

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

**Implementación de
Interoperabilidad de Redes de
comunicaciones móviles a través
de la habilitación de MOCN**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniera en Telecomunicaciones

P R E S E N T A

Vanesa Arenas Soza

ASESOR DE INFORME

M.I. Juventino Cuellar González



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021

Implementación de Interoperabilidad de Redes de comunicaciones móviles a través de la habilitación de MOCN

Índice

| | |
|---|----|
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Objetivo..... | 2 |
| 3. Descripción de la empresa | 2 |
| 4. Descripción del puesto de trabajo | 3 |
| 4.1 Realizar la planeación estratégica de proyectos de crecimiento en la red. | 3 |
| 4.2 Administrar la implementación y puesta en operación de nuevos Proyectos. | 3 |
| 4.3 Gestionar la ejecución de soluciones técnicas y tecnológicas en los proyectos asignados..... | 3 |
| 4.4 Gestionar y organizar la asignación de recursos humanos y materiales para la ejecución de estrategias y proyectos. | 3 |
| 4.5 Liderar a los equipos de trabajo involucrados en las necesidades de expansión de la red..... | 4 |
| 5. Descripción del problema | 5 |
| 5.1 Antecedentes..... | 5 |
| 5.1.1 Beneficios de las redes compartidas | 6 |
| 5.1.2 Multi-Operator Radio Access Network (MORAN)..... | 8 |
| 5.1.3 Multi-Operator Core Network (MOCN)..... | 9 |
| 5.1.4 Comparación entre MORAN and MOCN. | 10 |
| 6. Participación Profesional | 11 |
| 7. Metodología utilizada..... | 14 |
| 7.1 Análisis Causa- Raíz..... | 14 |
| 7.2 Diagrama de Gantt..... | 15 |
| 7.3 Ruta crítica..... | 15 |
| 7.4 Scrum..... | 16 |
| 7.5 Métodos estadísticos..... | 16 |
| 7.6 Pruebas Piloto..... | 17 |
| 8. Caso práctico 1: Activación MOCN 4G-LTE | 18 |
| 8.1 Definición de mercado..... | 18 |
| 8.2 Monitorear la implementación del PDC | 18 |
| 8.3 Definición Listado de sitios..... | 19 |
| 8.4 Liberación de Ingenierías. | 19 |
| 8.5 Configuraciones IP..... | 19 |
| 8.6 Validación de Configuraciones IP. | 19 |

| | |
|--|----|
| 8.7 Configuraciones de Capa de Radio | 20 |
| 8.8 Habilitación de MOCN..... | 20 |
| 8.9 Validación MOCN y movilidad | 21 |
| 8.10 Administración – Proceso Operativo | 22 |
| 9. Caso práctico 2: Activación MOCN 3G - UMTS..... | 23 |
| 9.1 Definición de mercado..... | 23 |
| 9.2 Definición Listado de sitios a activar. | 23 |
| 9.3 Liberación de Ingenierías | 23 |
| 9.4 Configuraciones IP | 23 |
| 9.5 Validación de Configuraciones IP | 24 |
| 9.6 Configuraciones de Capa de Radio | 24 |
| 9.7 Habilitación de MOCN 3G | 25 |
| 9.8 Validación MOCN 3G y movilidad..... | 26 |
| 9.9 Administración – Proceso Operativo | 26 |
| 10. Resultados de la participación Profesional | 27 |
| 11. Conclusiones..... | 28 |
| 12. Glosario..... | 29 |
| 13. Bibliografía..... | 31 |

Implementación de Interoperabilidad de Redes de comunicaciones móviles a través de la habilitación de MOCN

1. Introducción

Partiendo de los primeros sistemas de radio comunicaciones, podría enlistar todos aquellos cambios que han permitido que hoy día, nos podamos comunicar con cualquier persona, desde cualquier lugar y en cualquier momento. De estar limitados a la comunicación a través de un cable de cobre en la telefonía fija, pasando por las evoluciones de los medios de Tx. Hasta prescindir del uso de medio de transmisión físico, que ha permitido la gran expansión de sistemas de comunicaciones móviles esparcidos hasta el más remoto lugar del planeta, sin embargo, esa no es la intención de este trabajo.

El mundo ha cambiado, por tanto, la forma en que nos comunicamos, ha cambiado, las necesidades de cada individuo son múltiples y diferentes, en consecuencia, las redes de comunicación deben adaptarse a las necesidades de sus usuarios. Los desarrollos técnicos y tecnológicos están inmersos en una vorágine de crear nuevos dispositivos que permitan a los proveedores tecnológicos y de servicios, estar un paso adelante. Un paso adelante de las necesidades, un paso adelante de la competencia, un paso adelante del mercado y un paso adelante de la economía. En dicho contexto, las funcionalidades de los equipos y redes de comunicaciones, deben adaptarse a las nuevas necesidades, proporcionando ventajas y sinergia entre las diferentes redes y sus usuarios, esa es la finalidad del uso de MOCN (Multi-Operator *CORE* Network) en las redes de telefonía móvil.

En este trabajo encontrarán la descripción de la implementación física, del protocolo MOCN en México, entre dos compañías de redes móviles durante el año 2020. Como una muestra de que los desarrollos tecnológicos y de ingeniería, son aplicables tanto en los entornos teóricos, como en la realidad diaria y aún más allá, como un ejemplo más de la evolución de las redes de comunicaciones móviles, donde la parte física, tangible, ya no es el protagonista indiscutible, si no que el futuro está en la capa invisible de las nubes IP y la creación de protocolos de comunicación.

Mediante el uso de metodologías de gestión de proyectos, así como técnicas para análisis y solución de problemas, fue posible la habilitación y puesta en operación de una red compartida entre dos de los operadores de telecomunicaciones más grandes en México, un reto no desarrollado previamente en el país.

2. Objetivo

Describir la gestión de la implementación de Interoperabilidad de Redes de comunicaciones móviles a través de la funcionalidad MOCN.

3. Descripción de la empresa

El Operador A es la compañía de Telecomunicaciones más grande del mundo, con una amplia historia que ha tenido un fuerte impacto en el sector de las telecomunicaciones. Comenzó en 1876 cuando Alexander Graham Bell patentó el teléfono y fundó la compañía que se convirtió en Operador A, nueve años después, en 1885 la compañía construyó la primera línea de larga distancia que podía manejar una llamada a la vez.

Actualmente el Operador A es reconocido como uno de los proveedores líder en el mundo de servicios de comunicación para negocios basados en IP. Tenemos la red 4G más grande del país la cual sirve a millones de clientes, permitiéndoles viajar y comunicarse sin esfuerzo, con la mejor cobertura móvil del mundo ofreciendo la mayor variedad de teléfonos que funcionan en la mayoría de los países. A través de innovaciones continuas, también estamos desarrollando soluciones personalizadas, como los automóviles conectados y la tecnología del Internet de las cosas, la cual transformará nuestra manera de vivir, trabajar y entretenernos.

El Operador A está comprometido en elevar la competencia del sector de Telecomunicaciones en México y desplegar su servicio de red móvil de alta velocidad que cubrirá a 100 millones de personas en el país. Planea ofrecer servicios de alta calidad y velocidad, creando la primera área de servicio móvil de Norteamérica, que llegará a más de 400 millones de personas y negocios en México y Estados Unidos. Esta red permitirá vincular a nuestros países, economías, personas y culturas.

El Operador A está comprometido en proporcionar una excelente experiencia a sus clientes en México. Tenemos el objetivo de Nuestra Promesa se convierta en la filosofía de servicio que nos distinga y nos motive a ofrecer el más alto nivel de experiencia y servicio al cliente.

Misión: conectar a la gente con su mundo, en los lugares donde vive, trabaja y juega...y hacerlo mejor que nadie.

4. Descripción del puesto de trabajo

Project Manager

4.1 Realizar la planeación estratégica de proyectos de crecimiento en la red.

Como manager de los proyectos de Red de acceso, me encargo de analizar y definir la línea de acción estratégica para cada uno de los proyectos de crecimiento de red: El alcance, los requisitos, la calidad, las pruebas, tiempos de implementación, así como los costos y la comunicación hacia la alta Dirección.

4.2 Administrar la implementación y puesta en operación de nuevos Proyectos.

Una vez definido el plan estratégico para el proyecto, realizo la administración del mismo, a través de sesiones con los grupos de trabajo, los involucrados, los clientes; para así garantizar que lo planeado se lleve a etapa de ejecución, de acuerdo con los requisitos de Ingeniería, diseño y comerciales; garantizando la correcta implementación, pruebas y evaluación hasta que es entregado de forma funcional, con un lanzamiento comercial o recibido por el área de operaciones.

4.3 Gestionar la ejecución de soluciones técnicas y tecnológicas en los proyectos asignados.

Una vez definida la necesidad general, debo gestionar con las áreas de ingeniería la definición de la solución técnica que permita alcanzar dicha necesidad: Elementos de red involucrados, configuraciones a realizar en sus variantes de Acceso, Core, Transporte, Tecnologías de Información, seguridad, etc. Lo cual se traduce en maquetas de pruebas de funcionalidad, ejecuciones de pilotos, asignación de recursos, compras de equipo, licencias o software, necesidad de adecuaciones físicas, compra de servicios de implementación y definición de tiempos de ejecución.

4.4 Gestionar y organizar la asignación de recursos humanos y materiales para la ejecución de estrategias y proyectos.

Una vez definida la solución técnica, organizo a los diversos equipos de trabajo, que deben involucrarse en el proyecto, de acuerdo con dicha solución, y me encargo de que conozcan su objetivo y los objetivos generales del proyecto, manteniendo el esfuerzo de todas las áreas enfocados en la solución general durante el tiempo de vida del proyecto. En cuanto a los recursos materiales realizo seguimiento y control de lo que las áreas involucradas requieren, compran, utilizan y capitalizan para el proyecto.

4.5 Liderar a los equipos de trabajo involucrados en las necesidades de expansión de la red.

Con el alcance del proyecto definido, me encargó de la gestión de los equipos de trabajo interno, proveedores y cliente para llevar a cabo la implementación del proyecto, con base en las necesidades definidas por la organización (técnicas, económicas y comerciales), manteniendo la comunicación y persecución del objetivo mensual y/o anual.

4.6 Administrar y controlar la asignación y ejecución de presupuesto asignado a cada proyecto.

Para garantizar la rentabilidad de la implementación del proyecto, realicé la solicitud de presupuesto para la contratación de proveedores que realizarán scripts de configuración, configuraciones a nivel Core y e-node-B, así como recorridos físicos para la validación de activación de MOCN y cobertura.

Así mismo fui responsable del ejercicio del mismo, determinando cuando un trabajo debe subcontratarse y cuando realizarse por personal interno. En el primer escenario, me encargué del pago a cada proveedor una vez ejecutado. Manteniendo siempre controlado el presupuesto asignado, avanzando en la capitalización, para solicitar presupuesto adicional o determinar ahorros.

4.7 Ser la interfaz de comunicación entre el equipo de desarrollo OPERADOR A y los clientes.

Dado que este proyecto implica la interacción entre ambos operadores para lograr generar una red que dé servicio a los usuarios de ambas Telefónicas. Mi labor consistió en ser responsable de coordinar los trabajos, decisiones y cronología de los trabajos del equipo del Operador A y transmitirlos efectiva y asertivamente al equipo de trabajo del Operador B, fungiendo como comunicador y transductor de los requisitos del operador A (técnicos y legales) a las necesidades del Operador B (comerciales y de cobertura), Para así establecer una logística de configuraciones, con objetivos a mediano plazo: Apagado de mercados 2020 y a corto y mediano plazo: activaciones MOCN mensuales.

5. Descripción del problema

El Operador A, cuenta con una red de comunicaciones móviles, con una capacidad de atención de 100 millones de usuarios en LTE y 3G, dicha red pertenece a una infraestructura física propia y un espectro de red concesionado por el IFT (Instituto Federal de Telecomunicaciones). La operación y mantenimiento de dicha red es autónoma y a cargo del Operador A. La tecnología, equipamiento, protocolos de configuración y seguridad son los asignados y establecidos por el Operador A.

El operador B, cuenta con una red de comunicaciones móviles, de igual forma independiente, cuyo crecimiento ha sido detenido varios años atrás y al cierre del año 2020 perderá la concesión del espectro licitado ante IFT México. La renovación de la licitación ante la instancia gubernamental, implica una inversión mayor, que no se encuentra justificada con las expectativas de crecimiento (tráfico y usuarios) del Operador B.

A conveniencia de ambos operadores, fue necesario generar un proyecto de Ingeniería y de negocios, que permitiera al operador B, el uso de las facilidades de la red de transporte del Operador A, donde el Operador A mantiene la autonomía de diseño, despliegue y operación de su red; y el Operador B mantiene la gestión de sus usuarios de forma totalmente independiente.

5.1 Antecedentes

El desarrollo de nuevas redes de Telecomunicaciones y su operación, puede generar muy altos costos y retrasar la entrada de los proveedores en el esquema de negocios. El uso de redes compartidas, así como la virtualización de redes, permite a los operadores de redes de comunicaciones, un ahorro considerable en cuanto a inversiones de capital y costos operativos.

Existen dos formas de implementar redes compartidas en infraestructuras móviles, la *pasiva* y la *activa*:

En la **compartición pasiva**, el equipamiento compartido entre diferentes operadores de redes móviles, está limitada a los elementos pasivos de la red, como son mástiles para radios, fuentes de energía, sistemas de alarmas, gabinetes, torres, etc.

En la **compartición activa**, el equipo compartido se amplía, hasta incluir la infraestructura de transmisión (fibras, cables, sistemas de microondas), recursos de procesamiento banda base y potencialmente el espectro de Radio.

5.1.1 Beneficios de las redes compartidas

Costos

- Compartición Pasiva: genera ahorros entre 16%-35% en CAPEX (capital expenditure) y 16%-35% OPEX (operating expenses).
- Compartición Activa (sin incluir espectro de radio) puede generar ahorros de entre 33%-35% en CAPEX y 25%-33% of OPEX.
- Compartición Activa (incluyendo espectro de radio) puede generar ahorros superiores al 33%-45% en CAPEX y 30%-33% of OPEX.

Medio ambiente

- Reduce el consumo de energía.
Al utilizar la infraestructura de una sola red para proporcionar servicios a dos redes de usuarios, no se tiene que alimentar energéticamente a cada elemento de ambas redes, e incluso un operador puede funcionar solo con sus elementos de *Core* (MME, SGSN, etc.), prescindiendo de sus elementos de Acceso (e-nodeB).
- Mitiga la preocupación de los ciudadanos, con respecto a los efectos de la radiación que generan la instalación de infraestructuras celulares o móviles. En las comparticiones de red, al usar la infraestructura de otro operador (incluso por completo), se reduce e incluso, se elimina, la necesidad de instalar más centrales celulares, radiobases, torres y antenas, con lo que se cuenta con menos elementos radiantes que preocupen a la población.

Experiencia del cliente

La compartición de redes permite al usuario final, el acceso a mejor calidad en el servicio, mejor cobertura y mayores velocidades de transmisión de datos.

La forma en que se diseña y define la compartición de una red, debe permitir a los usuarios de los operadores involucrados, contar con el mismo patrón de cobertura, accesibilidad a la red y disponibilidad (esté en su red nativa o no), lo cual homologa la calidad de servicios entre ambos operadores y la percepción de servicio en los usuarios, ya que, al tener, por decirlo así, la disposición de infraestructura y cobertura de ambas redes se traduce en un servicio más veloz, uniforme y de mayor área de cobertura geográfica.

Obligaciones de cobertura

En las redes compartidas, los operadores deben de garantizar que se cumplan con las obligaciones de Cobertura establecidas en cada país

En Mexico, de acuerdo con el Artículo 3 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión el término se entenderá por: Acceso de la población en general a los servicios de telecomunicaciones determinados por la Secretaría de Comunicaciones, bajo condiciones de disponibilidad, asequibilidad y accesibilidad.

Los operadores tienen la obligación de generar y entregar de manera trimestral al IFT las coberturas diferenciadas y garantizadas para 2G, 3G y 4G.

- **Cobertura Garantizada:**
Cobertura del Servicio Móvil donde se garantiza el cumplimiento de los índices de calidad emitidos en los Lineamientos de Calidad Móvil.
- **Cobertura Diferenciada:**
Cobertura del Servicio Total.

En la compartición de red, los usuarios deben tener acceso a las coberturas que reportan sus operadores ante el IFT y garantizar la calidad del servicio, según lo establecido en el pleno de la CFT (Comisión Federal de Telecomunicaciones):

| Servicio | Indicador | Valor de Cumplimiento |
|-----------|--|--|
| Telefonía | Proporción de intentos de llamada fallidos | Menor al 3% Se considerará fallido aquel intento para el que, después de 20 segundos de haber sido pulsada la tecla <i>SEND</i> , no se establezca la conexión. |
| | Proporción de llamadas interrumpidas | Menor al 3% Se considerará que una llamada es interrumpida, cuando dicha interrupción se deba a causas distintas a la terminación intencional de alguno de los usuarios que participan en la llamada. |
| SMS | Proporción de SMS fallidos | Menor al 5% Se considerará fallido aquel mensaje que, después de 175 segundos de haber sido enviado, no sea recibido por el equipo móvil de destino. |

Tabla 5.1 Indicadores para Medir la calidad de los servicios de Telefonía móvil en México

FUENTE: Resolución mediante la cual el pleno de la comisión federal de telecomunicaciones expide el Plan Técnico Fundamental de Calidad del Servicio Local Móvil y la Resolución mediante la cual el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones emite la metodología de mediciones del Plan Técnico Fundamental de Calidad del Servicio de Telefonía Móvil.

La infraestructura RAN (Radio Access Network), propone dos formas de realizar la compartición de redes:

- *Multi-Operator Radio Access Network (MORAN)*.
- *Multi-Operator Core Network (MOCN)*.

5.1.2 Multi-Operator Radio Access Network (MORAN)

Propone una arquitectura donde los eNBs son compartidos, mientras que la red CORE es propiedad de cada operador de red. El estándar de MORAN también propone la compartición de RAN (Radio Access Network), usando las frecuencias de radio asignadas a cada operador. En este caso, cada operador puede independientemente controlar sus celdas celulares, por ejemplo: los parámetros de optimización, potencias de transmisión, etc.

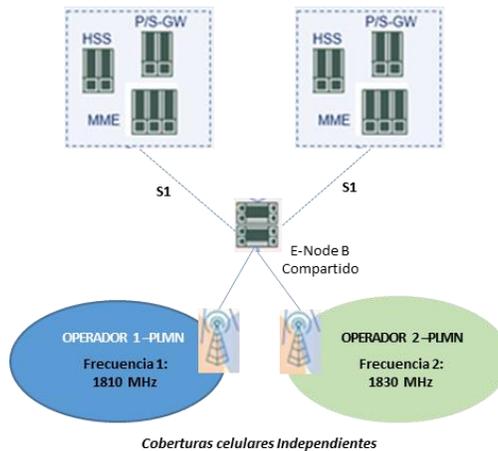


Figura 5.2. Diagrama implementación MORAN (Multi-Operator Ratio Access Network)

5.1.3 Multi-Operator Core Network (MOCN)

Permite la compartición de red mediante los mismos elementos que la arquitectura MORAN. Sin embargo, en MOCN, también se comparten frecuencias de radio, propagando los PLMN (Public Land Mobile Network) de cada operador. Esto evita que los operadores puedan controlar sus redes de forma independiente.

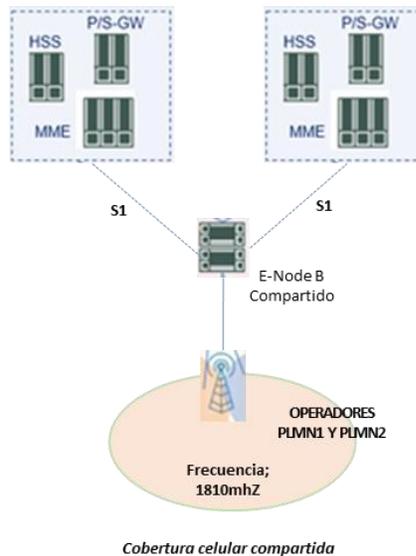


Figura 5.3 Diagrama implementación MOCN (Multi-Operator CORE Network)

5.1.4 Comparación entre MORAN and MOCN.

Para determinar cuál de los recursos para compartir redes es el más adecuado, de acuerdo con las necesidades y/o cualidades de cada red, conviene dar un vistazo a la tabla siguiente:

| Componente | MORAN | MOCN |
|-------------------------------|---------------|---------------|
| Core Network (EPC/5GC) | Independiente | Independiente |
| Base Station (eNB) | Compartido | Compartido |
| Frequency Spectrum | Independiente | Compartido |
| Cell Coverage Area | Independiente | Independiente |

Tabla 5.2 Comparación de uso de recursos MORAN vs MOCN.

Si como en el caso de este informe, el uso del espectro se encuentra comprometido para uno de los operadores (técnica y económicamente), la opción es utilizar MOCN.

6. Participación Profesional

Una vez definidas las necesidades comerciales y el contexto legal para la Interoperabilidad de las redes móviles de ambos operadores, estuve a cargo de la implementación de MOCN en la red del Operador A, en el proyecto denominado Migraciones MOCN.

Dicho proyecto consistió en un convenio de acceso a capacidad de última milla inalámbrica en el que el Operador A puso a disposición del Operador B la capacidad necesaria en su red de acceso en 3G, 4G y sus evoluciones a nivel nacional. El operador B mantuvo su red de transporte y todas sus plataformas, garantizando su independencia, sin restricciones comerciales o geográficas.

Mis responsabilidades consistieron en garantizar el establecimiento de la Topología MOCN bajo una estructura de transporte compartida y CORE's independientes, de acuerdo con lo siguiente:

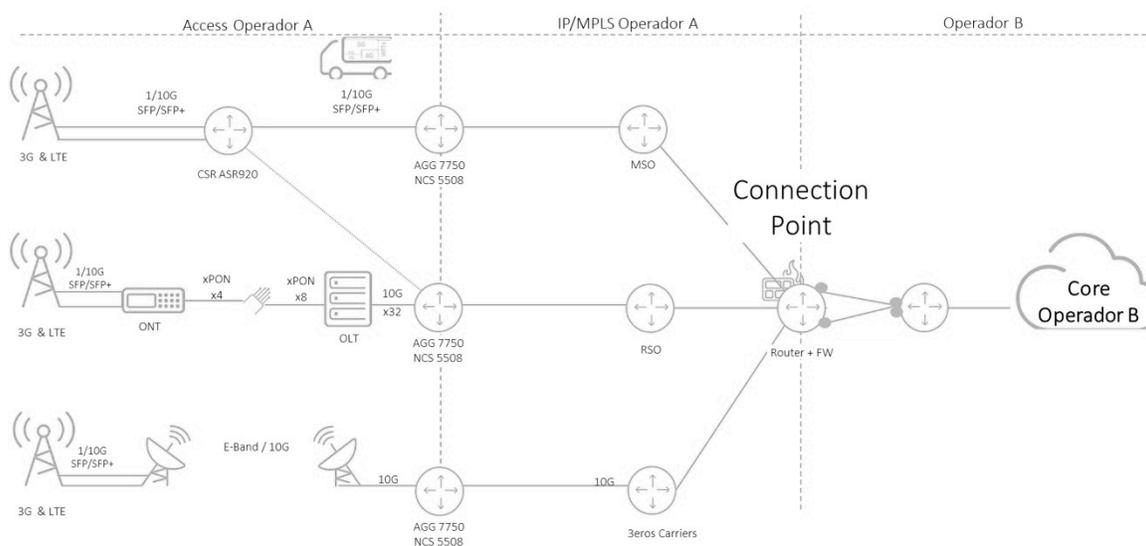


Figura 6.1 Diseño Solución MOCN entre el Operador A y el Operador B

Actividades realizadas:

1. Definí los sitios de la red Operativa del Operador A, susceptibles a configuración y habilitación MOCN.

2. Gestioné las pre configuraciones necesarias para garantizar conectividad de Transmisión y parámetros de *CORE*.
 - Operador A:
 - Configuraciones IP: Routing y anuncio de prefijos.
 - Configuraciones de Seguridad: Firewalls, Access List (ACL).
 - Configuraciones de Diseño: Coordenadas, coberturas, parámetros TAC-LAC-SAI-RAI.
 - Configuraciones *CORE*: Rutas Estáticas, interfaces S1 (LTE) / luCS, luPS e luR (3G).
 - Operador B
 - Configuraciones IP: Routing y anuncio de prefijos.
 - Configuraciones de Diseño: Parámetros TAC-LAC-SAI-RAI.
 - Configuraciones *CORE*: Asignaciones de elementos *CORE* (MME, SGW prioritarios).
3. Realicé el Plan de ejecución de configuración y habilitación MOCN (LTE y 3G), despliegue anual febrero 2020 a noviembre 30 del 2020.
4. Gestioné la ejecución de trials (pruebas para validar la funcionalidad de MOCN en entornos controlados) entre Operador A y Operador B, para tecnologías LTE y 3G, y validando interoperabilidad de las tecnologías usadas por cada operador:
 - Huawei-Huawei
 - Huawei-Ericsson
 - Huawei-Nokia
 - Ericsson-Nokia
5. Coordiné la ejecución de pruebas para validación de conectividad, entre el Operador A y B, para cada uno de los eNB a activar con MOCN.
6. Realice sesiones de análisis con los equipos técnicos, de Ingeniería y Diseño para garantizar que lo establecido en la topología MOCN, pudieran implementarse físicamente y prever escenarios resultantes, para toma de decisiones.
7. Elaboré análisis de necesidades de Transmisión y Radiofrecuencia para garantizar el *performance* de la red del Operador A.

8. Verifiqué la ejecución de acciones de configuración de la capa de radio para cubrir las necesidades del Operador B, sin afectar el desempeño de la red y usuarios del Operador A.
9. Gestioné la ejecución de *Trouble shootings* para solucionar problemas resultantes de la implementación de MOCN (análisis de Causa-raíz, y acciones posteriores).
10. Ejecuté la migración/habilitación de MOCN en Nodos 4G y 3G del Operador A, entre febrero y noviembre de 2020.
11. Proporcioné las bases de datos necesarias para una vez realizada la configuración MOCN en la red del Operador A, y la correspondiente migración de tráfico; el Operador B pudiera realizar el apagado de sus sitios para liberar el espectro, cuya licitación con IFT terminó al 30 de noviembre de 2020.
12. Garantiqué el cumplimiento de compromisos legales, comerciales y de regulatorios, con base en el convenio establecido entre el Operador A y el Operador B.

En los apartados 8 y 9 de este informe, describo los casos reales, desarrollados durante mi ejercicio profesional, objetivo de este trabajo.

7. Metodología utilizada

7.1 Análisis Causa- Raíz

Consiste en descubrir la causa raíz de un problema o evento.

Permite lograr la corrección, compensación y/o prevención de problemas asociados a la causa encontrada.

Una vez que se identifica el problema, se realiza el análisis del ¿Cómo? y ¿Por qué? Surgió la problemática.

Consiste en la búsqueda de evidencias sólidas y concretas acerca de la causa del problema, proporcionando información que permita corregir el problema en curso y prevenir su recurrencia futura, facilitando la toma de decisiones.

Uso práctico:

Mediante sesiones de trabajo, con los proveedores y equipos de trabajo, se encontraron las causas que originaron problemáticas durante la ejecución del proyecto. Usando herramientas como diagramas de espina de pescado, 5 ¿por qué?, lluvia de ideas.

- a) Desviaciones de tiempos de ejecución del proyecto.

Causas:

Cambio de configuración equipos ruteadores
Rollback a configuraciones ya ejecutadas

- b) Creación de rutas y pruebas de funcionalidad.

Causas:

Errores en el diseño
Errores en el script de configuración.

- c) Generación de tráfico asimétrico y fallas de conectividad IP.

Causas:

Duplicidad de IPs
Anuncio de prefijos

7.2 Diagrama de Gantt

Método gráfico de planeación y control en el que un proyecto se divide en diferentes actividades y se realizan estimaciones sobre cuánto tiempo requiere cada una de ellas, así como el total del tiempo necesario para finalizar el proyecto completo.

Uso práctico:

Definición del cronograma para ejecución del proyecto.

Analicé en sesiones de trabajo, con cada una de las áreas, el desglose de las actividades a ejecutar, áreas de interacción, equipos a configurar, predecesores y/o dependencias, actividades relacionadas, a través de lo cual se determinó que la activación de MOCN para un Mercado, requiere 5 semanas.

Este cronograma de actividades, se repite para cada una de las activaciones MOCN a realizar.

7.3 Ruta crítica

Es un método utilizado para estimar la mínima duración del proyecto y determinar el nivel de flexibilidad en la programación de los caminos de red lógicos dentro del cronograma.

Calcula las fechas de inicio y terminación tempranas y tardías del programa del proyecto.

Es de naturaleza determinística, Se enfoca en el cálculo de holguras para encontrar las actividades menos flexibles.

Uso práctico:

Definir las actividades críticas dentro del proyecto, que no deben retrasarse en su ejecución, ya que afectarían actividades subsecuentes y el proyecto en general. Así mismo la ruta crítica permite establecer el tiempo promedio de una activación MOCN.

Generé un mapa donde se plasman todas las actividades involucradas, con sus predecesoras y dependencias, donde se generan diversos caminos de ejecución y su duración:

Actividades críticas encontradas:

- Configuración IP: anuncio de prefijos, configuración ACLs y validación conectividad

Duración definida para Activación MOCN: 5 semanas (A partir de la definición de sitios).

7.4 Scrum

Marco de trabajo perteneciente a las metodologías ágiles. Que permite el trabajo colaborativo, mejorando el trabajo en equipo para obtener mejores resultados dentro de un proyecto.

Garantiza la gestión del proyecto, eliminando impedimentos, garantizando la entrega de resultados sin afectación.

Facilita labores de formación, capacitación, mentoría y toma de decisiones entre los miembros del equipo de trabajo.

Uso práctico:

Para la obtención de resultados en el corto plazo, que permitiera el cumplimiento de los requisitos legales, comerciales y financieros; gestioné el proyecto con el modelo Scrum, lo cual permite generar resultados mensuales, identificar pronta y oportunamente desviaciones en los resultados y así mismo ajustar en consecuencia las directrices o prioridades de trabajo.

- Generación de Sesiones de trabajo diarias.
- Realización y seguimiento de *sprints* de ejecución.
- Ajuste de actividades tras ejecución de cada sprint/iteración.

7.5 Métodos estadísticos

Obtención de información a través de las herramientas del CORE y RAN del operador A.

Uso práctico:

Realizando el análisis de tráfico esperado, de acuerdo con la información proporcionada por el operador B para cada mercado a activar, se adicionó esta información a la capacidad de transporte y Radio disponibles en cada radiobase y si la ocupación superaba el 85%, se solicita incremento de capacidad (contratación de enlaces, crecimiento de MW, portadores adicionales, etc.), en caso de que la ocupación se mantenga menor al 85%, solo se mantiene en observación para futuros crecimientos.

Revisión y comparación de comportamiento de tráfico previo y posterior a las activaciones MOCN para determinar acciones de corrección o garantizar estabilidad del desempeño de la red. Una vez obtenidos los estadísticos de los gestores se analizan las tendencias de los estándares de la red, si estos se mantienen de acuerdo con lo esperado se continúa con el monitoreo, en caso contrario se analizan las necesidades de ajuste para regresar los parámetros al rango establecido (ajustar potencia, cambiar altura de radios, disminuir el porcentaje de tráfico aceptado al proveedor B, etc.).

7.6 Pruebas Piloto

Selección de activación MOCN en escenarios controlados, en cantidad de sitios, cobertura, tecnologías y mercados estratégicos, que permiten evaluar a detalle el desempeño de la funcionalidad, sin arriesgar la satisfacción al cliente de cada Operador.

Uso práctico:

Definición y ejecución de pruebas piloto para activaciones MOCN:

- Primer mercado a Migrar LTE (CDMX).
- Primera tecnología de convivencia: (Chihuahua Nokia-Huawei).
- Primera tecnología de convivencia: (Tijuana Nokia-Ericsson).
- Primer mercado a Migrar 3G (Ciudad Juarez).
- Primer mercado en modo Desconectado (Guadalajara).

8. Caso práctico 1: Activación MOCN 4G-LTE

La implementación de Interoperabilidad de Redes través de la habilitación de MOCN requiere sean realizadas diversas configuraciones y pruebas que permitan la comunicación entre los dos operadores móviles, en las tecnologías que definan ambos.

Los Operadores A y B, cuentan con coberturas 4G y 3G, por tanto, para ambas debe activarse MOCN.

Como primer escenario describiré el detalle de ejecución MOCN 4G-LTE, que sirve como base para la activación de MOCN 3G.

8.1 Definición de mercado

Verifiqué en conjunto con el personal del Operador B, la definición de un mercado tipo Piloto para activación MOCN, que permitiera las pruebas de funcionalidad, así como las de convivencia tecnológica (cada operador utiliza proveedores diferentes: Nokia, Huawei y/o Ericsson) en el mercado Ciudad Juárez.

En cada implementación se define en conjunto el mercado a activar, con base en la habilitación del PDC (Punto de Conexión) así como la fecha de activación del mercado para cumplir el compromiso comercial de migración firmado entre ambos operadores.

8.2 Monitorear la implementación del PDC

Consistió en dar seguimiento al plan de implementación para el PDC donde se interconectarán las redes del Operador A y B, para el mercado seleccionado, a través de juntas de seguimiento y sesiones de trabajo con el área de implementación de ambos operadores.

Una vez definida la fecha de activación (infraestructura física, acometidas de FO, entrega de FO y redundancias, habilitación y configuración IP), se diseña el plan de activación MOCN para el mercado definido.

Es necesario que se cuente con el PDC activo, para continuar con las pre configuraciones y activación MOCN.

8.3 Definición Listado de sitios.

Considerando lo definido en los puntos 1 y 2, realicé la selección de sitios para activación de MOCN, tomando en cuenta, capacidad de Tx (MW, FO, agregación, etc.) y RF (portadoras y ancho de banda disponible).

8.4 Liberación de Ingenierías.

Para el listado de Sitios Definidos, según mercado a Activar. Gestioné la asignación de Ingenierías para ambos operadores:

- a) Plan IP
- b) EPT
- c) Asignación elementos de *CORE* (MME, SGW).
- d) Asignación de puertos

Estos parámetros de ingeniería, están definidos dentro del Diseño del proyecto y son utilizadas para realizar las configuraciones requeridas para la activación MOCN.

8.5 Configuraciones IP.

Para el listado de sitios definidos, realicé el cronograma de actividades para configuraciones IP, considerando las fechas establecidas en contrato, así como los tiempos requeridos para pre configuraciones (con base en las ingenierías liberadas).

- a) Anuncio de prefijos, configuraciones IP entre Operador A y Operador B, para interfaz S1.
- b) Configuraciones de políticas de Seguridad en el PDC para el Operador A.

Las configuraciones IP, permiten generar la ruta de transmisión desde el operador A hasta el Operador B, a nivel IP.

8.6 Validación de Configuraciones IP.

Una vez ejecutada las pre configuraciones por cada operador. Coordiné la validación de las configuraciones IP implementadas, a través de pruebas de conectividad IP (establecimiento de enlaces de comunicación desde el e-Node B del operador A, hasta el *CORE* del Operador B).

- a) si el ping entre todos los elementos es exitoso, se procede a las configuraciones RAN para activación.

- b) Si el ping es fallido, se procede a la ejecución de *Trouble shootings* (análisis de causa-raíz de la falta de conectividad, pruebas de ruteo, identificación de la falla y los responsables, definición de solución y/o corrección necesaria).
- c) Se programa la corrección de la falla o desviación encontrada y se procede a validar configuraciones de nueva cuenta. Esta actividad es reiterativa, hasta lograr conectividad en cada nodo de ambos operadores.

En esta actividad se involucró a las áreas de ingeniería de ambos operadores, y es crucial, ya que, de no ser exitosa, no se establece comunicación entre ambos operadores.

8.7 Configuraciones de Capa de Radio

Una vez validada la conectividad entre los elementos de ambos Operadores, gestioné, garantizando los tiempos definidos en el cronograma, las configuraciones RAN (capa de Radio) para el listado de sitios definidos.

- a) Operador A: Configuración de las rutas estáticas para cada e-Node B.
- b) Operador B: realiza las configuraciones en sus elementos de *CORE*, así como la asignación de puertos y carga de relaciones TAC-LAC.

Estas configuraciones, permiten la comunicación de los operadores a nivel capa de Radio, es decir entre elementos de Acceso Radio (MME, eNodeB, SGSN, MGW, etc.), si estas no se efectúan no se puede configurar MOCN.

8.8 Habilitación de MOCN

Una vez garantizada la configuración de la Red a nivel IP, así como la configuración de capa de Radio para cada elemento del listado de sitios a activar. Definí en conjunto con el personal del Operador B, la fecha de activación MOCN LTE.

La activación MOCN se realiza en ventana de tiempo segura (ventana de mantenimiento nocturno), que no cause afectación a la red de los operadores ni a sus usuarios.

En la VM nocturna, en la fecha definida, se realiza la activación de los siguientes parámetros:

- a) Realizar la traducción de capa de radio a IP (activación MOCN, que permite la propagación del PLMN del operador B, en los nodos de la red del Operador A.
- b) Activación de contadores
- c) Una vez activado el MOCN realizar la activación de contadores con la finalidad de medir el performance de la red del operador A, a través de los KPI's establecidos en el contrato por ambos operadores
- d) Configuración de los parámetros de movilidad con base en el HLD (High Level Design) inicial (celdas y/o portadoras a activar, frecuencias, parámetros de potencia, cantidades de tráfico, políticas de rechazo o permanencia) para identificar los umbrales con los cuales se detecta que un usuario del Operador B se encuentra en la red del Operador A.

Esta es la actividad central del proyecto, activar MOCN, permitiendo la propagación del PLMN del Operador B en la red del Operador A, con lo cual sus usuarios pueden conectarse a la red del Operador A y el operador A captar tráfico proveniente del Operador B.

8.9 Validación MOCN y movilidad

Una vez activa la funcionalidad MOCN, se procede a validar el funcionamiento de la misma, verificando que se cumplan las pruebas básicas a partir de la configuración realizada (Attach a la red, navegación, establecimiento, retención y/o rechazo de llamadas).

El operador B por su parte, realiza dichas validaciones y de forma adicional evalúa la experiencia de sus usuarios (que ahora se conectan a través de la red del Operador A), así mismo corrobora que sus usuarios cuenten con las mismas aplicaciones y funcionalidades que un usuario de la red al Operador A.

En caso de que cualquiera de las validaciones, no cumpla con los criterios esperados, se procede a la realización de *Trouble shooting*, mediante la revisión de las configuraciones de parámetros de radio asociados a movilidad entre operadores, que hayan sido cargadas correctamente en el nodo, así como configuraciones respecto a MOCN.

Se realizan pruebas y revisiones reiterativas, hasta que se encuentra la causa de la desviación y se corrige en una nueva ventana de tiempo y las validaciones posteriores resultan satisfactorias.

La validación tiene como objetivo último, garantizar la funcionalidad de MOCN y el servicio al Operador B, de acuerdo con los parámetros de diseño.

8.10 Administración – Proceso Operativo

Una vez que MOCN ha sido configurado, activado y validado, inicia el proceso de gestión Operativa.

Realicé la notificación de sitios activos con MOCN, con lo cual se empieza la facturación de servicios al operador B, así como la atención por el área de Operaciones del Operador A, como cliente y prioridad de atención en caso de fallas.

Cualquier cambio de configuración IP o RAN por parte de los Operadores, debe notificarse de acuerdo con el proceso operativo definido en conjunto para repetir todo el procedimiento descrito.

9. Caso práctico 2: Activación MOCN 3G - UMTS.

9.1 Definición de mercado

Para definición del mercado para activación de MOCN 3G, es necesario considerar:

- a) Que se cuente con la activación de MOCN 4G, en la totalidad de dicho mercado, dado que la configuración UMTS MOCN se realiza para toda la RNC, no por nodo (como en LTE), por tanto, la infraestructura del PDC debe ser existente.

9.2 Definición Listado de sitios a activar.

La definición de sitios activación de MOCN 3G, no toma en cuenta las restricciones de capacidad, ya que la topología de la RNC es quien administra la funcionalidad MOCN.

Una vez definido el mercado a activar, todos los nodos B operativos asociados a dicho mercado, se incluyeron en la lista de migración.

9.3 Liberación de Ingenierías

Para el mercado a activar. Gestioné la asignación de Ingenierías para ambos operadores:

- a) Plan IP
- b) EPT
- c) Asignación de puertos
- d) LLD (Low Level Design), información RAN para configuración e integración de Interfaces.

Estos parámetros de ingeniería, están definidos dentro del Diseño del proyecto y son utilizadas para realizar las configuraciones requeridas para la activación MOCN 3G.

9.4 Configuraciones IP

Para el listado de sitios definidos, realicé el plan de ejecución de Configuraciones IP considerando las fechas establecidas en contrato, así como los tiempos requeridos para pre configuraciones, con base en los acuerdos comerciales:

- a) Anuncio de prefijos, configuraciones IP entre Operador A y Operador B, para las interfaces luCS, luPS e luR.
- b) Configuraciones de políticas de Seguridad en el PDC para el Operador A, para las interfaces luCS, luPS e luR.

Las configuraciones IP, permiten generar la ruta de transmisión para las interfaces 3G (luCs, luPs y luR) desde el Operador A hasta el Operador B, a nivel IP.

9.5 Validación de Configuraciones IP

Una vez ejecutada las pre configuraciones por cada operador. Coordiné la validación de configuraciones IP, a través de pruebas de conectividad IP (establecimiento de enlaces de comunicación para cada relación de Interfaces definidas entre el operador A, hasta Operador B luCS, luPS e luR, en su Control Plane, User Plane y/o Señalización.

- a) si el ping entre todos los elementos es exitoso, se procede a las configuraciones RAN para activación.
- b) Si el ping es fallido, se procede a la ejecución de *Trouble shooting* (análisis de causa-raíz de la falta de conectividad, pruebas de ruteo, identificación de la falla y los responsables, definición de solución y/o corrección necesaria).

Se programa la corrección de la falla o desviación encontrada y se procede a validar configuraciones de nueva cuenta. Esta actividad es reiterativa, hasta lograr conectividad en cada nodo de ambos operadores, si no se cuenta con esta no se puede continuar con las actividades de activación MOCN

En esta actividad se involucró a las áreas de ingeniería de ambos operadores.

9.6 Configuraciones de Capa de Radio

Una vez validada la conectividad entre los elementos de ambos Operadores, gestioné, garantizando los tiempos definidos en el cronograma, las configuraciones RAN (capa de Radio) para el listado de sitios definidos.

- a) Operador A: Configuración de las rutas estáticas para cada interfaz luCS, luPS e luR, en su Control Plane, User Plane y/o Señalización.

- b) Operador B: realiza las configuraciones en sus elementos de CORE, así como la asignación de puertos y carga de relaciones TAI-RAI.

Estas configuraciones, permiten la comunicación de los operadores a nivel capa de Radio, es decir entre elementos de Core (RNC), si estas no se efectúan no se puede configurar MOCN.

9.7 Habilitación de MOCN 3G

Una vez garantizada la configuración de la Red a nivel IP, así como la configuración de capa de Radio para cada elemento del listado de sitios a activar. Definí en conjunto con el personal del Operador B, la fecha de activación MOCN 3G

La activación MOCN se realiza en ventana de tiempo segura (ventana de mantenimiento nocturno), que no cause afectación a la red de los operadores ni a sus usuarios.

En la VM nocturna, en la fecha definida, se realiza la activación de los siguientes parámetros:

- a) Realizar la traducción de capa de radio a IP y activación MOCN, que permite la propagación del PLMN del operador B, en los nodos de la red del Operador.
- b) Activación de contadores
- c) Una vez activado el MOCN realizar la activación de contadores con la finalidad de medir el performance de la red del operador A, a través de los KPI's establecidos en el contrato por ambos operadores
- d) Configuración de los parámetros de movilidad con base en el HLD (High Level Design) inicial (celdas y/o portadoras a activar, frecuencias, parámetros de potencia, cantidades de tráfico, políticas de rechazo o permanencia) para identificar los umbrales con los cuales se detecta que un usuario del Operador B se encuentra en la red del Operador A.
Esta es la actividad central del proyecto, activar MOCN 3G, permitiendo la propagación del PLMN del Operador B en la red del Operador A, con lo cual sus usuarios pueden conectarse a la red del Operador A y el operador A captar tráfico proveniente del Operador B.

9.8 Validación MOCN 3G y movilidad

Una vez activa la funcionalidad MOCN, se procede a validar el funcionamiento de la misma, verificando que se cumplan las pruebas básicas a partir de la configuración realizada (Attach a la red, navegación, establecimiento, retención y/o rechazo de llamadas).

El operador B por su parte, realiza dichas validaciones y de forma adicional evalúa la experiencia de sus usuarios (que ahora se conectan a través de la red del Operador A), así mismo corrobora que sus usuarios cuenten con las mismas aplicaciones y funcionalidades que un usuario de la red al Operador A.

En caso de que cualquiera de las validaciones, no cumpla con los criterios esperados, se procede a la realización de *Trouble shooting*, mediante la revisión de las configuraciones de parámetros de radio asociados a movilidad entre operadores, que hayan sido cargadas correctamente en el nodo, así como configuraciones respecto a MOCN.

Se realizan pruebas y revisiones reiterativas, hasta que se encuentra la causa de la desviación y se corrige en una nueva ventana de tiempo y las validaciones posteriores resultan satisfactorias.

Es mandatorio realizar las pruebas de validación para garantizar la funcionalidad de MOCN y el servicio al Operador B, de acuerdo con los parámetros de diseño y a su vez evitar afectaciones y/o problemas de desempeño en la red del Operador A.

9.9 Administración – Proceso Operativo

Una vez que MOCN ha sido configurado, activado y validado, inicié el proceso de gestión Operativa.

Realicé, la notificación de sitios activos con MOCN, mediante comunicado institucional, con lo cual se empieza la facturación de servicios al operador B, así como la atención por el área de Operaciones del Operador A, como cliente y prioridad de atención en caso de fallas.

Cualquier cambio de configuración IP o RAN por parte de los Operadores, debe notificarse de acuerdo con el proceso operativo definido en conjunto para repetir todo el procedimiento descrito.

10. Resultados de la participación Profesional

A través de mi gestión de este proyecto, como parte del equipo gerencial del Operador A, ejecutando todas las actividades descritas en los Puntos 6, 7, 8 y 9, realizando las iteraciones mencionadas en más de 320 sesiones de trabajo y 160 ventanas de mantenimiento, logré los siguientes resultados:

- a) Habilitación MOCN en 5131 eNB (LTE) de la red del Operador A.
- b) Habilitación MOCN en 2063 NB (3G) de la red del Operador A.
- c) Red compartida MOCN en más de 60 mercados, a nivel Nacional, es decir, se activó MOCN en 60 mercados del Operador A en Mexico.
- d) Configuración de más de 400 equipos de agregación en la red del Operador A, para construir las rutas IP de comunicación entre ambos operadores.
- e) Crecimiento en la Red del Operador A (Portadoras Adicionales RF y en la red de transporte), necesarios para soportar el tráfico adicional que ingresa del operador B tras la activación de MOCN.
- f) Migración de la totalidad de tráfico del Operador B a la red del Operador A, en Regiones celulares 1, 3 y 4. El operador B perdió el 30 de noviembre de 2020 el espectro de frecuencias que tenía licitado con el IFT, por lo cual era necesario migrar todo su tráfico a la red del Operador A, antes de esa fecha, o sus usuarios se quedarían sin servicios. Logrado exitosamente.
- g) Apagado de la totalidad de los sitios de la red del Operador B en Regiones Celulares 1, 3 y 4, al ejecutar f), el operador B liberó el espectro que tenía licitado por el IFT por lo cual sus sitios debieron ser apagados, ya que no cuentan con frecuencias para operar, lo cual vuelve la Red del Operador A una red compartida y enfatiza la máxima funcionalidad de MOC: eNodoB y espectro compartidos.
- h) Liberación del espectro concesionado al Operador B, a partir del 30 de noviembre de 2020.
- i) Incremento en la utilización de la Red del Operador A, lo cual genera beneficios de uso de infraestructura (que se encontraba subutilizada), rentabilidad, así como los ahorros de CAPEX, OPEX y consumo energético.

11. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos tras la implementación de Interoperabilidad de Redes de comunicaciones a través de la funcionalidad MOCN, entre el Operador A y el Operador B, puedo afirmar:

1. La existencia de las redes compartidas en México es totalmente realizable.
2. La capacidad de los profesionales a cargo de las gestiones de las redes de comunicaciones es incuestionable.
3. El desarrollo realizado entre el Operador A y B, es el primero y único en su tipo a nivel mundial (MOCN a través del uso del mismo espectro, con diferenciador de PLMN) y ha significado un gran paso reconocido en diferentes medios de comunicación asociados a las telecomunicaciones.
4. Las ventajas de una red compartida quedan manifiestas:

El operador B, obtuvo, tras la habilitación de MOCN en la red del Operador A, un crecimiento en cobertura, superior a los 6000 nodos en 9 meses. Dicho despliegue no se ha realizado nunca, ni siquiera por el operador preponderante en México.

El Operador A, que contaba con una infraestructura, muy superior a los usuarios con los que contaba, incrementó el uso de la misma (solo a nivel Tx) y aumentó la captación monetaria, que le permite disminuir o compartir sus costos de operación.

Se liberó el espectro para otros usos.

No se instaló infraestructura adicional por ninguno de los operadores.

5. Esta implementación abre la puerta para continuar con el desarrollo de redes compartidas, incrementando beneficios para los usuarios finales, generando una evolución en la manera de hacer negocios y fomentar la competencia con costos justos e igualdad de condiciones.
6. Es necesario madurar la implementación de procesos operativos que permitan gestionar óptimamente las redes compartidas, enfocados a la operación misma de la red, así como la dualidad cliente-competencia.

12. Glosario

CAPEX: Capital expenditure

CORE Network: Núcleo de la red de comunicaciones que provee servicios a los usuarios que se conectan a la red de acceso

CFT: Comisión Federal de Telecomunicaciones

eNB: e-Node B

EPT: Engineering Parameters Table

HLD: High Level Design

IFT: Instituto Federal de Telecomunicaciones

IP: Internet Protocol

IuCS: Interfaz de comunicación entre RNC-RNC para el manejo de voz.

IuPS: Interfaz entre RNC-RNC para el manejo de datos.

IuR: Interfaz entre RNC-RNC para el manejo de señalización.

KPI: Indicador Clave, para medición de desempeño de un proceso.

LAC: Location Area Code

LLD: Low Level Design

LTE: Long Term Evolution, tecnología de banda ancha inalámbrica que sirve para la transmisión de datos con la finalidad de dar acceso a internet a dispositivos móviles.

MME: Mobility Management Entity

MOCN: Multi-Operator CORE Network

MORAN: Multi-Operator Radio Access Network

OPEX: Operating expenses

PDC: Punto de conexión

PLMN: Public Land Mobile Network

RAI: Routing Area Identity

RAN: Radio Access Network

S1: Interfaz de comunicación entre e-Node B y MME.

TAC: Tracking Area Code

TAI: Tracking Area Identity

Tx: Transmisión

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

13. Bibliografía

(1) 3GPP LTE Release 8.0 [Online]

<https://www.3gpp.org/specifications/releases/72-release-8>

(2) 3GPP Features and Study Items [Online]

<https://www.3gpp.org/DynaReport/FeatureListFrameSet.htm>

(3) Huawei Technologies Co., Ltd (2011). Single RAN GSM. UMTS, LTE new product Introduction

(4) Huawei Technologies Co., Ltd (2015) LTE RAN 2.1

(5) RAN SHARING, COMPARTICIÓN DE INFRAESTRUCTURA

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/152425/Tarin%20-%20RAN%20SHARING,%20Compartici%C3%B3n%20de%20infraestructura.pdf?sequence=1>

(6) Telecom Infrastructure Sharing [Online]

https://en.wikipedia.org/wiki/Telecom_infrastructure_sharing

(7) Operador móvil virtual [Online]

https://es.wikipedia.org/wiki/Operador_m%C3%B3vil_virtual

(8) Compartición de redes móviles [Online]

<https://www2.coitt.es/res/revistas/10ComparticionRH1.pdf>

(9) Obligaciones de cobertura en México [Online]

<http://www.ift.org.mx/node/6289>

http://www.ift.org.mx/usuarios-y-audiencias/siumapa_bck_old

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5206919&fecha=30/08/2011