 2G/3G, las llamadas pueden eludir completamente el núcleo IMS y enrutar a través de infraestructura de conmutación de circuitos. El TAS se integra con dominios IMS y CS (Conmutación de Circuitos) y puede:

    - Detectar cuándo un suscriptor está en roaming en 2G/3G
    - Aplicar cargos de roaming apropiados
    - Rastrear la duración de la llamada a través de tipos de red
    - Manejar transferencias entre dominios IMS y CS

3. **Transferencia de Llamadas**: Similar al reenvío de llamadas, las transferencias de llamadas implican cambios en medio de la llamada que el S-CSCF no rastrea:

    - Transferencias ciegas (entrega inmediata)
    - Transferencias atendidas (consulta y luego entrega)
    - Transferencia a correo de voz
    - Transferencias de múltiples partes

4. **Llamadas en Conferencia**: Las conferencias de múltiples partes requieren lógica de carga especial:

    - Quién inició la conferencia
    - Cuántos participantes
    - Duración que cada participante estuvo en la llamada
    - Diferentes tarifas para el iniciador de la conferencia frente a los participantes

5. **Servicios Suplementarios**: Servicios como espera de llamada, retención de llamada y llamada a tres vías requieren que el TAS entienda el estado del servicio:
    - Múltiples llamadas simultáneas por usuario
    - Eventos de retención/reanudación
    - Llamadas fusionadas
6. **Lógica de Prepago vs. Postpago**: El TAS puede aplicar diferentes estrategias de carga:
    - Prepago: Verificaciones de crédito en tiempo real y corte de llamada
    - Postpago: Generación de CDR para facturación mensual
    - Híbrido: Diferentes tarifas para diferentes características de servicio
7. **Flexibilidad de Tarifas**: El TAS tiene el contexto completo para aplicar reglas de tarifas complejas:
    - Precios según la hora del día
    - Precios basados en el destino (local, larga distancia, internacional)
    - Descuentos por volumen
    - Tarifas promocionales
    - Minutos agrupados frente a cargos por exceso

Limitaciones de Carga del S-CSCF:

- Solo ve el diálogo SIP básico (INVITE → 200 OK → BYE)
- Sin conocimiento de servicios suplementarios
- No puede rastrear cambios de estado de llamadas en medio de la llamada
- Contexto limitado para decisiones de tarifas
- No entiende la actividad del dominio CS

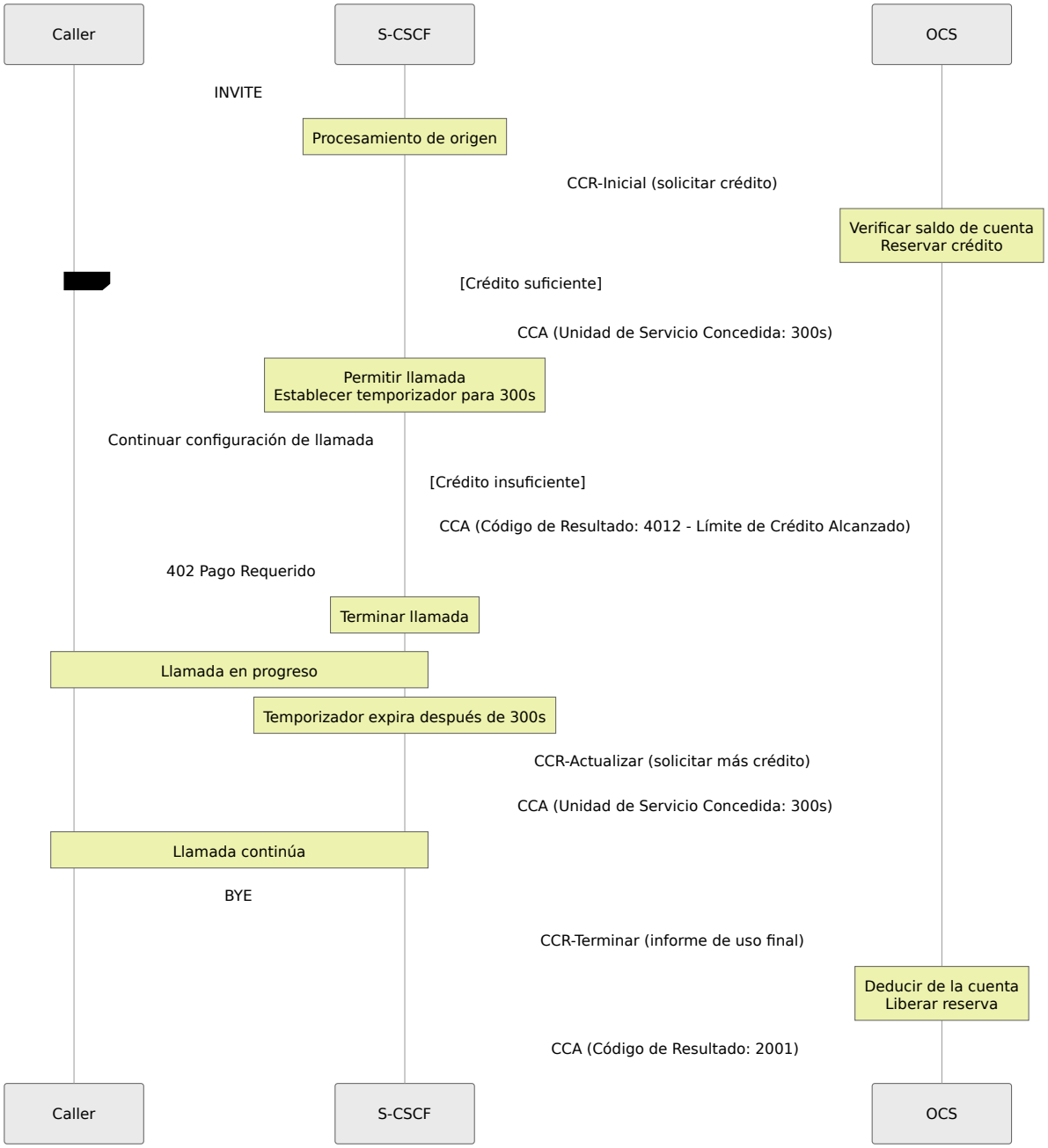
Interfaz Ro del S-CSCF (Disponible pero Deshabilitada por Defecto)

Aunque no se utiliza en producción, el S-CSCF admite carga en línea a través de Diameter Ro. Esta capacidad permanece en la configuración pero está desactivada.

Cómo Funcionaría la Carga del S-CSCF (Si Estuviera Habilitada)

Si se habilitara la carga del S-CSCF, el sistema utilizaría la interfaz Diameter Ro (ID de Aplicación 4) para comunicarse con un OCS. El S-CSCF estaría configurado con la información del par OCS (FQDN, realm, puerto 3868) y enviaría Solicitudes de Control de Crédito (CCR) en tres puntos clave en el ciclo de vida de la llamada:

Flujo CCR (Si Estuviera Habilitado):



Cuándo Se Activaría la Carga:

1. **CCR-Inicial**: Enviado cuando se recibe el INVITE, antes de permitir que la llamada continúe. El OCS verifica el saldo de la cuenta y concede crédito (permitiendo la llamada) o lo niega (llamada rechazada con 402 Pago Requerido).

2. **CCR-Actualizar**: Enviado periódicamente durante la llamada basado en el tiempo de Unidad de Servicio Concedida del OCS (por ejemplo, cada 300 segundos). Esto asegura que las llamadas largas no excedan el crédito disponible.

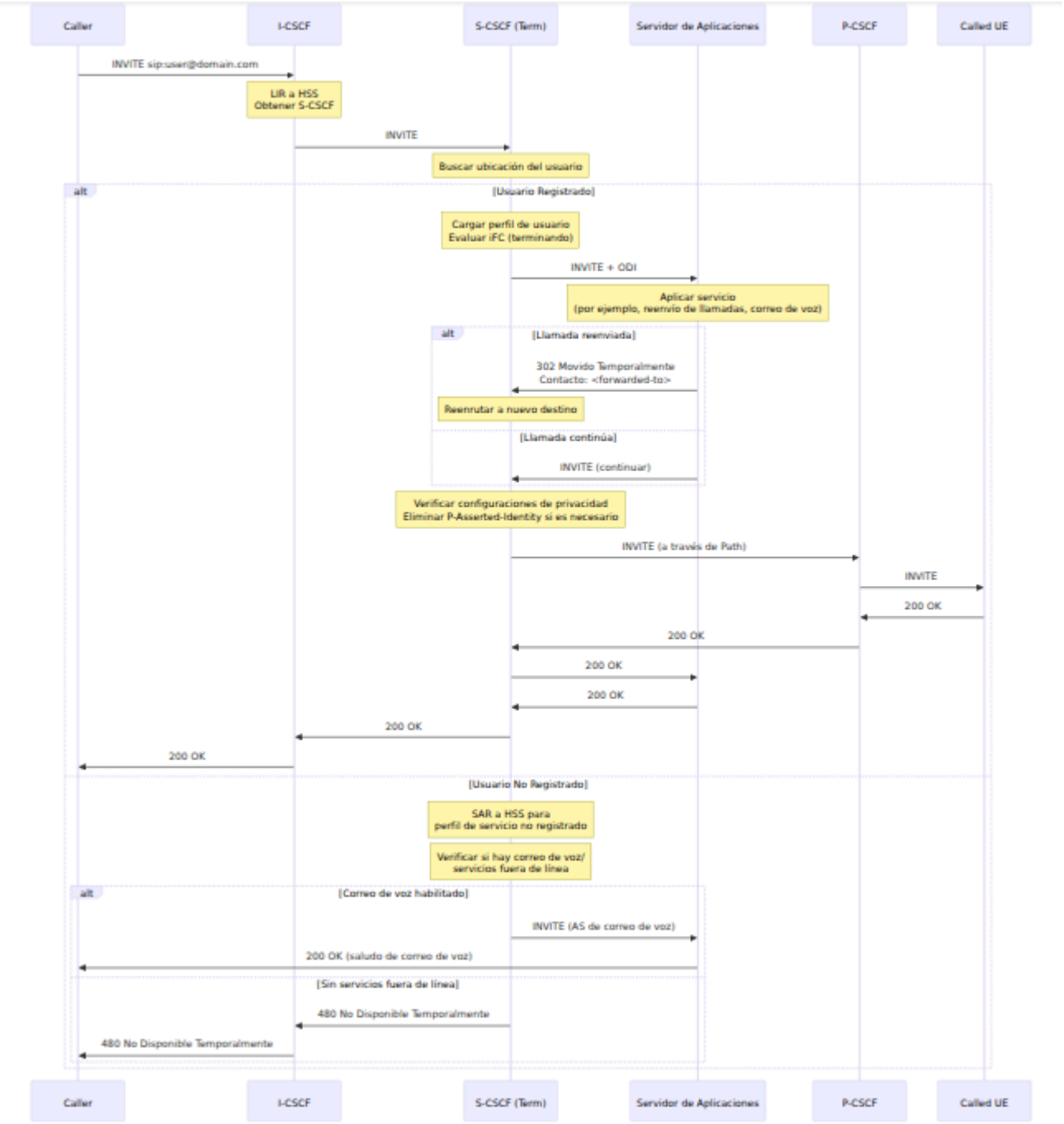
3. **CCR-Terminar**: Enviado cuando la llamada finaliza (se recibe BYE o se agota el diálogo), informando el uso final al OCS para la deducción de la cuenta.

Implementación Real: Dado que esta funcionalidad de carga está deshabilitada en nuestras implementaciones, el S-CSCF simplemente enruta llamadas sin ninguna verificación de crédito. Toda la lógica de carga se maneja aguas abajo por el TAS, que tiene visibilidad completa sobre el flujo de llamada completo y el contexto del servicio.

9. Presencia y SUBSCRIBE/PUBLISH

El S-CSCF maneja la presencia SIP para el estado de disponibilidad del usuario.

Arquitectura de Presencia



Configuración de Presencia

La funcionalidad de presencia del S-CSCF está configurada con:

- **Máximo expira**: 3600 segundos (1 hora) - duración máxima de suscripción
- **Estado por defecto**: "activo" - el estado de presencia por defecto es activo
- **Soporte PIDF**: Habilitado - permite la modificación de documentos PIDF (Formato de Datos de Información de Presencia)

Manejo de PUBLISH

Procesamiento de Publicación de Presencia: Cuando el S-CSCF recibe una solicitud PUBLISH (utilizada para actualizar el estado de presencia):

1. **Detección de Método**: Verifica si la solicitud entrante es un método PUBLISH
2. **Verificación de Autorización**: Verifica que el usuario esté actualmente registrado en la base de datos de ubicación. Si no está registrado, responde con 403 Prohibido
3. **Actualización de Presencia**: Procesa la solicitud PUBLISH para actualizar la información de presencia del usuario en la base de datos de presencia
4. **Manejo de Errores**: Si el manejo de presencia falla (por ejemplo, error de base de datos, documento de presencia mal formado), responde con 500 Error del Servidor

Manejo de SUBSCRIBE

Procesamiento de Suscripción de Presencia: Cuando el S-CSCF recibe una solicitud SUBSCRIBE (utilizada para observar la presencia de otro usuario):

1. **Detección de Método**: Verifica si la solicitud entrante es un método SUBSCRIBE
2. **Verificación de Tipo de Evento**: Examina el encabezado Event para determinar el tipo de suscripción
   - Si el Evento es "reg" (paquete de evento de registro), esta es una suscripción a cambios de estado de registro
   - Para suscripciones de eventos reg, realiza una Solicitud de Asignación del Servidor (SAR) al HSS si el usuario no está registrado, para obtener el perfil de servicio
   - Evalúa iFC para activaciones de "suscripción" para determinar si algún Servidor de Aplicaciones debe manejar la suscripción
3. **Procesamiento de Suscripción de Presencia**: Maneja la solicitud SUBSCRIBE para crear o actualizar una suscripción de observador de presencia
4. **Manejo de Errores**: Si el procesamiento de la suscripción falla, responde con 500 Error del Servidor

Operaciones de la Interfaz Web

Accediendo a la Página S-CSCF

Navegar a: `https://<panel-de-control>/scscf`

Diseño de la Página

La página S-CSCF tiene cinco pestañas principales:

1. **Lista de Registros** - Lista paginada de usuarios registrados
2. **Ubicación de Usuarios** - Consultar detalles específicos de IMPU
3. **Diálogos** - Sesiones de llamadas activas
4. **IFC** - Gestión y prueba de Criterios de Filtro Inicial
5. **Tablas Hash** - Tablas de memoria compartida

Pestaña de Lista de Registros

Propósito: Ver todos los usuarios registrados con paginación

Columnas de Visualización:

- **IMPU**: Identidad Pública Multimedia IP (URI SIP)
- **Contactos**: Número de enlaces de contacto registrados
- **Estado**: Estado de registro (Registrado/No Registrado)
- **Expira**: Marca de tiempo de expiración del registro

Características:

- Paginación (50 usuarios por página)
- Búsqueda por IMPU o contacto
- Ordenar por columna
- Hacer clic en la fila para expandir y ver detalles de contacto

Ejemplo:

```
IMPU: sip:12015551234@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
Contactos: 1
Estado: Registrado
Expira: 2025-11-29 15:45:30

[Expandir para ver:]
  Contacto: sip:12015551234@10.4.12.100:5060;transport=tcp
  Ruta: <sip:term@pcscf.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org:5060;lr>
  User-Agent: Android IMS Client v1.0
  Recibido: 10.4.12.100:52341
```

Acciones Rápidas:

- **Buscar**: Búsqueda rápida para IMPU específico
- **Volcar IFC**: Ver Criterios de Filtro Inicial para el usuario
- **Probar IFC**: Simular llamada para probar activación de AS
- **Darse de baja**: Forzar la baja (¡usar con precaución!)

Pestaña de Ubicación de Usuarios

Propósito: Consulta detallada de un IMPU específico

Operaciones:

1. Ingresar IMPU (por ejemplo, `sip:user@domain.com`)
2. Hacer clic en "Buscar"
3. Ver información detallada:
    - Todos los contactos registrados
    - Encabezado Service-Route
    - Marcas de tiempo de registro
    - Encabezados de ruta
    - IMPIs asociados (Identidades Privadas)

Casos de Uso:

- Resolver por qué el usuario no puede recibir llamadas
- Verificar detalles de registro
- Comprobar enlaces de contacto
- Verificar rutas de servicio

Pestaña de Diálogos

Propósito: Monitorear y gestionar sesiones de llamadas activas

Columnas de Visualización:

- **Call-ID**: Call-ID SIP
- **From URI**: Identidad del llamador
- **To URI**: Identidad del llamado
- **Estado**: Temprano (sonando) o Confirmado (respondido)
- **Hora de Inicio**: Cuándo se creó el diálogo
- **Tiempo de Espera**: Valor de tiempo de espera del diálogo

Operaciones:

- **Actualizar**: Actualización manual (actualización automática cada 5s)
- **Finalizar Diálogo**: Terminar llamada específica (envía BYE)
- **Finalizar Todos los Diálogos Activos**: Terminación masiva de emergencia

Ejemplo:

```
Call-ID: 3c26700857a87f84@10.4.12.165
From: sip:12015551234@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
To: sip:+12015555678@ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org
Estado: Confirmado
Hora de Inicio: 2025-11-29 15:30:15
Tiempo de Espera: 360000 segundos

[Boton Finalizar Diálogo]
```

Advertencia: Finalizar diálogos terminará inmediatamente las llamadas activas. Usar solo para resolución de problemas o situaciones de emergencia.

Pestaña IFC

Propósito: Ver y probar Criterios de Filtro Inicial para activación de servicios

La pestaña IFC proporciona dos operaciones principales: Volcar IFC (recuperar y mostrar un IFC de usuario desde HSS) y Probar IFC (simular un escenario de llamada para ver qué Servidores de Aplicaciones se activarían).

Operación Volcar IFC

1. Ingresar IMPU: `sip:user@domain.com`
2. Hacer clic en "Volcar IFC"
3. Ver estructura detallada de iFC:
    - Orden de prioridad
    - Puntos de activación (condiciones SPT)
    - URIs del Servidor de Aplicaciones
    - Manejo por defecto

Ejemplo de Salida:

```
<InitialFilterCriteria>
  <Priority>0</Priority>
  <TriggerPoint>
    <ConditionTypeCNF>1</ConditionTypeCNF>
    <SPT>
      <Group>0</Group>
      <Method>INVITE</Method>
    </SPT>
    <SPT>
      <Group>0</Group>
      <SessionCase>0</SessionCase>  <!-- Originando -->
    </SPT>
  </TriggerPoint>
  <ApplicationServer>

<ServerName>sip:tas.ims.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org</ServerName>
    <DefaultHandling>0</DefaultHandling>
  </ApplicationServer>
</InitialFilterCriteria>
```

Operación Probar IFC

1. Ingresar IMPU: `sip:user@domain.com`
2. Ingresar URI de Origen: `sip:user@domain.com` (parte que llama)
3. Ingresar URI de Destino: `sip:+12015555678@domain.com` (parte llamada)
4. Hacer clic en "Probar IFC"
5. Ver resultados:
   - Qué iFC coincidió
   - Qué Servidores de Aplicaciones se invocarían
   - En qué orden (prioridad)

Casos de Uso:

- Verificar configuración de activación de servicios
- Resolver por qué no se invoca AS
- Probar nuevo iFC antes de desplegar en producción
- Entender flujo de llamada para escenarios específicos

Pestaña de Tablas Hash

Similar a P-CSCF e I-CSCF, gestionar tablas hash de memoria compartida.

Tablas Hash Comunes del S-CSCF:

- `auth`: Caché de vectores de autenticación
- `profile`: Perfiles de usuario en caché (si se utiliza)
- Tablas personalizadas para lógica de servicio

Flujos de Llamadas

Flujo Completo de Registro

Ver la sección "1. Registro y Autenticación" arriba para el diagrama de secuencia detallado.

Flujo Completo de Llamada de Origen

Ver la sección "5. Manejo de Llamadas de Origen" arriba para el diagrama de secuencia detallado.

Flujo Completo de Llamada de Terminación

Ver la sección "6. Manejo de Llamadas de Terminación" arriba para el diagrama de secuencia detallado.

Resolución de Problemas

Problemas de Registro

Usuario No Puede Registrarse - 403 Prohibido

Causas Posibles:

- Usuario no provisionado en HSS
- HSS inalcanzable
- Fallo de autenticación
- Prohibición aplicada

Pasos de Diagnóstico:

1. Verificar conectividad HSS a través del panel de control:
    - Navegar a la página Diameter
    - Seleccionar nodo S-CSCF
    - Verificar que el par HSS muestre como "I_Open" (conectado)
2. Revisar registros del S-CSCF para el flujo de mensajes MAR/MAA (Solicitud/Respuesta de Autenticación Multimedia)
3. Verificar que el usuario exista en HSS (si es accesible)
4. Comprobar registros del S-CSCF para vectores de autenticación recibidos del HSS
5. Probar con un algoritmo de autenticación diferente si se admite

Usuario No Puede Registrarse - 500 Error del Servidor

Causas Posibles:

- Conexión de base de datos perdida
- Fallo de SAR/SAA
- Error de módulo

Soluciones:

1. Verificar conectividad de base de datos desde el servidor S-CSCF (verificar que la base de datos sea alcanzable y que las credenciales sean correctas)
2. Revisar registros del S-CSCF para el flujo de mensajes SAR/SAA (Solicitud/Respuesta de Asignación del Servidor) Diameter

3. Reiniciar el servicio S-CSCF si es necesario para recuperar de errores de módulo

Problemas de Enrutamiento de Llamadas

Llamadas No Enrutadas al Usuario

Síntomas: INVITE llega al S-CSCF pero no se reenvía al P-CSCF

Pasos de Diagnóstico:

1. Verificar que el usuario esté registrado a través de la interfaz web del panel de control:
    - Navegar a S-CSCF → pestaña Ubicación de Usuarios
    - Ingresar el IMPU y hacer clic en "Buscar"
    - Verificar que el usuario aparezca como registrado con enlaces de contacto
2. Verificar que existan enlaces de contacto y que el encabezado Path esté presente
3. Revisar registros del S-CSCF para el procesamiento de ruta de terminación
4. Probar con un destino diferente para aislar el problema

Servidor de Aplicaciones No Activado

Síntomas: iFC debería coincidir pero AS no se invoca

Pasos de Diagnóstico:

1. Volcar iFC a través de la interfaz web del panel de control:
    - Navegar a S-CSCF → pestaña IFC
    - Ingresar el IMPU
    - Hacer clic en "Volcar IFC"
    - Revisar los puntos de activación y las URIs del Servidor de Aplicaciones
2. Probar coincidencia de iFC a través de la interfaz web:

    - Navegar a S-CSCF → pestaña IFC
    - Ingresar IMPU, URI de origen y URI de destino
    - Hacer clic en "Probar IFC"
    - Verificar qué iFC debería haber coincidido

3. Comprobar si se cargó el perfil de usuario desde el HSS revisando los registros

4. Verificar que la SAA (Respuesta de Asignación del Servidor) del HSS contenga el XML del perfil de usuario

5. Revisar registros del S-CSCF para errores de análisis de iFC

Problemas de Diálogo

Diálogos No Terminados Después de BYE

Síntomas: El diálogo permanece en la base de datos después de que la llamada finaliza

Soluciones:

1. Verificar diálogos activos a través del panel de control:

    - Navegar a S-CSCF → pestaña Diálogos
    - Revisar el conteo de diálogos y estados

2. Verificar la detección de BYE en los registros del módulo de diálogo

3. Comprobar configuraciones de tiempo de espera del diálogo en la configuración

4. Finalizar manualmente el diálogo a través del panel de control:

    - Navegar a S-CSCF → pestaña Diálogos
    - Encontrar el diálogo atascado
    - Hacer clic en "Finalizar Diálogo"

5. Revisar la base de datos para entradas de diálogo huérfanas y limpiar si es necesario

Problemas de Carga

Timeout de CCR

Nota: En nuestras implementaciones, la carga del S-CSCF está típicamente deshabilitada. La carga se maneja por el TAS. Si está viendo errores relacionados con la carga, verifique que la carga del S-CSCF no se haya habilitado accidentalmente.

Síntomas: Las llamadas fallan con errores de carga (si la carga está habilitada)

Causas Posibles:

- OCS inalcanzable
- Par Diameter Ro caído
- Tiempo de transacción demasiado corto

Soluciones:

1. Verificar el estado del par OCS a través del panel de control:
    - Navegar a la página Diameter
    - Seleccionar nodo S-CSCF
    - Comprobar si el par OCS muestra como "I_Open" (conectado)
2. Probar conectividad de red OCS desde el servidor S-CSCF
3. Revisar la configuración del tiempo de espera de transacción Diameter
4. Comprobar registros del S-CSCF para el flujo de mensajes CCR/CCA y errores

Crédito Insuficiente - Todas las Llamadas Fallan

Nota: Este problema solo se aplica si la carga del S-CSCF está habilitada (lo cual típicamente no está en nuestras implementaciones).

Síntomas: Los usuarios reciben 402 Pago Requerido para todas las llamadas

Soluciones:

1. Verificar que la carga del S-CSCF debería estar habilitada realmente (generalmente debería estar deshabilitada)

2. Verificar el saldo del OCS para cuentas de prueba si la carga está intencionalmente habilitada

3. Revisar códigos de resultado CCA (Respuesta de Control de Crédito) en los registros del S-CSCF

4. Considerar deshabilitar la carga del S-CSCF y usar la carga basada en TAS en su lugar

Problemas de PSTN

Llamadas a PSTN Fallan - 503 No Hay Puerta de Salida Disponible

Causas Posibles:

- No hay MGCF/puerta de salida configurada
- Todas las puertas de salida caídas
- Dispatcher no cargado

Soluciones:

1. Coordinar con los administradores del sistema para verificar que las puertas de salida PSTN estén configuradas

2. Probar conectividad de puerta de salida desde el servidor S-CSCF (alcance de red, respuesta SIP)

3. Revisar la configuración de la puerta de salida con los administradores del sistema

4. Agregar puertas de salida faltantes si es necesario a través de los administradores del sistema

Problemas de Rendimiento

Uso Alto de CPU

Causas Posibles:

- Demasiados diálogos
- Consultas lentas de base de datos
- Sobrecarga de evaluación de iFC

Soluciones:

1. Comprobar el conteo de diálogos a través del panel de control:
    - Navegar a S-CSCF → pestaña Diálogos
    - Revisar número de diálogos activos
2. Optimizar tablas de base de datos (diálogo, impu, impu_contact) si las consultas de base de datos son lentas
3. Agregar índices de base de datos si es necesario (en impu.impu, dialog.callid, etc.)
4. Ajustar el conteo de procesos de trabajo en la configuración si es necesario (aumentar de 4 por defecto a 8 para alta carga)

Mejores Prácticas

Alta Disponibilidad

1. **Desplegar múltiples S-CSCF** con base de datos compartida
2. **Usar capacidades** para la selección de S-CSCF en el I-CSCF
3. **Replicación de base de datos**: Maestro-maestro o maestro-esclavo
4. **Persistencia de sesión**: Modo de diálogo de escritura a través
5. **Verificaciones de salud**: Monitorear conteos de registro y diálogo

Seguridad

1. **Siempre autenticar** usuarios a través del HSS
2. **Validar P-Asserted-Identity** solo de fuentes confiables

3. **Limitar la tasa** de registros y llamadas por usuario
4. **Sanitizar encabezados** de redes no confiables
5. **Usar TLS** para Diameter (Cx, Ro)

Rendimiento

1. **Ajustar hash_size para ubicación de usuarios**: El tamaño del hash debe establecerse según el número de usuarios esperado. Por ejemplo, hash_size=13 (que equivale a 2^13 = 8192 cubos) es apropiado para aproximadamente 50,000 usuarios

2. **Caché de perfiles de usuario**: Si el HSS lo admite, habilitar la caché de perfiles para reducir las solicitudes SAR Diameter

3. **Optimizar iFC**: Mantener las condiciones de Puntos de Activación (SPT) simples y minimizar el número de reglas iFC por usuario para reducir la sobrecarga de evaluación

4. **Usar operaciones asíncronas para Diameter**: Configurar procesamiento asíncrono para MAR (autenticación), SAR (registro) y CCR (carga) para evitar bloquear procesos de trabajo

5. **Monitorear el rendimiento de la base de datos regularmente**: Rastrear tiempos de ejecución de consultas, optimizar índices y asegurar que el agrupamiento de conexiones esté funcionando eficientemente

Monitoreo

Para una lista completa de todas las métricas del S-CSCF, consulte la **Referencia de Métricas**.

Métricas clave a rastrear:

- Tasa de éxito de registro
- Tasa de éxito de MAR/SAR/LIR
- Conteo de diálogos (llamadas activas)
- Tiempo de evaluación de iFC
- Latencia de consultas de base de datos

- Tiempo de actividad de pares Diameter
- Tiempo de configuración de llamadas

Referencia

Especificaciones 3GPP

- **TS 23.228**: Arquitectura IMS
- **TS 24.229**: Protocolo SIP IMS
- **TS 29.228**: Interfaz Cx
- **TS 23.218**: Interfaz ISC
- **TS 32.260**: Carga IMS

Guía de Operaciones de la Interfaz Web

Tabla de Contenidos

1. Descripción General
2. Acceso al Panel de Control
3. Gestión de P-CSCF
4. Gestión de I-CSCF
5. Gestión de S-CSCF
6. Gestión de Pares de Diámetro
7. Operaciones de Tablas Hash
8. Visualización de Registros
9. Monitoreo y Métricas

Descripción General

La interfaz web de OmniCall CSCF proporciona un panel de control integral para el monitoreo y gestión en tiempo real de todos los componentes CSCF (P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF). La interfaz está construida sobre Phoenix LiveView y proporciona:

- **Visibilidad en tiempo real** sobre registros, llamadas activas y estado del sistema
- **Gestión de tablas hash** para estructuras de datos en memoria críticas para el rendimiento
- **Monitoreo y control de pares de Diámetro**
- **Métricas de Prometheus** para el monitoreo del sistema
- **Visualización de registros en vivo** para la resolución de problemas

Arquitectura

El panel de control se comunica con las instancias de backend de CSCF para:

- Consultar registros de usuarios y datos de ubicación
- Inspeccionar diálogos activos (llamadas)
- Gestionar pares de Diámetro
- Ver y manipular tablas hash
- Acceder a la configuración de Criterios de Filtro Inicial (IFC)

Acceso al Panel de Control

Acceso Predeterminado

El panel de control es accesible a través de HTTP en el servidor CSCF:

```
http://<cscf-server>:4000/
```

Puerto Predeterminado: 4000 (configurable en `ControlPanel.Supervisor`)

Configuración

El panel de control requiere la configuración del host CSCF en `config/config.exs` o `config/runtime.exs`:

```
config :cscf, :cscf_hosts,
  pcscf: [
    {host: "10.4.12.165", port: 9060, label: "P-CSCF 1"}
  ],
  icscf: [
    {host: "10.4.12.166", port: 9060, label: "I-CSCF 1"}
  ],
  scscf: [
    {host: "10.4.12.167", port: 9060, label: "S-CSCF 1"}
  ]
```

Navegación

El panel de control proporciona pestañas de navegación para cada componente CSCF:

- **P-CSCF** - `/pcscf` - Contactos de registro y tablas hash
- **I-CSCF** - `/icscf` - Lista de S-CSCF, dominios NDS, sesiones
- **S-CSCF** - `/scscf` - Registros, diálogos, gestión de IFC
- **Diámetro** - `/diameter` - Estado y control de pares de Diámetro
- **Registros** - `/logs` - Visualización de registros en vivo

Gestión de P-CSCF

URL: `/pcscf`

Características

El panel de P-CSCF muestra los contactos registrados y la información de la tabla hash de las instancias de P-CSCF.

Pestaña de Contactos Registrados

Muestra todos los registros IMS actuales visibles para el P-CSCF:

Columna	Descripción
IMSI	IMSI del suscriptor o identificador de contacto
Estado	Estado del registro (registrado, no registrado)
Expira	Tiempo hasta que expire el registro
Ruta	Encabezado SIP Path para el enrutamiento

Operaciones:

- **Hacer clic en la fila** para expandir y ver información detallada del contacto, incluyendo:
  - AoR completo (Dirección del Registro)
  - Dirección IP del UE
  - Detalles de la ruta
  - Estadísticas (máx. slots, registros)

Pestaña de Tablas Hash

Gestionar las tablas hash de P-CSCF. Ver Operaciones de Tablas Hash a continuación.

Actualizaciones en Tiempo Real

La vista de P-CSCF se actualiza automáticamente cada 5 segundos para mostrar el estado actual de los registros.

Gestión de I-CSCF

URL: `/icscf`

Características

El panel de I-CSCF proporciona monitoreo de las operaciones de I-CSCF, incluyendo la selección de S-CSCF y el seguimiento de sesiones.

Pestaña de Lista de S-CSCF

Muestra todos los servidores S-CSCF configurados conocidos por el I-CSCF:

- **ID**: Identificador de S-CSCF
- **Nombre**: FQDN de S-CSCF
- **Capacidades**: Número de capacidades soportadas

Pestaña de Dominios NDS

Muestra los dominios NDS (Seguridad de Dominio de Red) de confianza configurados en el I-CSCF.

Pestaña de Sesiones

Muestra las sesiones activas de I-CSCF, incluyendo:

- **Call-ID**: SIP Call-ID
- **Candidatos S-CSCF**: Lista de servidores S-CSCF considerados para la asignación
  - Nombre de S-CSCF
  - Puntuación de selección
  - Edad (tiempo desde que se añadió el candidato)

Pestaña de Tablas Hash

Gestionar las tablas hash de I-CSCF. Ver Operaciones de Tablas Hash a continuación.

Gestión de S-CSCF

URL: `/scscf`

El panel de S-CSCF es el más completo, proporcionando gestión integral de registros, diálogos e IFC.

Pestaña de Listar Registros

Navegar por todos los registros activos con paginación:

Características:

- **Controles de paginación**: Desplazamiento y límite para grandes bases de datos de registros
- **Detalles del registro** para cada IMPU:
  - Identidad pública del usuario (IMPU)
  - Estado del registro

    - Número de slot
    - Detalles de contacto con User-Agent y expiración
    - Call-ID

Acciones Rápidas para cada registro:

- **Buscar**: Ver información detallada de IMPU
- **Volcar IFC**: Ver Criterios de Filtro Inicial para el usuario
- **Probar IFC**: Probar coincidencia de IFC para llamadas simuladas
- **Darse de baja**: Eliminar administrativamente el registro

Pestaña de Ubicación del Usuario

Consultar e inspeccionar datos de ubicación del usuario:

- Ver estado de ubicación del usuario en bruto desde S-CSCF
- **Formulario de Búsqueda de IMPU**: Consultar identidad pública de usuario específica
- Muestra detalles completos del registro, incluyendo contactos, estado y metadatos

Pestaña de Diálogos

Gestionar sesiones de llamadas activas (diálogos):

Columna	Descripción
ID de Diálogo	Identificador h_entry:h_id
Call-ID	SIP Call-ID
De	URI de la parte que llama
A	URI de la parte llamada
Estado	Estado del diálogo

Operaciones:

- **Finalizar Diálogo**: Terminar llamada específica (envía BYE)
- **Finalizar Todos**: Terminar todas las llamadas activas (con confirmación)

Pestaña de IFC

Herramientas de Criterios de Filtro Inicial para la gestión de activación de servicios:

Volcar IFC

Recuperar y mostrar todas las reglas de IFC para un IMPU dado:

- Identidad pública
- Identidad privada
- Conteo de perfiles de servicio
- **Criterios de Filtro** para cada perfil de servicio:
  - Prioridad (orden de ejecución)
  - Manejo predeterminado (SESSION_CONTINUED vs SESSION_TERMINATED)
  - Nombre del Servidor de Aplicaciones
  - Banderas de inclusión de REGISTRO
  - **Detalles del Punto de Activación**:
    - Tipo de condición (DNF o CNF)
    - Disparadores de Puntos de Servicio (SPTs):
      - METHOD, HEADER, SESSION_CASE, REQUEST_URI, etc.
      - Banderas de negación

La visualización de IFC incluye:

- Insignias de prioridad codificadas por colores
- Explicaciones de la lógica de puntos de activación expandibles
- DNF (Forma Normal Disyuntiva) = OR de ANDs
- CNF (Forma Normal Conjuntiva) = AND de ORs

Probar IFC

Probar qué Servidores de Aplicaciones serían activados para una sesión simulada:

Entrada:

- URI (identidad pública del suscriptor)
- Dirección (origen o destino)
- Método (INVITE, REGISTER, MESSAGE, SUBSCRIBE)
- URI de Solicitud (destino)

Salida:

- Estado del registro
- Conteo de IFC coincidentes
- Lista de Servidores de Aplicaciones activados con índice de IFC

Pestaña de Tablas Hash

Gestionar las tablas hash de S-CSCF. Ver Operaciones de Tablas Hash a continuación.

Gestión de Pares de Diámetro

URL: `/diameter`

Características

Monitorear y controlar conexiones de pares de Diámetro (interfaces Cx, Rx, Ro).

Información Resumida

El panel muestra:

- **Reino**: Reino de Diámetro
- **Identidad**: Origin-Host de Diámetro
- **Conteo de Pares**: Número de pares configurados
- **Trabajadores**: Conteo de trabajadores de CDP

- **Longitud de Cola**: Transacciones pendientes
- **Tiempo de Espera de Conexión**: Tiempo de espera de conexión (segundos)
- **Tiempo de Espera de Transacción**: Tiempo de espera de transacción (segundos)
- **Aceptar Pares Desconocidos**: Bandera de política

Lista de Pares

Tabla de todos los pares de Diámetro:

Columna	Descripción
FQDN	Nombre de dominio completamente calificado del par
Estado	Estado de conexión (I_Open, Cerrado, etc.)
Estado	Habilitado o Deshabilitado
Último Usado	Tiempo desde la última transacción
Aplicaciones	Número de aplicaciones de Diámetro soportadas

Operaciones:

- **Habilitar Par**: Activar par deshabilitado
- **Deshabilitar Par**: Desactivar par (con confirmación)
- **Hacer clic en la fila**: Expandir para ver aplicaciones soportadas

Mapeo de Aplicaciones

El panel de control mapea automáticamente los IDs de Aplicación de Diámetro a nombres de interfaces 3GPP:

- **Cx/Dx** (16777216:10415) - Suscripción/Autorización IMS
- **Sh/Dh** (16777217:10415) - Acceso a Datos de Usuario
- **Rx** (16777236:10415) - Control del Plano de Medios IMS

- **Ro** (16777238:10415/0) - Carga en Línea
- **Gx** (16777224:10415) - Control de Políticas
- **S6a/S6d** (16777251:10415) - LTE/EPC MME-HSS
- Y muchos más (ver fuente: `diameter_live.ex`)

Actualizaciones en Tiempo Real

El estado de los pares de Diámetro se actualiza automáticamente cada 5 segundos.

Operaciones de Tablas Hash

Descripción General

Los componentes CSCF utilizan tablas hash en memoria para datos críticos para el rendimiento. El panel de control proporciona visibilidad y gestión de estas tablas.

Tablas Hash Disponibles

Las tablas varían según el tipo de CSCF. Ejemplos comunes:

Tabla Hash	CSCF	Propósito
`imei_msisdn`	P-CSCF	Mapeo de llamadas de emergencia
`service_routes`	P-CSCF	Rutas de servicio en caché
`auth`	S-CSCF	Vectores de autenticación
Varias	Todas	Caché específica del componente

Las tablas hash son estructuras de datos en memoria utilizadas para operaciones críticas de rendimiento.

Visualización de Tablas Hash

Acceso: Navegar a cualquier panel de CSCF → pestaña Tablas Hash

1. Ver lista de todas las tablas hash con estadísticas:
    - Nombre de la tabla
    - Conteo de elementos
    - Tamaño
2. **Seleccionar tabla** para ver entradas
3. **Ordenar** por nombre, elementos o tamaño

Visualización de Contenidos de Tablas Hash

Hacer clic en una tabla para inspeccionar todas las entradas:

- **Clave**: Clave de la tabla hash
- **Valor**: Valor almacenado
- **Acciones**: Botón de eliminar

Gestión de Entradas Hash

Eliminar Entrada Única

1. Seleccionar tabla hash
2. Localizar la entrada
3. Hacer clic en el botón **Eliminar** (icono de papelera)
4. Confirmar acción

Resultado: Entrada eliminada de la tabla hash

Limpiar Tabla Completa

1. Seleccionar tabla hash
2. Hacer clic en el botón **Limpiar Tabla**
3. **ADVERTENCIA**: Confirma antes de limpiar TODAS las entradas

4. Confirmar acción

Resultado: Todas las entradas eliminadas de la tabla

Precaución: Limpiar tablas puede causar interrupciones temporales del servicio:

- Limpieza de `imei_msisdn`: Las llamadas de emergencia pueden fallar hasta que se re-registre
- Limpieza de `auth`: Los desafíos de autenticación en progreso fallarán
- Limpieza de `service_routes`: La próxima solicitud se enrutará a través del descubrimiento de I-CSCF

Visualización de Registros

URL: `/logs`

Características

Ver registros de la aplicación en tiempo real desde el panel de control.

Características (implementación en la dependencia ControlPanel):

- Transmisión de registros en vivo
- Filtrado de nivel de registro
- Capacidades de búsqueda y filtrado

Monitoreo y Métricas

Integración de Prometheus

OmniCall CSCF expone métricas de Prometheus para monitoreo y alertas.

Endpoint de Métricas:

```
http://<host>:9090/metrics
```

Cada host CSCF (P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF) expone métricas en el puerto 9090. Configura Prometheus para raspar todos los hosts para una visibilidad completa.

Para una referencia completa de todas las métricas de P-CSCF, I-CSCF y S-CSCF, consulta la **Referencia de Métricas**.

Métricas Disponibles

Las siguientes métricas son expuestas por la aplicación del panel de control de OmniCall CSCF. Para métricas de componentes CSCF (SIP, Diámetro, IMS, etc.), consulta la **Referencia de Métricas**.

Métricas de VM

- `vm_memory_total` - Memoria total de la VM de Erlang (bytes)
- `vm_memory_processes_used` - Memoria utilizada por procesos (bytes)
- `vm_memory_binary` - Memoria binaria (bytes)
- `vm_memory_ets` - Memoria de tablas ETS (bytes)
- `vm_total_run_queue_lengths_total` - Longitud total de la cola de ejecución
- `vm_system_counts_process_count` - Conteo de procesos
- `vm_system_counts_atom_count` - Conteo de átomos
- `vm_system_counts_port_count` - Conteo de puertos

Métricas HTTP de Phoenix

- `phoenix_endpoint_stop_duration` - Duración de la solicitud HTTP (milisegundos)
- `phoenix_router_dispatch_stop_duration` - Duración de la distribución del enrutador (milisegundos)

Métricas de LiveView

- `phoenix_live_view_mount_stop_duration` - Duración de montaje de LiveView (milisegundos)

Métricas de Integración de Backend de CSCF

- `cscf_backend_request_count` - Conteo de solicitudes RPC de backend
  - Etiquetas: `host`, `command`, `result`
- `cscf_backend_request_duration` - Duración de RPC de backend (milisegundos)
  - Etiquetas: `host`, `command`
- `cscf_backend_error_count` - Conteo de errores de RPC de backend
  - Etiquetas: `host`, `error_type`

Dashboards de Grafana

Estado Actual: Las métricas se exponen a través del endpoint de Prometheus. Los dashboards preconstruidos de Grafana no están actualmente incluidos, pero se pueden crear utilizando las métricas disponibles.

Paneles de Dashboard Recomendados:

- Latencia de RPC de backend por comando
- Tendencias de conteo de registros
- Tendencias de conteo de diálogos
- Tasas de error de backend
- Uso de memoria de la VM de Erlang
- Rendimiento de montaje de LiveView

Integración

Configura Prometheus para raspar métricas de todos los hosts CSCF:

```yaml
scrape_configs:
  - job_name: 'cscf_pcscf'
    static_configs:
      - targets: ['pcscf1.example.com:9090',
'pcscf2.example.com:9090']

  - job_name: 'cscf_icscf'
    static_configs:
      - targets: ['icscf1.example.com:9090',
'icscf2.example.com:9090']

  - job_name: 'cscf_scscf'
    static_configs:
      - targets: ['scscf1.example.com:9090',
'scscf2.example.com:9090']
```

Mejores Prácticas

Directrices Operativas

Monitoreo:

- Monitorear métricas de Prometheus para la salud del sistema
- Estar atento a errores de RPC de backend
- Rastrear el crecimiento de la memoria de la VM de Erlang

Gestión de Tablas Hash:

- Evitar limpiar tablas en producción a menos que sea absolutamente necesario
- Monitorear el crecimiento del tamaño de la tabla para posibles problemas de memoria
- Usar eliminación selectiva en lugar de limpieza completa de la tabla

Resolución de Problemas:

- Usar Registros en Vivo para depuración en tiempo real

- Verificar el estado de los pares de Diámetro antes de investigar fallos de registro
- Verificar la conectividad del backend de CSCF si el panel de control muestra errores

Rendimiento:

- La actualización automática del panel de control es de 5 segundos por defecto
- Listas de registros grandes utilizan paginación para evitar problemas de rendimiento
- Las operaciones de tablas hash son intensivas en lectura; minimizar las operaciones de escritura durante las horas pico

Documentación Relacionada

- **Guía de Operaciones de P-CSCF** - Operaciones específicas de P-CSCF
- **Guía de Operaciones de I-CSCF** - Operaciones específicas de I-CSCF
- **Guía de Operaciones de S-CSCF** - Operaciones específicas de S-CSCF
- **Guía de Operaciones de Diámetro** - Gestión de pares de Diámetro
- **Guía de Operaciones de CSCF** - Operaciones generales de CSCF y resolución de problemas

Guía de Operaciones de OmniCall CSCF

Tabla de Contenidos

1. Descripción General
2. Comprendiendo la Arquitectura IMS
3. Flujos de Sesión de Llamadas
4. Componentes de CSCF
5. Operaciones Comunes
6. Resolución de Problemas
7. Documentación Adicional
8. Glosario

Descripción General

OmniCall CSCF es una solución IMS (Sistema Multimedia IP) integral que proporciona funciones de control de sesión de llamadas de nivel operador para proveedores de servicios móviles y **fijos**. Basado en tecnología de código abierto probada y mejorado con capacidades de gestión de nivel empresarial, OmniCall CSCF ofrece la infraestructura de control de sesión central necesaria para VoLTE, VoWiFi, RCS y servicios tradicionales de VoIP de línea fija.

¿Qué es IMS?

El Sistema Multimedia IP (IMS) es la arquitectura estandarizada por 3GPP para la entrega de servicios multimedia basados en IP. Proporciona:

- **Control de sesión** para servicios de voz, video y mensajería
- Gestión de **Calidad de Servicio (QoS)** para comunicaciones en tiempo real
- **Convergencia de servicios** a través de redes móviles, fijas y WiFi

- **Interoperabilidad basada en estándares** con otros operadores y redes
- Capacidades de **Servicios de Comunicación Ricos (RCS)**
- **Convergencia Fijo-Móvil (FMC)** para la entrega de servicios unificados

OmniCall CSCF implementa todas las funciones centrales de CSCF definidas en 3GPP TS 23.228, proporcionando una solución completa de red central IMS lista para producción.

Componentes de OmniCall CSCF

OmniCall CSCF proporciona gestión completa de todos los elementos de red CSCF:

- **P-CSCF** (Proxy-CSCF) - Proxy de borde orientado al usuario y ancla de seguridad
- **E-CSCF** (Emergency-CSCF) - Enrutamiento de servicios de emergencia (integrado con P-CSCF)
- **I-CSCF** (Interrogating-CSCF) - Punto de entrada de red y ocultación de topología
- **S-CSCF** (Serving-CSCF) - Control de sesión central, registro y activación de servicios

Capacidades Clave

Funciones de Red:

- Control de sesión IMS completamente compatible con 3GPP
- **Compatible con GSMA IR.92/IR.94** - Funciona con cualquier dispositivo compatible con estándares, no se requieren paquetes personalizados de operador
- Soporte para VoLTE, VoWiFi y RCS
- Integración de servicio SIP de línea fija
- Soporte para servicios de emergencia (E911/E112) con servicios de ubicación
- Ocultación de topología y seguridad de red
- Asociaciones de seguridad basadas en IPsec

- Integración de AAA y políticas basadas en Diameter

Características del Servicio:

- Gestión de sesiones de llamada en tiempo real
- Activación de servicios a través de Criterios de Filtro Inicial (IFC)
- Integración de Servidor de Aplicaciones (AS) a través de la interfaz ISC
- Integración de cobro (en línea y fuera de línea)
- Aplicación de políticas de QoS a través de la integración de PCRF
- Soporte para multi-tenencia en escenarios de MVNO

Gestión y Operaciones:

- Monitoreo en tiempo real a través de un panel de control basado en web
- Integración de métricas de Prometheus (ver Referencia de Métricas)
- API RESTful para automatización
- Clustering distribuido para alta disponibilidad
- Resolución de problemas y diagnósticos en vivo

Componentes Integrados:

- **OmniePDG**: Puerta de Datos de Paquete Evolucionada para VoWiFi (compatible con IR.94)
- **OmniTAS**: Servidor de Aplicaciones de Telefonía para servicios suplementarios
- **OmniMessage**: Servidor de Aplicaciones SMS/MMS (3GPP TS 24.341)

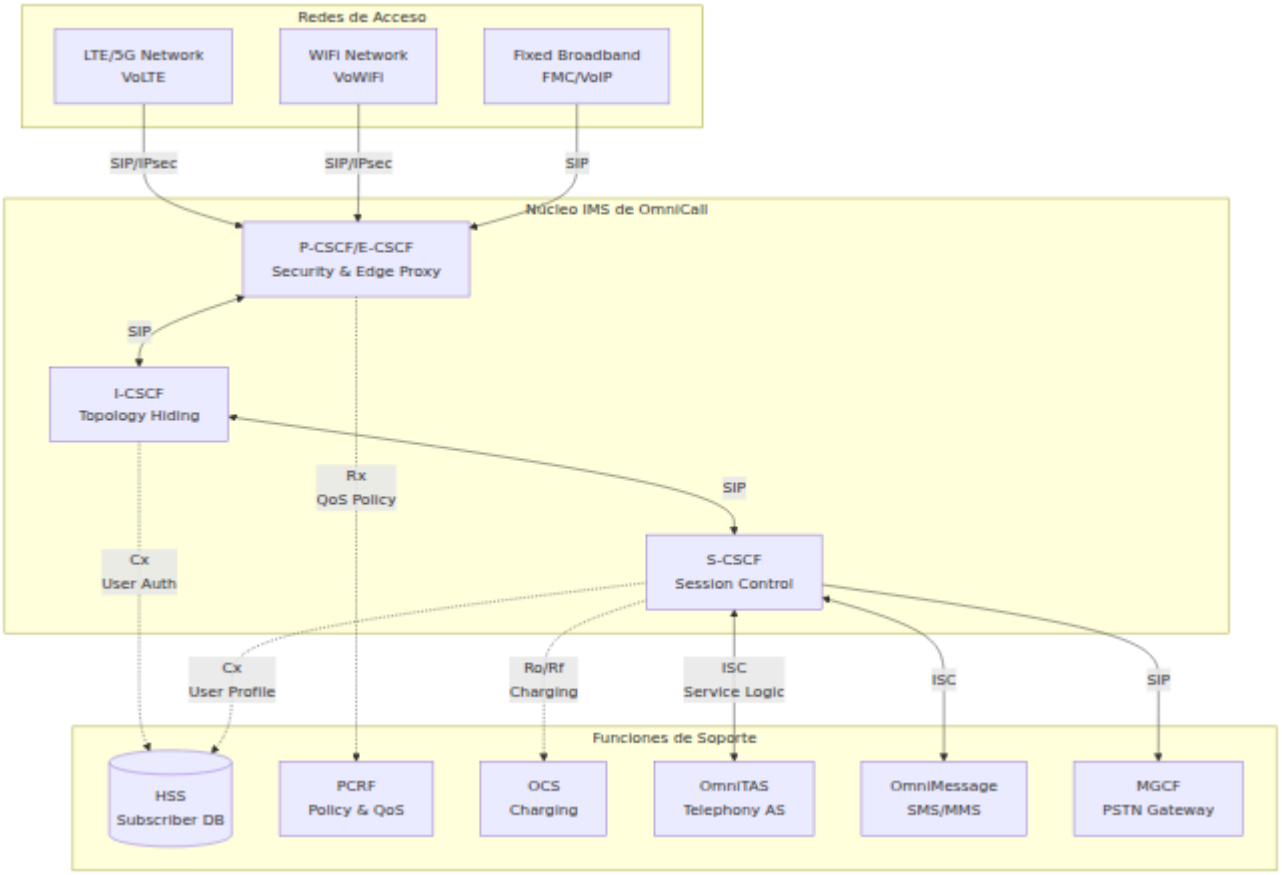
Para un uso detallado del panel de control, consulte Operaciones de UI Web.

Comprendiendo la Arquitectura IMS

Arquitectura de Red IMS

La solución OmniCall CSCF se sitúa en el corazón de la arquitectura IMS, proporcionando la capa de control de sesión que conecta el equipo del usuario

con los servicios y gestiona todas las sesiones de llamada.



Cómo Trabajan Juntos los CSCFs

Las funciones de CSCF trabajan como un sistema coordinado para manejar sesiones IMS:

1. **P-CSCF** - Primer Punto de Contacto
    - El equipo del usuario (dispositivos móviles, WiFi o de línea fija) establece conexiones seguras con P-CSCF
    - Proporciona asociaciones de seguridad IPsec para dispositivos móviles
    - Actúa como el punto de aplicación de políticas de QoS a través de la integración de PCRF
    - Maneja la traversía NAT y el anclaje de medios
    - Enruta llamadas de emergencia a la funcionalidad de E-CSCF
    - Mantiene información de ubicación del usuario
2. **I-CSCF** - Puerta de Entrada de Red y Balanceador de Carga

- Oculta la topología interna de la red de redes externas
- Consulta al HSS para seleccionar el S-CSCF apropiado para los usuarios
- Realiza balanceo de carga de S-CSCF basado en capacidades
- Actúa como el punto de entrada/salida para escenarios de roaming
- Aplica Seguridad de Dominio de Red (NDS/TLS)

3. **S-CSCF** - Controlador de Sesión Central

    - Realiza el registro y autenticación de usuarios
    - Mantiene el estado de sesión para todas las llamadas activas
    - Aplica políticas de enrutamiento y lógica de servicio
    - Activa Servidores de Aplicaciones basados en IFC (Criterios de Filtro Inicial)
    - Se integra con sistemas de cobro (en línea y fuera de línea)
    - Gestiona servicios suplementarios

Integración con Sistemas de Soporte

OmniCall CSCF se integra con funciones de soporte IMS a través de interfaces estándar de Diameter:

Interfaz	De → A	Propósito	Especificación 3GPP
Cx	I-CSCF/S-CSCF ↔ HSS	Autenticación de usuario, recuperación de perfil, asignación de S-CSCF	TS 29.228
Dx	I-CSCF ↔ SLF	Localizador de suscripciones para entornos multi-HSS	TS 29.229
Rx	P-CSCF ↔ PCRF	Autorización de políticas de QoS, control de flujo de medios	TS 29.214
Ro	S-CSCF → OCS	Cobro en línea (control de crédito)	TS 32.299
Rf	S-CSCF → CDF	Cobro fuera de línea (generación de CDR)	TS 32.299
ISC	S-CSCF ↔ AS	Activación de servicios e invocación de servidor de aplicaciones	TS 23.228
Sh	AS ↔ HSS	Acceso del servidor de aplicaciones a datos de usuario	TS 29.328

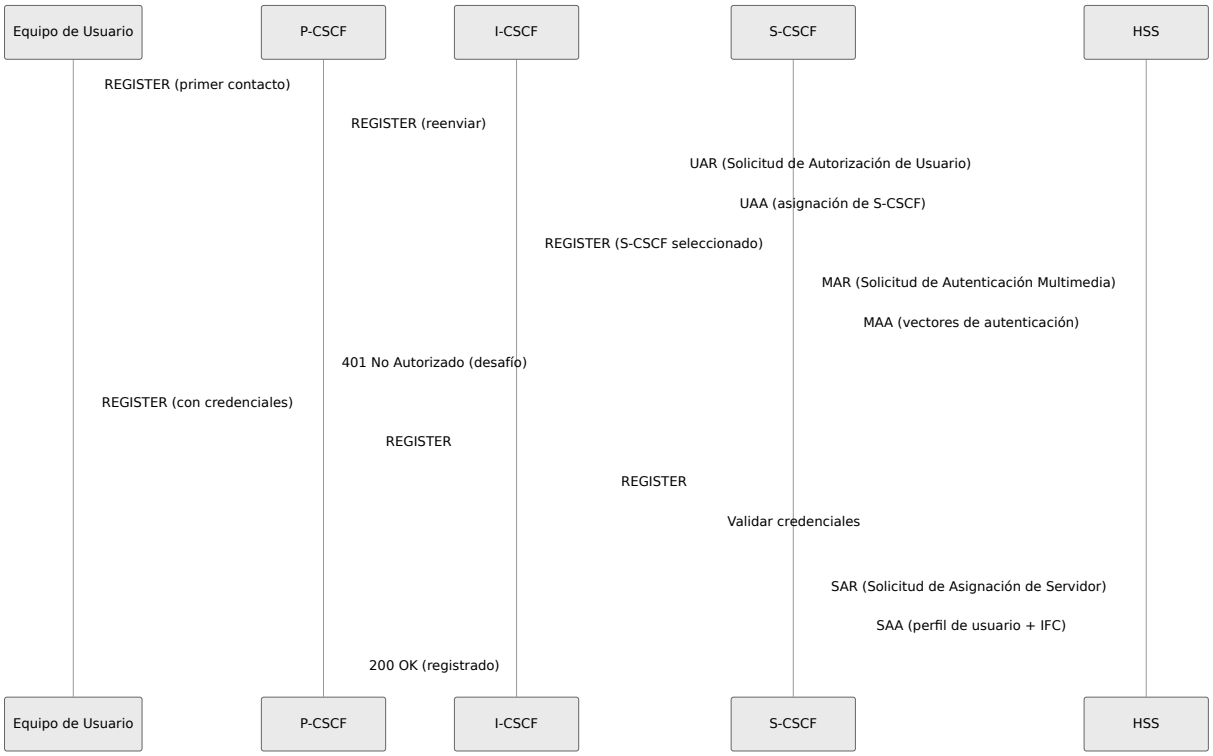
Para la gestión de pares Diameter, consulte Operaciones de Diameter.

Flujos de Sesión de Llamadas

Comprender cómo los CSCFs procesan diferentes tipos de sesiones es esencial para las operaciones y la resolución de problemas.

Flujo de Registro IMS

Cuando un dispositivo se registra en la red IMS, los CSCFs coordinan para autenticar y autorizar al usuario:

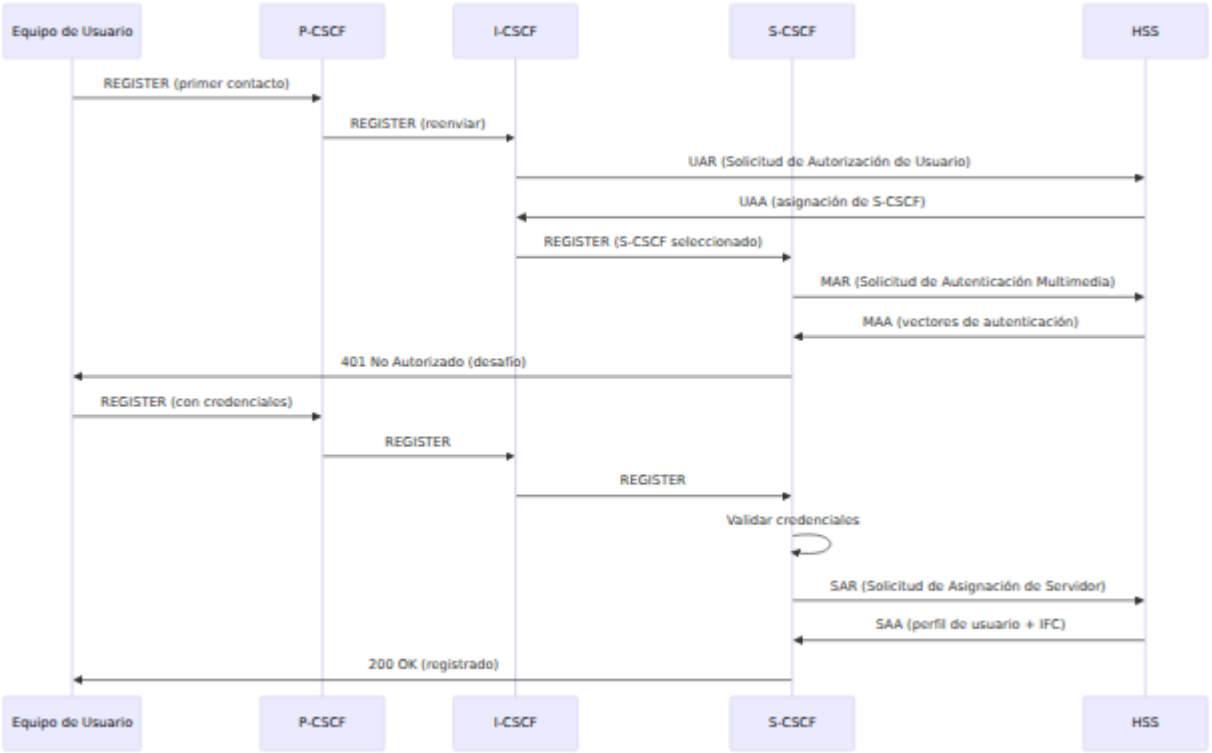


Puntos Clave:

- P-CSCF mantiene la asociación de seguridad IPsec con UE
- I-CSCF consulta al HSS para encontrar/asignar S-CSCF
- S-CSCF realiza la autenticación y almacena el perfil del usuario
- El perfil de servicio del usuario (IFC) determina qué Servidores de Aplicaciones serán activados

Flujo de Llamada Originada Móvil

Cuando un usuario registrado inicia una llamada:

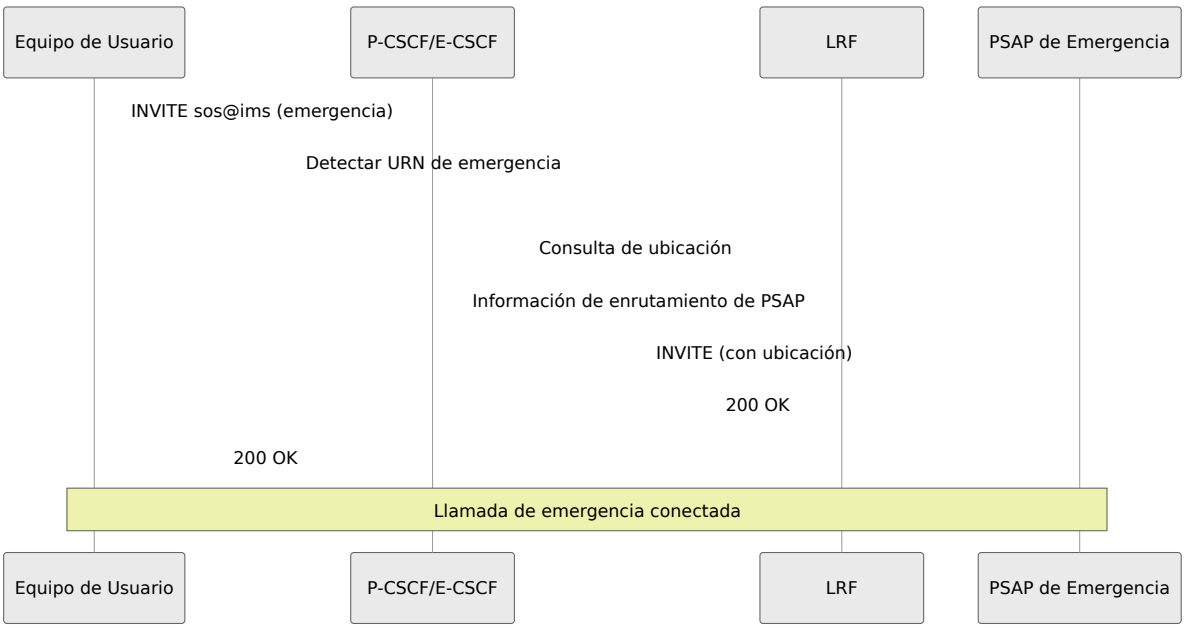


Puntos Clave:

- P-CSCF coordina con PCRF para el establecimiento del portador de QoS
- S-CSCF evalúa IFC para determinar la activación del servicio
- **OmniTAS** proporciona servicios de aplicación de telefonía (desvío de llamadas, filtrado, etc.)
- **OmniMessage** maneja el tráfico SMS/MMS cuando es activado por IFC
- Para monitorear llamadas activas, consulte Gestión de Diálogos S-CSCF

Flujo de Llamada de Emergencia (E-CSCF)

Las llamadas de emergencia reciben un manejo especial para garantizar la conectividad incluso sin un registro IMS completo:

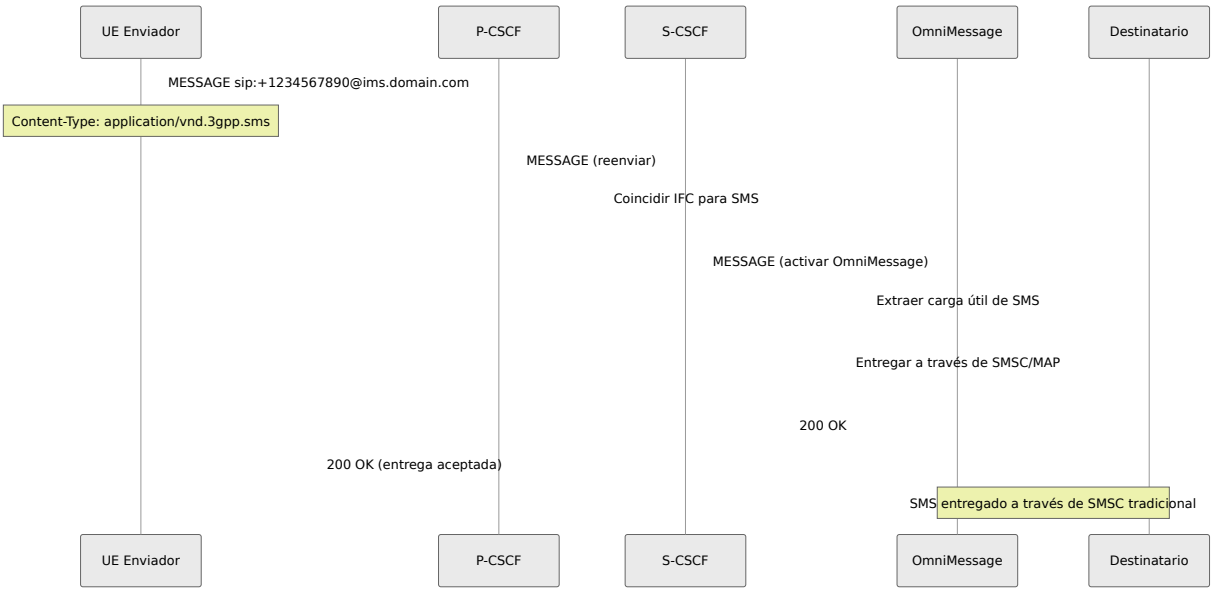


Puntos Clave:

- La funcionalidad de E-CSCF está integrada en P-CSCF
- Funciona incluso para usuarios no registrados o en roaming
- Incluye almacenamiento de número de retorno para servicios de emergencia
- Para operaciones de emergencia, consulte Servicios de Emergencia P-CSCF

SMS sobre IMS - Originado Móvil (3GPP TS 24.341)

Cuando un usuario envía un SMS a través de IMS, OmniMessage maneja la entrega del mensaje:



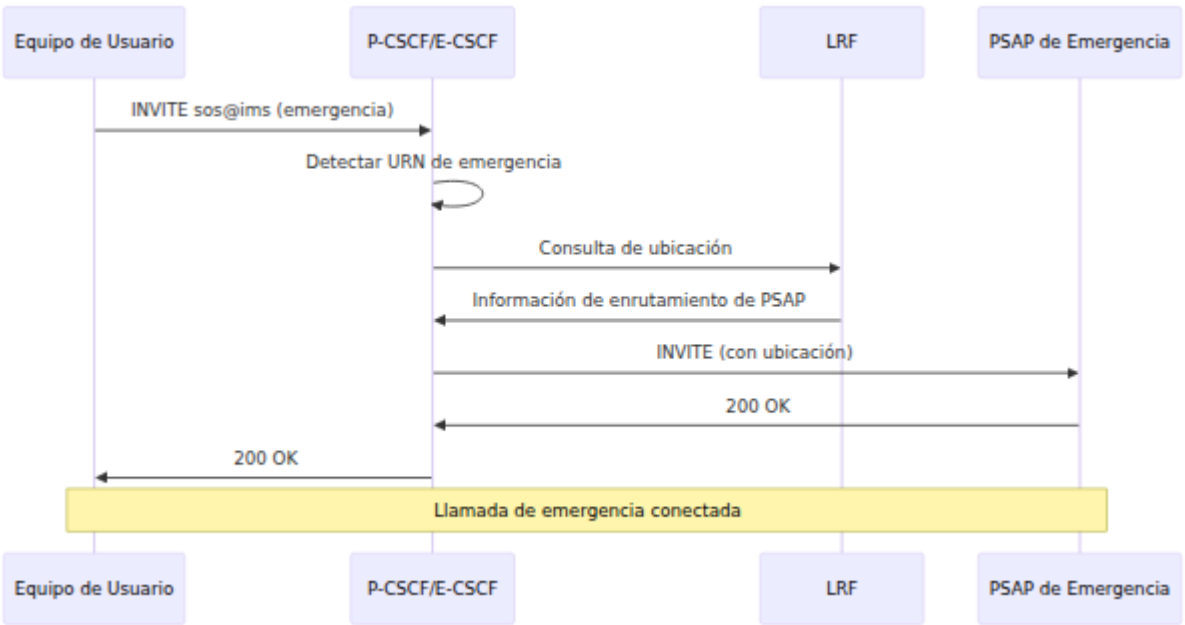
Puntos Clave:

- SMS codificado en el método SIP MESSAGE según 3GPP TS 24.341
- Content-Type: `application/vnd.3gpp.sms` identifica la carga útil de SMS
- S-CSCF IFC activa **OmniMessage** para tráfico SMS
- OmniMessage se integra con la infraestructura tradicional de SMSC
- Soporta tanto conjuntos de caracteres GSM-7, UCS-2 y mensajes concatenados

---

SMS sobre IMS - Terminado Móvil (3GPP TS 24.341)

Cuando un SMS llega para un usuario registrado en IMS, OmniMessage lo enruta a través de IMS:



Puntos Clave:

- SMSC reenvía SMS a **OmniMessage** a través de protocolos tradicionales (MAP/SMPP)
- OmniMessage convierte al método SIP MESSAGE
- S-CSCF enruta basado en IMPU registrado
- Soporta informes de entrega y notificaciones de estado
- Recaída a SMS tradicional si el usuario no está registrado en IMS

Para operaciones y monitoreo de SMS, consulte Gestión de IFC S-CSCF.

Escenarios de Roaming

OmniCall CSCF soporta el **roaming en casa** como lo exige los estándares de 3GPP/GSMA:

Roaming en Casa: Cuando los usuarios hacen roaming a una red visitada, todas las sesiones IMS se enrutan de regreso a través del S-CSCF de la red de origen. Esto asegura:

- Experiencia de servicio consistente independientemente de la ubicación
- Control de la red de origen sobre la activación de servicios y el cobro
- Acuerdos de roaming simplificados entre operadores

- Cumplimiento con los estándares GSMA PRD IR.92 e IR.94

El I-CSCF de la red visitada consulta al HSS de origen y enruta las solicitudes de registro/sesión al S-CSCF de origen, que luego invoca los servidores de aplicaciones de la red de origen (OmniTAS, OmniMessage, etc.).

Para detalles de configuración de roaming, consulte Seguridad de Dominio de Red I-CSCF.

Componentes de CSCF

P-CSCF/E-CSCF - Proxy de Borde y Ancla de Seguridad

El **Proxy-CSCF** es el primer elemento IMS que contacta el equipo del usuario. Sirve como el límite de seguridad y el punto de aplicación de políticas.

Funciones Centrales:

- **Gestión de Asociación de Seguridad**: Establece y mantiene túneles IPsec con dispositivos móviles para la protección de señalización y medios
- **Aplicación de Políticas de QoS**: Coordina con PCRF a través de la interfaz Rx para autorizar y aplicar portadores de QoS
- **Traversía NAT**: Maneja la traversía NAT en el extremo lejano para dispositivos detrás de NAT/firewalls
- **Compresión**: Soporte SigComp para redes con limitaciones de ancho de banda
- **Ruta de Servicio**: Mantiene la ruta de servicio para solicitudes subsiguientes

Servicios de Emergencia (E-CSCF):

- Enrutamiento de llamadas de emergencia integrado sin requerir un registro IMS completo
- Manejo de información de ubicación para E911/E112
- Mapeo de IMEI a número de retorno para llamadas de emergencia

- Integración con LRF (Función de Recuperación de Ubicación)

Tipos de Acceso Soportados:

- LTE/5G (VoLTE) a través de IPsec
- WiFi (VoWiFi) a través de IPsec
- Banda ancha fija a través de SIP
- Puertas de enlace residenciales de cable/DSL

Para operaciones detalladas, consulte **Documentación P-CSCF**.

I-CSCF - Ocultación de Topología y Balanceo de Carga

El **Interrogating-CSCF** actúa como el punto de contacto dentro de la red de un operador para conexiones de otras redes o de la misma red.

Funciones Centrales:

- **Ocultación de Topología**: Protege la estructura interna de la red de redes externas
- **Asignación de S-CSCF**: Consulta al HSS a través de la interfaz Cx para asignar S-CSCF a nuevos usuarios
- **Selección de S-CSCF**: Selecciona el S-CSCF apropiado basado en capacidades y carga
- **Proxy de Enrutamiento**: Enruta solicitudes entrantes al S-CSCF asignado
- **Seguridad de Dominio de Red**: Aplica NDS/TLS para la seguridad entre operadores

Características Clave:

- **Soporte Multi-S-CSCF**: Distribuye usuarios a través de múltiples instancias de S-CSCF
- **Coincidencia de Capacidades**: Coincide los requisitos del usuario con las capacidades de S-CSCF

- **Soporte para Roaming**: Maneja tanto escenarios de roaming en casa como de salida local
- **Localizador de Suscripciones**: Soporte de interfaz Dx para entornos multi-HSS

Casos de Uso:

- Punto de interconexión para socios de roaming
- Distribución de carga a través del clúster de S-CSCF
- Enrutamiento geográfico para recuperación ante desastres
- Segregación de tráfico MVNO

Para operaciones detalladas, consulte **Documentación I-CSCF**.

S-CSCF - Controlador de Sesión Central

El **Serving-CSCF** es el componente central de la red IMS, proporcionando control de sesión e inteligencia de servicio.

Funciones Centrales:

- **Registro**: Autentica a los usuarios y mantiene enlaces de registro
- **Control de Sesión**: Gestiona todos los estados de llamada (establecimiento de diálogo, modificación, terminación)
- **Activación de Servicios**: Evalúa los Criterios de Filtro Inicial (IFC) para invocar Servidores de Aplicaciones
- **Enrutamiento**: Enruta solicitudes SIP basadas en lógica de servicio y preferencias del usuario
- **Integración de Cobro**: Coordina con sistemas de cobro en línea (OCS) y fuera de línea (CDF)

Activación de Servicios a través de IFC: El S-CSCF utiliza IFC basados en XML descargados del HSS para determinar cuándo enrutar llamadas a través de Servidores de Aplicaciones (como **OmniTAS** para servicios de telefonía y **OmniMessage** para SMS/MMS):

- **Puntos de Activación**: Coinciden en el método SIP, Request-URI, Caso de Sesión (originante/terminante)
- **Basado en Prioridades**: IFC procesados en orden de prioridad
- **Cadena de Servicios**: Múltiples AS pueden ser invocados en secuencia (por ejemplo, OmniTAS → OmniMessage)
- **Manejo por Defecto**: Comportamiento configurable cuando AS no está disponible

Servicios Soportados:

- Desvío de llamadas (ocupado, sin respuesta, incondicional)
- Prohibición de llamadas (salientes, entrantes, roaming)
- Filtrado y selección de llamadas
- Traducción y enrutamiento de números
- Cobro prepago/postpago
- Seguimiento de uso y aplicación de cuotas
- Servicios suplementarios (espera de llamada, retención, transferencia)

Características de Escalabilidad:

- Almacenamiento de diálogos distribuido
- Manejo de sesiones con estado
- Perfiles de usuario respaldados por base de datos
- Escalado horizontal a través de distribución de I-CSCF

Para operaciones detalladas, consulte **Documentación S-CSCF**.

Gestión de Interfaces Diameter

OmniCall CSCF proporciona una gestión completa de pares Diameter a través de todos los componentes CSCF.

Aplicaciones Diameter Soportadas:

Aplicación	Interfaz	ID de Aplicación	Usado Por	Propósito
3GPP Cx	Cx	16777216	I-CSCF, S-CSCF	Autenticación de usuario, recuperación de perfil
3GPP Dx	Dx	16777216	I-CSCF	Localización de suscripción en multi-HSS
3GPP Rx	Rx	16777236	P-CSCF	Autorización de políticas, control de QoS
3GPP Ro	Ro	4 (CC)	S-CSCF	Cobro en línea (control de crédito)
3GPP Rf	Rf	3 (Contabilidad)	S-CSCF	Cobro fuera de línea (CDR)
3GPP Sh	Sh	16777217	AS	Acceso a datos de usuario desde AS

Capacidades Diameter:

- Descubrimiento automático de pares a través de DNS
- Soporte de failover y redundancia
- Gestión de conexiones y watchdog
- Estadísticas y monitoreo por par
- Habilitar/deshabilitar pares dinámicamente

Para operaciones y resolución de problemas de Diameter, consulte **Guía de Gestión de Diameter**.

Operaciones Comunes

OmniCall CSCF proporciona capacidades operativas completas a través de su panel de control basado en web. Esta sección cubre tareas operativas comunes y su importancia.

Gestión de Registro

Comprendiendo los Registros IMS:

El registro IMS es un proceso de dos niveles:

- **Contacto P-CSCF**: El equipo del usuario establece una conexión IPsec/SIP con P-CSCF
- **Registro S-CSCF**: Registro IMS completo con autenticación a través de HSS

Operaciones Clave de Registro:

- **Ver registros activos** a través de P-CSCF y S-CSCF
- **Consultar usuarios específicos** por IMPU, IMSI o dirección IP
- **Monitorear estado de registro** (autenticado, activo, expirado)
- **Forzar desregistro** para resolución de problemas o propósitos administrativos
- **Rastrear expiración de registro** para identificar problemas de re-registro

Para procedimientos de registro detallados, consulte:

- Gestión de Contactos P-CSCF
- Operaciones de Registro S-CSCF

Monitoreo de Sesiones de Llamadas

Gestión de Diálogo (Sesión):

El S-CSCF mantiene el estado de todas las sesiones IMS activas (llamadas). Los operadores pueden:

- **Monitorear diálogos activos** incluyendo Call-ID, participantes y estado de sesión
- **Ver detalles del diálogo** como SDP (parámetros de medios), conjuntos de ruta y temporizadores
- **Terminar diálogos** para resolución de problemas o situaciones de emergencia
- **Rastrear duración de sesiones** y detectar sesiones de larga duración o atascadas

Estados de Sesión:

- **Temprano**: La llamada está sonando, a►►n no respondida
- **Confirmado**: Llamada activa con medios fluyendo
- **Terminado**: Llamada finalizada normalmente

Para procedimientos de monitoreo de llamadas, consulte Gestión de Diálogos S-CSCF.

Activación de Servicios y Gestión de IFC

Los Criterios de Filtro Inicial (IFC) determinan cuándo y cómo el S-CSCF enruta sesiones a servidores de aplicaciones como **OmniTAS** y **OmniMessage**.

Operaciones de IFC:

- **Volcar IFC del usuario** para ver el perfil de servicio configurado desde HSS
- **Probar coincidencia de IFC** con escenarios de llamada simulados
- **Verificar enrutamiento AS** para asegurar la invocación de servicio adecuada
- **Depurar fallos de servicio** examinando la evaluación de puntos de activación

Ejemplo de Estructura IFC:

```
<InitialFilterCriteria>
  <Priority>10</Priority>
  <TriggerPoint>
    <SPT><Method>INVITE</Method></SPT>
    <SPT><SessionCase>0</SessionCase><!-- Originante --></SPT>
  </TriggerPoint>
  <ApplicationServer>
    <ServerName>sip:omnitas.ims.example.com</ServerName>
    <DefaultHandling>0</DefaultHandling><!-- Debe invocar -->
  </ApplicationServer>
</InitialFilterCriteria>
```

Para pruebas y resolución de problemas de IFC, consulte Operaciones IFC S-CSCF.

Gestión de Pares Diameter

Monitoreo de Conectividad Diameter:

OmniCall CSCF depende de interfaces Diameter para HSS, PCRF y la integración de cobro. Los operadores pueden:

- **Monitorear estado de pares** (I_Open = conectado, Closed = desconectado)
- **Ver capacidades de pares** (aplicaciones Diameter soportadas)
- **Habilitar/deshabilitar pares** para mantenimiento o pruebas de failover
- **Rastrear estadísticas de pares** (solicitudes, fallos, timeouts)

Conexiones Diameter Críticas:

- **Cx a HSS** (I-CSCF, S-CSCF): Autenticación de usuario y perfiles
- **Rx a PCRF** (P-CSCF): Política de QoS y control de portadores
- **Ro a OCS** (S-CSCF): Cobro en línea y control de crédito

Para resolución de problemas de Diameter, consulte Guía de Operaciones de Diameter.

Gestión de Servicios de Emergencia

Operaciones E-CSCF:

El manejo de llamadas de emergencia requiere atención operativa especial:

- **Monitorear mapeos de IMEI a número de retorno** para llamadas de emergencia
- **Verificar disponibilidad de información de ubicación** para E911/E112
- **Probar enrutamiento de llamadas de emergencia** sin conexión real a PSAP
- **Gestionar registro de emergencia** para dispositivos no provisionados

Los servicios de emergencia funcionan incluso para:

- Usuarios no registrados
- Usuarios sin SIM/credenciales inválidas
- Usuarios en roaming de otras redes

Para operaciones de emergencia, consulte Servicios de Emergencia P-CSCF.

Gestión de Tablas Hash

Estructuras de Datos en Memoria Compartida:

Los nodos CSCF utilizan tablas hash en memoria para datos críticos en rendimiento:

Tabla Hash	CSCF	Propósito	TTL
`imei_msisdn`	P-CSCF	Mapeo de retorno de llamada de emergencia	24 horas
`service_routes`	P-CSCF	Rutas de servicio en caché	Expiración de registro
`auth`	S-CSCF	Vectores de autenticación	Timeout de desafío

Operaciones:

- **Ver contenido de tablas** para resolución de problemas
- **Eliminar entradas específicas** para limpiar datos obsoletos
- **Vaciar tablas completas** para recuperación de emergencia (usar con precaución)

Para operaciones detalladas de UI, consulte la Guía de Operaciones de UI Web.

Resolución de Problemas

Esta sección cubre problemas operativos comunes y sus estrategias de resolución.

Fallos de Registro

Síntomas: Usuarios incapaces de registrarse en la red IMS, timeouts de registro

Causas Raíz Comunes:

1. **Problemas de Conectividad HSS**
    - Verifique el estado del par Diameter Cx en I-CSCF y S-CSCF
    - Verifique que el HSS sea accesible y responda a solicitudes UAR/MAR

    - Verifique problemas de enrutamiento Diameter

2. **Fallos de Autenticación**
    - Verifique las credenciales del usuario provisionadas en HSS
    - Verifique la generación de vectores de autenticación (MAR/MAA)
    - Verifique la compatibilidad del algoritmo AKA (Milenage)

3. **Conectividad P-CSCF**
    - Verifique el establecimiento de SA IPsec para dispositivos móviles
    - Verifique la traversía NAT para dispositivos detrás de NAT
    - Verifique el descubrimiento de P-CSCF (DNS, DHCP o configuración estática)

4. **Asignación de S-CSCF**
    - Verifique la lógica de selección de S-CSCF de I-CSCF
    - Verifique que las capacidades de S-CSCF coincidan con los requisitos del usuario
    - Verifique la capacidad de S-CSCF (límites de registro)

Para resolución de problemas detallada, consulte guías específicas de componentes:

- Resolución de Problemas P-CSCF
- Resolución de Problemas I-CSCF
- Resolución de Problemas S-CSCF

Fallos en el Establecimiento de Llamadas

Síntomas: Las llamadas no se establecen, se reciben errores SIP 4xx/5xx

Causas Raíz Comunes:

1. **Usuario No Registrado**

    - Verifique que tanto los usuarios originantes como los terminantes estén registrados en IMS
    - Verifique el estado de registro a través de S-CSCF

2. **Problemas de IFC/Activación de Servicio**

    - Verifique el IFC descargado de HSS (verifique SAR/SAA)
    - Pruebe la coincidencia de IFC para el escenario de llamada
    - Verifique la disponibilidad de OmniTAS/OmniMessage si se activa

3. **Problemas de QoS/PCRF**

    - Verifique el estado del par Diameter Rx en P-CSCF
    - Verifique la autorización de políticas de QoS de PCRF
    - Verifique que los recursos de portador estén disponibles en la red de acceso

4. **Fallos de Enrutamiento**

    - Verifique el enrutamiento de destino (ENUM, traducción de números)
    - Verifique la configuración de interconexión/MGCF para llamadas PSTN
    - Verifique el enrutamiento de roaming para llamadas fuera de la red

---

Problemas de Conectividad Diameter

Síntomas: El par Diameter muestra estado "Closed", las operaciones están expirando

Pasos de Diagnóstico:

1. **Verifique el Estado del Par**: Use el panel de control para ver el estado del par Diameter
2. **Verifique la Conectividad de Red**: Pruebe la accesibilidad IP al par Diameter (puerto 3868)
3. **Verifique Capacidades**: Verifique que los ID de Aplicación coincidan entre pares

4. **Revise el Watchdog**: Verifique los intercambios de watchdog Diameter (DWR/DWA)

Interfaces Diameter Críticas:

Interfaz	Impacto si Está Caído	Prioridad de Recuperación
Cx (HSS)	No nuevos registros, no actualizaciones de IFC	Crítico - inmediato
Rx (PCRF)	Sin QoS para nuevas llamadas	Alto - dentro de minutos
Ro (OCS)	Sin cobro prepago, el servicio puede continuar	Alto - depende de la política

Para resolución de problemas de Diameter, consulte Guía de Operaciones de Diameter.

Problemas de Entrega de SMS

Síntomas: SMS no entregados a través de IMS, recaída a SMSC legado

Causas Raíz Comunes:

1. **OmniMessage No Activado**
   - Verifique que el IFC esté configurado para activar OmniMessage para solicitudes MESSAGE
   - Verifique la prioridad del IFC (debería ser más alta que otros AS)
   - Pruebe la coincidencia de IFC con SMS simulado
2. **Integración de SMSC**
   - Verifique la conectividad de OmniMessage a SMSC (MAP/SMPP)

- Verifique la conversión de formato de mensaje (SIP MESSAGE ↔ SMS PDU)
- Verifique el enrutamiento de suscriptores en SMSC

3. **Problemas de Tipo de Contenido**

   - Verifique `Content-Type: application/vnd.3gpp.sms` en SIP MESSAGE
   - Verifique la codificación de conjunto de caracteres (GSM-7, UCS-2)

Para resolución de problemas de SMS, consulte Gestión de IFC S-CSCF.

Problemas de Llamadas de Emergencia

Síntomas: Llamadas de emergencia no enrutadas a PSAP, ubicación no incluida

Causas Raíz Comunes:

1. **Detección de E-CSCF**

   - Verifique la detección de URN de emergencia (urn:service:sos)
   - Verifique las reglas de enrutamiento de emergencia en P-CSCF
   - Verifique la conectividad de LRF

2. **Información de Ubicación**

   - Verifique el encabezado de ubicación en SIP INVITE
   - Verifique el mapeo de IMEI a número de retorno para devoluciones de llamada
   - Pruebe la recuperación de ubicación desde LRF

3. **Enrutamiento a PSAP**

   - Verifique la configuración de la tabla de enrutamiento de PSAP
   - Verifique la generación de ESQK (Clave de Consulta de Servicio de Emergencia)
   - Verifique el tronco/interconexión a PSAP

Para operaciones de servicios de emergencia, consulte Servicios de Emergencia P-CSCF.

Degradación del Rendimiento

Síntomas: Configuración de llamada lenta, retrasos en el registro, alta latencia

Diagnóstico:

1. **Monitorear Métricas de Prometheus**: Verifique las métricas de rendimiento de CSCF (consulte Referencia de Métricas para definiciones completas de métricas)
2. **Rendimiento de Base de Datos**: Verifique los tiempos de consulta de base de datos de S-CSCF
3. **Latencia de Red**: Verifique la latencia entre nodos CSCF
4. **Utilización de Recursos**: Monitoree CPU, memoria y red en servidores CSCF

Consideraciones de Escalabilidad:

- **P-CSCF**: ~50,000 SAs IPsec por instancia (VoLTE); 100,000+ a través de OmniePDG (VoWiFi)
- **I-CSCF**: Sin estado, escala horizontalmente (1,000-5,000 registros/segundo por instancia)
- **S-CSCF**: 100,000-500,000 registros por instancia; 20,000-100,000 diálogos concurrentes

Para planificación de capacidad y dimensionamiento detallado, consulte la **Guía de Capacidad y Dimensionamiento**.

Para monitoreo de rendimiento y métricas, consulte la Guía de Operaciones de UI Web.

Documentación Adicional

Guías de Operaciones Específicas de Componentes

Para operaciones detalladas y resolución de problemas para cada componente CSCF:

- **Guía de Operaciones P-CSCF/E-CSCF** - Proxy de borde, asociaciones de seguridad, servicios de emergencia
- **Guía de Operaciones I-CSCF** - Selección de S-CSCF, ocultación de topología, roaming
- **Guía de Operaciones S-CSCF** - Registro, gestión de diálogos, operaciones de IFC
- **Guía de Operaciones de Diameter** - Gestión y resolución de problemas de pares Diameter
- **Guía de Operaciones de UI Web** - Uso del panel de control, monitoreo y administración
- **Referencia de Métricas** - Referencia completa de todas las métricas de Prometheus de P-CSCF, I-CSCF y S-CSCF
- **Guía de Capacidad y Dimensionamiento** - Dimensionamiento de despliegue, planificación de capacidad, ajuste de rendimiento

Cumplimiento Regulatorio

- **Cumplimiento de Intercepción ANSSI R226** - Capacidades de intercepción legal según lo requerido por las autoridades regulatorias francesas

Referencia de Normas 3GPP

OmniCall CSCF implementa las siguientes especificaciones 3GPP:

Especificación	Título	Relevancia
TS 23.228	Sistema Multimedia IP (IMS) - Etapa 2	Arquitectura central IMS
TS 24.229	Protocolo de control de llamadas multimedia IP (SIP)	Perfil SIP IMS
TS 29.228	Interfaces Cx y Dx (CSCF-HSS)	Datos de usuario y autenticación
TS 29.214	Interfaz Rx (P-CSCF-PCRF)	Control de políticas de QoS
TS 32.299	Cobro - Aplicaciones Diameter	Cobro en línea/fuera de línea
TS 24.341	SMS sobre redes IP	SMS sobre IMS
TS 23.167	Servicios de emergencia	E-CSCF y llamadas de emergencia

Cumplimiento de Normas GSMA

OmniCall CSCF es completamente compatible con los perfiles IMS de GSMA, asegurando interoperabilidad con dispositivos de estantería:

IR.92 - Perfil IMS para Voz y SMS (VoLTE)

GSMA PRD IR.92 define el perfil IMS obligatorio para servicios VoLTE, asegurando que los dispositivos comerciales funcionen sin problemas sin configuración específica del operador o retrasos en la certificación de dispositivos.

Beneficios Clave de IR.92 para OmniCall CSCF:

✓ **Soporte para Dispositivos del Mercado Abierto**: Cualquier smartphone compatible con IR.92 funciona de inmediato—sin paquetes personalizados de operador, APNs propietarios o provisión especial requerida

✓ **Perfil SIP Estandarizado**: Los dispositivos utilizan encabezados SIP estándar, autenticación y flujos de registro según lo definido en 3GPP TS 24.229

✓ **Interoperabilidad de Códecs**: El soporte de códec obligatorio (AMR-WB para voz HD) asegura calidad de voz consistente en todos los dispositivos

✓ **SMS sobre IMS**: La integración con **OmniMessage** proporciona entrega de SMS basada en estándares (TS 24.341) a cualquier dispositivo compatible con IR.92

✓ **Servicios de Emergencia**: El manejo de números de emergencia E.164 (911, 112, etc.) funciona en todos los dispositivos compatibles sin configuración especial

✓ **Consistencia en Roaming**: El roaming en casa asegura que los usuarios obtengan la misma experiencia VoLTE al visitar otras redes compatibles con IR.92

Lo que Esto Significa: Los operadores pueden lanzar servicios VoLTE de inmediato con dispositivos de consumo existentes (iPhone, Samsung, Google Pixel, etc.) sin esperar la certificación personalizada del dispositivo o actualizaciones de paquetes de operador.

IR.94 - Perfil IMS para Voz, Video y SMS (VoWiFi)

GSMA PRD IR.94 extiende IR.92 para incluir Voz sobre WiFi, habilitando servicios VoLTE a través de redes WiFi no confiables.

Arquitectura VoWiFi con OmniCall:

Componentes VoWiFi:

- **OmniePDG**: Puerta de Datos de Paquete Evolucionada - Proporciona terminación de túnel IPsec para acceso WiFi no confiable
- **OmniCall P-CSCF**: Maneja registros VoWiFi de manera idéntica a VoLTE (mismas rutas de servicio, misma activación de IFC)
- **Transferencia Sin Interrupciones**: Los dispositivos pueden moverse entre LTE y WiFi sin interrupción de la llamada

Beneficios de IR.94:

- Los mismos beneficios de IR.92 se aplican a VoWiFi
- Los dispositivos descubren automáticamente ePDG a través de DNS (sin configuración manual)
- Un solo registro IMS cubre tanto VoLTE como VoWiFi
- Extensión de cobertura interior sin femtoceldas o DAS

Para operaciones de ePDG y resolución de problemas de VoWiFi, consulte **Documentación OmniePDG**.

Otras Normas GSMA

- **IR.51** - Estructura de Base de Datos de Roaming GSMA
- **IR.88** - Directrices de Roaming LTE
- **AA.80** - Configuración de Dispositivos IMS/RCS y Servicios de Soporte

Diferenciación del Producto

¿Por Qué Elegir OmniCall CSCF?

✓ **Soporte Plug-and-Play para Dispositivos**: Compatible con GSMA IR.92/IR.94 - funciona con dispositivos de estantería como iPhones, teléfonos Android y dispositivos de línea fija sin paquetes personalizados de operador o retrasos en la certificación de dispositivos

✓ **Solución IMS Completa**: Todos los componentes CSCF (P/I/S/E) más OmniePDG para VoWiFi en una plataforma unificada

✓ **Convergencia Fijo-Móvil**: Núcleo IMS unificado para servicios móviles (VoLTE/VoWiFi), banda ancha fija y servicios de telefonía por cable

✓ **Provisión Sin Tacto**: El descubrimiento de dispositivos basado en estándares (DNS, DHCP) significa que los usuarios pueden cambiar tarjetas SIM entre dispositivos sin soporte de TI

✓ **Gestión Empresarial**: Panel de control basado en web con monitoreo en tiempo real, diagnósticos y resolución de problemas

✓ **Escalabilidad de Grado Operador**: Escalado horizontal para soportar millones de suscriptores con tiempos de configuración de llamadas de menos de un segundo

✓ **Ecosistema de Servidores de Aplicaciones**: Integración sin problemas con OmniTAS (servicios de telefonía) y OmniMessage (SMS/MMS)

✓ **Servicios de Emergencia**: E-CSCF integrado con soporte E911/E112, servicios de ubicación y manejo de devoluciones de llamada

✓ **Interoperabilidad Primero**: Cumplimiento total de 3GPP y GSMA asegura que los acuerdos de roaming y la interconexión funcionen de inmediato

✓ **Probado en Producción**: Desplegado en redes de nivel 1, nivel 2 y MVNO en todo el mundo sirviendo a millones de suscriptores

Glosario

Términos de Arquitectura IMS

- **3GPP**: Proyecto de Asociación de Tercera Generación - Organismo de estándares para telecomunicaciones móviles
- **AKA**: Acuerdo de Autenticación y Clave - Mecanismo de seguridad para IMS
- **AoR**: Dirección de Registro - Identidad SIP (por ejemplo, sip:user@domain.com)
- **CSCF**: Función de Control de Sesión de Llamadas - Entidad de control de sesión IMS
- **DAS**: Sistema de Antena Distribuida - Solución de cobertura interior
- **E-CSCF**: CSCF de Emergencia - Función de enrutamiento de llamadas de emergencia

- **ePDG**: Puerta de Datos de Paquete Evolucionada - Punto final de túnel IPsec para acceso WiFi no confiable
- **ENUM**: Mapeo de Número E.164 - Traducción basada en DNS
- **ESQK**: Clave de Consulta de Servicio de Emergencia - Identificador de llamada de emergencia
- **FMC**: Convergencia Fijo-Móvil - Servicios unificados a través de tipos de acceso
- **GSMA**: Asociación GSM - Organización de estándares de la industria móvil
- **HD Voice**: Voz de Alta Definición - Audio de banda ancha utilizando códec AMR-WB
- **HSS**: Servidor de Suscriptores - Base de datos de suscriptores y autenticación
- **I-CSCF**: CSCF Interrogante - Punto de entrada de red y ocultación de topología
- **IFC**: Criterios de Filtro Inicial - Reglas de activación de servicio basadas en XML
- **IMS**: Sistema Multimedia IP - Arquitectura 3GPP para servicios basados en IP
- **IMPU**: Identidad Pública Multimedia IP - Identidad pública del usuario (URI SIP o URI tel)
- **IMSI**: Identidad Internacional de Suscriptor Móvil - Identificador de suscriptor
- **IR.92**: Perfil IMS de GSMA para Voz y SMS - Estándar de interoperabilidad VoLTE
- **IR.94**: Perfil IMS de GSMA para Video Conversacional - Estándar de interoperabilidad VoWiFi
- **ISC**: Control de Servicio IMS - Interfaz entre S-CSCF y Servidores de Aplicaciones
- **LRF**: Función de Recuperación de Ubicación - Servicios de ubicación de emergencia
- **MGCF**: Función de Control de Puerta de Medios - Interconexión PSTN
- **MVNO**: Operador de Red Móvil Virtual - Operador sin infraestructura de radio propia
- **NDS**: Seguridad de Dominio de Red - Seguridad entre operadores (TLS/IPsec)

- **P-CSCF**: Proxy CSCF - Proxy de borde y primer punto de contacto
- **PSAP**: Punto de Respuesta de Seguridad Pública - Centro de llamadas de servicios de emergencia
- **RCS**: Servicios de Comunicación Ricos - Servicios de mensajería mejorados
- **S-CSCF**: CSCF Servidor - Control de sesión central y registro
- **SPT**: Punto de Activación de Servicio - Condición de coincidencia en IFC (Método, Request-URI, etc.)
- **SWu**: Interfaz 3GPP entre UE y ePDG (IPsec/IKEv2)
- **UE**: Equipo de Usuario - Dispositivo final (teléfono, tableta, terminal fija)
- **VoLTE**: Voz sobre LTE - Servicios de voz a través de la red de datos LTE
- **VoWiFi**: Voz sobre WiFi - Servicios de voz a través de redes WiFi no confiables

Términos del Protocolo Diameter

- **AAA**: Autenticación, Autorización, Contabilidad
- **AVP**: Par Atributo-Valor - Elemento de datos del mensaje Diameter
- **CCR/CCA**: Solicitud/Respuesta de Control de Crédito - Mensajes de cobro en línea
- **CDF**: Función de Datos de Cobro - Recolector de cobro fuera de línea
- **Cx**: Interfaz Diameter entre I-CSCF/S-CSCF y HSS
- **Diameter**: Protocolo AAA utilizado en IMS (evolución de RADIUS)
- **Dx**: Interfaz Diameter entre I-CSCF y SLF (localizador de suscripciones)
- **DWR/DWA**: Solicitud/Respuesta de Vigilancia de Dispositivo - Verificación de salud del par
- **MAR/MAA**: Solicitud/Respuesta de Autenticación Multimedia - Solicitud de vector de autenticación
- **OCS**: Sistema de Cobro en Línea - Cobro y control de crédito en tiempo real
- **PCRF**: Función de Reglas de Políticas y Cobro - Servidor de políticas de QoS
- **Rf**: Interfaz Diameter para cobro fuera de línea (contabilidad)
- **Ro**: Interfaz Diameter para cobro en línea (control de crédito)
- **Rx**: Interfaz Diameter entre P-CSCF y PCRF (autorización de QoS)
- **SAR/SAA**: Solicitud/Respuesta de Asignación de Servidor - Descarga de perfil de usuario

- **Sh**: Interfaz Diameter entre AS y HSS (acceso a datos de usuario)
- **SLF**: Función de Localización de Suscripciones - Localización de HSS en entorno multi-HSS
- **UAR/UAA**: Solicitud/Respuesta de Autorización de Usuario - Selección de S-CSCF

Términos del Producto OmniCall

- **OmniCall CSCF**: Solución completa de CSCF IMS (este producto)
- **OmniePDG**: Puerta de Datos de Paquete Evolucionada - Terminación de túnel IPsec para VoWiFi (compatible con IR.94)
- **OmniTAS**: Servidor de Aplicaciones de Telefonía - Proporciona servicios de telefonía suplementarios
- **OmniMessage**: Servidor de Aplicaciones de Mensajería - SMS/MMS sobre IMS (TS 24.341)

Términos del Protocolo SIP

- **Diálogo**: Estado de sesión SIP entre dos puntos finales
- **INVITE**: Método SIP para establecimiento de sesión (llamadas)
- **MESSAGE**: Método SIP para mensajería instantánea (incluyendo SMS sobre IMS)
- **REGISTER**: Método SIP para registro de usuario
- **SDP**: Protocolo de Descripción de Sesión - Parámetros de medios (códecs, puertos)
- **SIP**: Protocolo de Inicio de Sesión - Protocolo de señalización para IMS