

Instituto Federal de Telecomunicaciones

Modelo de Costos Integral de la Red de Acceso Fija

*Documento metodológico y descriptivo del modelo
para el proceso de consulta pública*

Contenido

Instituto Federal de Telecomunicaciones	1
<i>Modelo de Costos Integral de la Red de Acceso Fija</i>	1
<i>Documento metodológico y descriptivo del modelo para el proceso de consulta pública</i>	1
1 Introducción	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Objetivos del presente informe	6
2 Principios metodológicos y conceptuales	7
2.1 Principios principales establecidos en el marco regulatorio	7
2.1.1 Bottom Up	7
2.1.2 Costos incrementales promedio de largo plazo – CIPLP/LRAIC	8
2.1.3 Horizonte de tiempo	13
2.2 Operador modelado	14
2.2.1 Tipo de operador	14
2.2.2 Servicios modelados	16
2.2.3 Nivel de eficiencia del operador modelado	19
2.2.3.1 Consideración de activos modernos equivalentes	19
2.2.3.2 Red de acceso modelada	21
2.2.3.3 Ubicación de los nodos	23
2.2.4 Huella del operador modelado	26
2.3 Enfoque de modelación de la red de acceso	27
2.3.1 Alcance de la red modelada	27
2.3.2 Enfoque de modelado	30
2.3.3 Tecnologías modeladas	34
2.3.4 Demanda de dimensionamiento	36
2.3.5 Reglas de dimensionamiento y diseño de red	37
2.3.5.1 Diseño de red	37
2.3.5.2 Demanda para el cálculo de los costos unitarios	38
2.3.5.3 Compartición de infraestructura	40
2.4 Enfoque de costeo	41
2.4.1 CAPEX	41
2.4.1.1 Valoración de los activos	41
2.4.1.2 Valoración de activos de ingeniería civil reutilizables	43
2.4.2 Anualización de los CAPEX	47

2.4.2.1	Costo Promedio Ponderado del Capital (CPPC o WACC)	47
2.4.2.2	Tendencias de precios y vidas de activos	47
2.4.2.3	Metodología de depreciación de las inversiones	49
2.4.3	Gastos operacionales (OPEX)	52
2.4.3.1	Mantenimiento de la red	52
2.4.3.2	costos indirectos y no relacionados con la red	53
2.4.4	Costo del capital circulante	56
2.4.4.1	Capital circulante por Capex de red	56
2.4.4.2	Capital circulante por Opex de la red	57
2.4.5	Recuperación de costos	58
3	Descripción del modelo de acceso	60
3.1	Estructura del modelo	61
3.1.1	Visión general	61
3.1.2	Estructura del archivo SQL	62
3.1.3	Estructura del archivo de Microsoft Excel	68
3.2	Análisis geomarketing	70
3.2.1	Archivos de referencia	70
3.2.2	Trabajo preliminar en la base de datos de la red de carreteras	71
3.2.3	Trabajo preliminar en la ubicación de los nodos	72
3.2.4	Trabajo preliminar sobre la correspondencia entre PDP y CO	75
3.2.5	Trabajo preliminar en la base de datos de direcciones	76
3.2.6	Ajuste de la huella considerado en cada escenario	77
3.2.7	Estimación del número de líneas activas en cada escenario	81
3.3	Diseño de red	83
3.3.1	Arquitecturas de cobre y fibra	83
3.3.1.1	Arquitectura de cobre	83
3.3.1.2	Arquitectura de fibra	84
3.3.1.3	Procesamiento de geomarketing para ambas redes	86
3.3.2	Despliegue de la red de cobre	90
3.3.2.1	Diferentes partes de la red modeladas	90
3.3.2.2	Cables de red de cobre	90
3.3.2.3	Acometida	91
3.3.2.4	Parte del SDP: "Red Secundaria"	92
3.3.2.5	parte PDP: "Red Primaria"	94
3.3.2.6	Zanjas / "canalizaciones"	94
3.3.2.7	Cierres de empalme	97
3.3.2.8	Bocas de alcantarillas (Pozos)	98
3.3.2.9	Postes	98
3.3.2.10	Cálculo de longitud de zanjas / "canalizaciones"	99
3.3.2.11	Asignación de longitud de zanja	101

3.3.3	Despliegue de la red de fibra	103
3.3.3.1	Subductos	103
3.3.3.2	Cierre de empalme	103
3.3.3.3	Cálculo de la longitud de zanjas / "canalizaciones"	104
3.4	Evaluación de los costos	105
3.4.1	Insumos de costos unitarios	105
3.4.1.1	Inversión	105
3.4.1.2	Tendencias de precios	106
3.4.1.3	Gastos operacionales (OPEX)	106
3.4.2	Vida útil de los activos	106
3.4.3	Costo promedio de capital ponderado (WACC)	107
3.4.4	Cálculos de anualidad	107
3.4.5	Uso compartido y reutilización de activos	108
3.4.5.1	Compartición de recursos	108
3.4.5.2	Reutilización de activos	109
3.4.6	Costos comunes	109
3.4.7	Salidas	110
4	Anexos	111
4.1	Lista de parámetros técnicos considerados por el dimensionamiento	111
4.2	Tipos de canalizaciones empleadas en el modelo	114

1 Introducción

1.1 Antecedentes

Para abordar los problemas de competencia en el mercado de telecomunicaciones, el regulador mexicano (IFT) impone reglas que buscan crear un entorno predecible y con igualdad de condiciones para todos los participantes del mercado, y que en última instancia podría facilitar el desarrollo de una competencia eficiente para la proporción de una amplia gama de servicios con precios atractivos para los consumidores.

Como parte de este trabajo, el IFT ha desarrollado en los últimos años dos modelos que le permiten evaluar el precio de los servicios asociados con las ofertas de referencia OREDA y ORCI.

- Un modelo de costos de la red de acceso fija para la compartición de infraestructura y servicios de desagregación. En este informe, este modelo de costos se denominará "Modelo de cobre";
- Un modelo de costos de la red de acceso de fibra óptica del operador con poder de mercado significativo (SMP por sus siglas en inglés *Significant Market Power*), en este caso particular del Agente Económico Preponderante (AEP). En este informe, este modelo de costos se denominará "Modelo de fibra".

El 27 de febrero de 2017, el Pleno del IFT aprobó mediante Acuerdo P/IFT/EXT/270217/119 la "RESOLUCIÓN MEDIANTE LA CUAL EL PLENO DEL INSTITUTO FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES SUPRIME, MODIFICA Y ADICIONA LAS MEDIDAS IMPUESTAS AL AGENTE ECONÓMICO PREPONDERANTE EN EL SECTOR DE TELECOMUNICACIONES MEDIANTE RESOLUCIÓN DE FECHA 6 DE MARZO DE 2014, APROBADA MEDIANTE ACUERDO P/IFT/EXT/060314/76." (Resolución Bienal) que contiene un conjunto actualizado de decisiones que tienen la intención de revisar, agregar y modificar las medidas impuestas al AEP. Estas medidas publicadas en la Resolución Bienal entraron en vigencia el 9 de marzo de 2017.

De acuerdo con el Anexo 1 y Anexo 3 de esta decisión, el IFT está obligado a evaluar las ofertas de ORCI y OREDA, así como determinar las tarifas aplicables para ambas ofertas de referencia basadas en un enfoque orientado a costos, de acuerdo con la metodología de costos incrementales promedio de largo plazo (CIPLP o LRAIC por sus siglas en inglés *Long Run Average Incremental Cost*).

Consistente con este marco regulatorio actualizado y dada la naturaleza de los servicios incluidos en las ofertas de referencia antes mencionadas, así como los parámetros, insumos y metodologías ya implementadas en los modelos de acceso (fibra y cobre), el IFT decidió desarrollar un modelo de costo integral que permite calcular:

- (i) El costo de los servicios de desagregación relacionados con la red de acceso del AEP para ambas tecnologías, cobre y fibra; y
- (ii) El costo de los servicios de compartición de infraestructura pasiva.

El IFT ha encargado a TERA Consultants (TERA) el desarrollo del modelo de CIPLP para redes fijas en México para el período 2018-2023 con el fin de establecer precios para los servicios antes citados.

Como parte de las primeras fases de este proyecto, TERA realizó una revisión global de los modelos de cobre y de fibra, y en los últimos meses, ha recopilado información de diferentes partes interesadas, incluyendo a Telmex y Telnor, como miembros del AEP.

El nuevo modelo tiene en cuenta las partes relevantes y válidas de los modelos anteriores, por ejemplo, algunas reglas de ingeniería, vidas de activos, datos sobre la red y datos de costos.

El modelo de costos ha sido desarrollado tomando en alta consideración el marco regulatorio mexicano, así como las mejores prácticas internacionales, en particular el marco regulatorio Europeo de Comunicaciones Electrónicas.

1.2 Objetivos del presente informe

Este informe tiene como objetivo describir a la industria los principios metodológicos clave que se han considerado en el desarrollo del modelo de costos, así como la estructura, los parámetros y los supuestos utilizados durante el desarrollo del modelo de CIPLP para redes fijas que luego se utilizan para determinar los costos basados en CIPLP para ciertos servicios mayoristas y de acceso principal en México.

El informe está compuesto de 2 secciones principales:

- La primera sección describe los principios metodológicos y conceptuales en que se ha basado el desarrollo del modelo.
- La segunda sección proporciona una descripción técnica de la implementación del modelo, de acuerdo con los principios conceptuales mencionados en la primera sección.

Este informe incluye también una serie de anexos al final del documento.

2 Principios metodológicos y conceptuales

Esta sección tiene la siguiente estructura:

- La sección 2.1 aborda los principales principios metodológicos definidos por el marco regulatorio mexicano, que se deben de tomar en cuenta en el modelo de costos;
- La sección 2.2 detalla algunas decisiones metodológicas que se han considerado para el modelo de red de acceso;
- La sección 2.3 aborda el enfoque de implementación para la red de acceso (fibra y cobre);
- La sección 2.4 aborda la evaluación de costos de capital (CAPEX) y costos operacionales (OPEX).

2.1 Principios principales establecidos en el marco regulatorio

2.1.1 Bottom Up

El propósito de un modelo *Bottom-Up* es calcular los costos de los servicios (regulados o no) sobre la base de una red eficiente que utiliza tecnología moderna. En principio, un modelo *Bottom-Up* debe modelar la red que un operador hipotéticamente eficiente crearía para cumplir con la demanda prospectiva del operador modelado. En este modelo, los datos de demanda se utilizan como punto de partida y se determina una red eficiente capaz de atender esa demanda utilizando principios económicos y reglas de ingeniería.

El enfoque *Bottom-Up* se utilizó en los modelos anteriores del IFT (modelos de acceso de fibra y cobre, así como en el modelo de interconexión) de forma con las mejores prácticas internacionales. En particular, la Comisión Europea ha reconocido los beneficios de los modelos de costos ascendentes en 2009¹:

"Los modelos BU utilizan datos de demanda como punto de partida y determinan una red eficiente capaz de satisfacer esa demanda mediante el uso de principios económicos, de ingeniería y contabilidad. Los modelos BU ofrecen más flexibilidad con respecto a las consideraciones de eficiencia de la red y reducen la dependencia a los datos del operador regulado. Un modelo BU es sinónimo del concepto teórico de desarrollar la red de un operador eficiente porque refleja la cantidad de equipo necesaria en lugar

¹ Documento de trabajo del personal de la Comisión que acompaña a la Recomendación de la Comisión sobre el tratamiento reglamentario de las tarifas de terminación fijas y móviles en la Unión Europea, Nota Explicativa, C (2009) 3359 final, SEC (2009) 599, mayo de 2009, página 13.

de realmente proporcionada, y el modelo ignora los costos heredados. (...) Aunque los modelos BU generalmente son desarrollados por las Autoridades Nacionales de Regulación, los operadores pueden contribuir a las suposiciones y lo insumos del modelo. Esto aumentará la transparencia y la objetividad de los modelos de BU, aunque conlleva el riesgo de que se utilicen en el modelo cifras "negociadas", en lugar de cifras más precisas. "

(énfasis añadido)

La Comisión Europea continúa recomendando el uso de modelos *Bottom-Up* en su recomendación realizada en el año 2013, de acuerdo con su artículo 30:

"A los efectos de establecer precios de acceso mayorista de cobre y NGA donde la orientación al costo se impone como remedio, y cuando apropiado, proporcionado y justificado de conformidad con el artículo 16 (4) de la Directiva 2002/21 / CE y el artículo 8 (4) de la Directiva 2002 / 19 / CE, las ANR deben adoptar una metodología de cálculo de costos incrementales de costo incremental a largo plazo (BULRIC +) que incluya un enfoque de modelado ascendente usando LRIC como el modelo de costo y con la adición de un recargo para la recuperación de los costos comunes".

Criterio 1: El modelo de costos se basa principalmente en un enfoque *Bottom-Up* consistente con los modelos actuales del IFT. Sin embargo, el modelo de costos es calibrado por datos descendentes del AEP y otros operadores, entre otros datos de control, para verificar los datos de entrada utilizados en el modelo *Bottom-Up* y asegurar que los resultados del modelado ascendente sean consistentes y realistas.

2.1.2 Costos incrementales promedio de largo plazo – CIPLP/LRAIC

De acuerdo con la práctica establecida para fines regulatorios, la base de costos derivada del modelado *Bottom Up* se puede capturar a través del concepto de costos incrementales de largo plazo:

- Largo plazo se entiende como un horizonte temporal, en el que todos los insumos, incluidos los costos del equipo, pueden variar como consecuencia de la demanda del mercado.
- El término "Incremental" significa que los costos considerados corresponden a los del incremento definido. Existen varias definiciones del incremento.

Según lo definido por la Comisión Europea:

"Costos incrementales a largo plazo (CILP) significa los costos incrementales correspondientes a un horizonte temporal donde todos los factores de producción, incluido el equipo de capital, son variables en respuesta a cambios en la demanda debido a cambios en el volumen o en la estructura de producción. Por lo tanto, todas las inversiones se consideran costos variables".²

El enfoque de Costos Incrementales Promedios de Largo Plazo (CIPLP) es una variación de la metodología de costos incrementales de largo plazo, que agrega el término "promedio", lo que implica que todos los costos asociados a la producción del servicio relevante (dentro de los costos de proporcionar el incremento completo) se dividen por el tráfico total correspondiente con el fin de obtener una estimación del costo incremental promedio del servicio. Hay varias definiciones del término "incremento", razón por la cual este tema se trata a detalle a continuación.

Este uso del enfoque CIPLP es consistente con los modelos anteriores de acceso (tanto el modelo de cobre como el de fibra), como se establece en los documentos metodológicos y conceptuales del modelo de cobre³:

"El IFT decidió que es la elección más apropiada para los servicios de infraestructura de la red de acceso fija.

Calcula los costos incrementales de proveer un servicio considerando todos los servicios ya provistos (atribuyendo los costos compartidos y comunes a los servicios relevantes en función de la demanda de dichos servicios)"

La misma elección se realiza en el modelo de fibra, como se indica en el documento metodológico⁴.

"La metodología CIPLP calcula los costos evitados si un cierto servicio, o un grupo de proveedores se dejaran de prestar. Adicionalmente, esta metodología incluye la atribución de los costos comunes (no incrementales) a servicios.

Se concluye emplear una metodología de costos CIPLP para la atribución de los costos de red a servicios. "

² Comisión Europea, recomendación sobre "obligaciones consistentes de no discriminación y metodologías de cálculo de costos para promover la competencia y mejorar el entorno de la inversión en banda ancha", 11 de septiembre de 2013, ref C (2013) 5761, artículo 6 (k)

³ IFT (Analysys Mason), Informe final del modelo de costos incrementales de largo plazo - red de acceso fija, 15 de diciembre de 2015, página 16

⁴ IFT, Desarrollo del modelo de costos para la determinación de las tarifas de acceso a la red de fibra óptica del Agente Económico Preponderante (AEP), Documento metodológico, página 10, disponible a través de la siguiente liga: <http://www.ift.org.mx/industria/consultas-publicas/consulta-publica-sobre-el-modelo-de-costos-para-determinar-las-tarifas-de-acceso-para-la>

En conjunto, la metodología CIPLP proporciona al IFT un enfoque apropiado en línea con las mejores prácticas internacionales, en particular con la recomendación de la Comisión Europea.

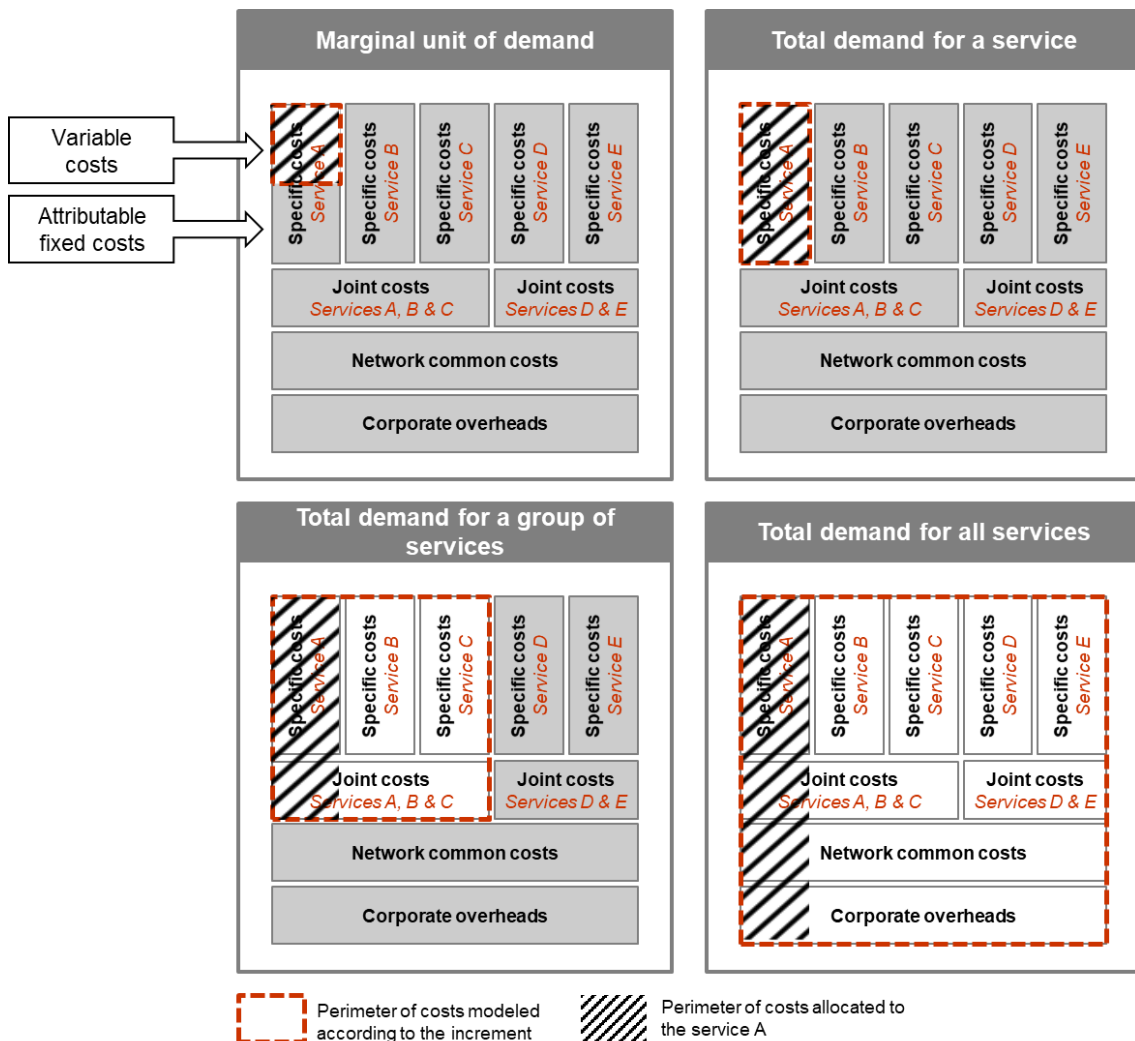
Además de elegir un enfoque *Bottom-Up* y la metodología CIPLP como un estándar de costo, el incremento considerado para el cálculo debe definirse claramente. En un sentido amplio, los costos incrementales son los costos de proporcionar un incremento o decremento del producto cuando otros incrementos de la demanda no cambian.

Se pueden identificar dos familias principales de incrementos, según la tecnología utilizada (i) o según los servicios proporcionados por la red (ii). La segunda familia de incrementos es la más utilizada (está en línea con los modelos de cobre y de fibra) a partir de la cual los incrementos se pueden definir de varias maneras. Las posibles definiciones del incremento incluyen:

- Unidad marginal de demanda de un servicio;
- Demanda total de un servicio;
- Demanda total de un grupo de servicios;
- Demanda total de todos los servicios.

La siguiente figura ilustra estas diferentes definiciones para el caso de una empresa que produce cinco servicios diferentes (del servicio A al E):

Figura 1 - Ilustración de posibles definiciones de incremento



Cuanto mayor sea el incremento, mayor será la participación de los costos conjuntos y comunes. Por ejemplo (ver figura 1):

- Si el servicio A es el incremento, no se tienen en cuenta los costos conjuntos y comunes (costo incremental "puro");
- Si el incremento es el servicio A, B y C en conjunto, se tiene en cuenta una parte de los costos que se combinan con los servicios A, B y C.

Calcular los costos basados en pequeños incrementos significa que los costos incrementales calculados no contribuyen al financiamiento de los costos comunes, o posiblemente una parte limitada de los costos comunes.

La adopción de un gran incremento (por ejemplo, en el caso de una red fija, todos los servicios que utilizan la red de acceso) significa que todos los servicios se benefician en

la misma medida de las economías de escala. En estos casos, todos los servicios soportan una parte de los costos conjuntos y comunes.

De acuerdo con la recomendación de la Comisión Europea, el incremento para el acceso fijo y las redes centrales se definirá de acuerdo con la demanda total de todos los servicios:

"Costos incrementales a largo plazo (LRIC)" significa los costos incrementales correspondientes a un horizonte temporal donde todos los factores de producción, incluido el equipo de capital, son variables en respuesta a cambios en la demanda debido a cambios en el volumen o en la estructura de producción. Por lo tanto, todas las inversiones se consideran costos variables".⁵

Para la red fija, generalmente se definen dos incrementos principales:

- El incremento de acceso que se define como todos los servicios (tanto regulados como no regulados) que utilizan la red de acceso;
- El incremento de transporte, que se define como todos los servicios (tanto regulados como no regulados) que utilizan la red de transporte.

El costo incremental para la red de transporte es el costo que se produce cuando se agrega una red de transporte a una red de acceso ya existente. Y el costo incremental para una red de acceso surge cuando se agrega una red de acceso a una red de transporte ya existente.

Con respecto al incremento de acceso, de manera consistente con los principios metodológicos utilizados en el modelo de cobre, el incremento de acceso en el modelo de cobre se ha definido con base a todos los servicios de acceso:

*" Costos promedios incrementales de largo plazo;
(atribuyendo los costos compartidos y comunes a los servicios relevantes en función de la demanda de dichos servicios) "⁶*

La misma elección se realiza en el modelo de fibra donde el incremento de acceso se define como todos los servicios que utilizan la red de acceso de fibra.

"En el caso de los modelos de costos empleados para objetivos regulatorios, es práctica común realizar una definición de incrementos en tipos de servicios. En el caso de modelos de redes, se identifican típicamente dos incrementos: Acceso y Transporte. De manera consistente con esta

⁵ Comisión Europea, recomendación sobre "obligaciones consistentes de no discriminación y metodologías de cálculo de costos para promover la competencia y mejorar el entorno de la inversión en banda ancha", 11 de septiembre de 2013, ref C (2013) 5761, artículo 6 (k)

⁶ IFT (Analysys Mason), Informe final del modelo de costos incrementales de largo plazo - red de acceso fija, 15 de diciembre de, 2015, página 16

práctica, y dado que el modelo objeto de este documento trata únicamente la red de acceso, se ha considerado oportuno definir un único aumento que englobe todos los servicios de acceso modelados.⁷

Aunque se considera que la demanda correspondiente a los servicios minoristas dimensiona la red, la base de costos correspondiente a la demanda total de todos los servicios incluirá únicamente los costos de red y excluirá todos los tipos de costos minoristas (por ejemplo, tiendas, equipos de locales del cliente, centros de llamadas, entre otros). La razón de esto es que los cálculos de costos se refieren al acceso mayorista y no a los servicios minoristas.

El enfoque CIPLP resulta en costos que están por encima del costo marginal. Actualmente, la existencia de costos fijos significa que cobrar servicios sobre la base de los costos marginales no permitiría al AEP recuperar el costo de las inversiones en su red, incluso cuando sus costos se incurren de manera eficiente.

Establecer precios usando un enfoque CIPLP permite la recuperación de costos fijos dentro de un incremento, en el proceso de promover decisiones de inversión prospectivas. También permite evitar ciertas distorsiones del mercado: si los precios se basaran en el costo marginal, el operador SMP tendría que recuperar muchos costos compartidos/fijos de sus otros servicios (no regulados), lo que podría distorsionar el proceso de competencia a favor de otros operadores competidores en esos mercados.

Incluso el incremento de todos los servicios de los precios de CIPLP no permite que el operador SMP recupere los costos comunes entre los incrementos. Para permitir la recuperación total de los costos incurridos eficientemente, se debe aplicar un ajuste al CIPLP para tener en cuenta dichos costos comunes (enfoque CIPLP+).

Criterio 2: los costos de la red de acceso en el modelo se evalúan siguiendo el enfoque de costos incrementales promedio de largo plazo con la inclusión de costos comunes (CIPLP+).

2.1.3 Horizonte de tiempo

Dado que los costos unitarios de los servicios que se calcularán dependen de la demanda en un momento específico en el tiempo, el período de tiempo que se modelará será un parámetro importante del modelo e impactará los posibles análisis de sus resultados.

Se podrían usar dos enfoques alternativos:

1. Un horizonte de tiempo de un año;
2. Un horizonte de tiempo de varios años.

⁷ IFT, Documento Metodológico, Desarrollo del modelo de costos para la determinación de las tarifas de acceso a la red de fibra óptica del Agente Económico Preponderante (AEP), página 12

En el primer enfoque, los costos se modelan dentro de un período de un año. Entonces, el modelo no considera ninguna evolución de los costos y produce resultados considerando un solo año.

En el segundo enfoque, el modelo debe tener en cuenta la evolución de los costos dentro de un período de tiempo y proporciona resultados no solo para la situación actual de la red sino también para los próximos años.

El período de tiempo a modelar debe comenzar desde un punto de tiempo teniendo en cuenta la última información suficiente que permita reflejar el estado actual de la demanda y la cobertura.

El último año del horizonte temporal debe especificarse y no debe exceder el futuro cercano ya que los resultados se basarán en hipótesis sobre la evolución de los costos unitarios esperados.

Ambos enfoques se han utilizado en los modelos anteriores.

El enfoque de un año se ha utilizado en el modelo de cobre⁸:

"Período de referencia = anual Se asume que la demanda y la cobertura de red legacy permanecen relativamente estables en los próximos años, por lo que un modelo de un solo año arroja resultados suficientemente representativos"

Por otro lado, el enfoque plurianual se ha utilizado en el modelo de fibra con un rango de tiempo de 5 años que va de 2015 a 2020⁹:

"Se define el marco temporal en el modelo como el período comprendido entre 2015 y 2020".

Criterio 3: El modelo es pluri-anual, considerando un marco temporal de 5 años.
--

2.2 Operador modelado

2.2.1 Tipo de operador

Un modelo de costos puede reflejar el costo de diferentes tipos de operadores, siendo las opciones más relevantes:

1. El AEP real;

⁸ IFT (Analysys Mason), Informe final del modelo de costos incrementales de largo plazo - red de acceso fija, 15 de diciembre de 2015, página 18

⁹ IFT, Documento Metodológico, Desarrollo del modelo de costos para la determinación de las tarifas de acceso a la red de fibra óptica del Agente Económico Preponderante (AEP), página 15

2. Un operador promedio, por ejemplo, basado en el AEP y operadores no regulados;
3. Un operador hipotéticamente eficiente;
4. Un operador hipotéticamente eficiente basado en el AEP.

En el primer enfoque, los costos modelados están directamente relacionados con los costos reales de los servicios regulados. Con este enfoque, el modelo cumpliría con los principios de orientación hacia los costos y de causalidad de costos (es decir, los precios de los servicios regulados deben ser consistentes con los costos incurridos para proporcionar esos servicios). Sin embargo, no representaría necesariamente los costos de un operador hipotéticamente eficiente. Por lo tanto, no enviaría una señal de precio adecuada al AEP ni a los buscadores de acceso.

Según el segundo enfoque, la idea es modelar el costo real de un operador genérico, donde se promedian las peculiaridades de los operadores específicos. Los costos que se modelan así no están directamente relacionados con los costos de los servicios regulados proporcionados por el AEP, ya que dicho agente puede tener costos diferentes de los de otros operadores, ni cumplen con el criterio de eficiencia en la metodología de CIPLP.

El tercer enfoque permite imitar un mercado competitivo, donde el despliegue de la infraestructura es eficiente y moderno y, por lo tanto, establece un operador hipotéticamente eficiente. De acuerdo con las mejores prácticas internacionales y especialmente con la Comisión Europea, se recomienda esta opción, dado que envía incentivos normativos apropiados tanto al operador SMP como a los solicitantes de acceso, ya que captura el costo de construir una red eficiente moderna sin capturar ninguna ineficiencia histórica potencial.

Finalmente, el cuarto enfoque consiste en modelar un operador hipotético eficiente basado en la cobertura, demanda y topología de red del operador histórico. Este enfoque es de alguna manera similar al tercero en términos de eficiencia, pero el modelo se basa principalmente en el funcionamiento del operador SMP.

Los enfoques tercero y cuarto están en línea con las mejores prácticas, especialmente la recomendación de la Comisión Europea sobre los enfoques de modelado de costos para la regulación de los servicios de acceso:¹⁰

"Las ANR deben adoptar una metodología de cálculo de costos BULRIC + que calcule el costo actual en que incurriría un operador hipotético eficiente para construir una red eficiente moderna, que es una red NGA. "

Los dos primeros enfoques, al contrario, no están respaldados por la recomendación de la Comisión Europea. En particular, el uso de costos históricos del operador SMP como

¹⁰ Comisión Europea, recomendación sobre "obligaciones consistentes de no discriminación y metodologías de cálculo de costos para promover la competencia y mejorar el entorno de la inversión en banda ancha", 11 de septiembre de 2013, ref C (2013) 5761, artículo 31

punto de partida de la modelización no puede constituir una base adecuada para el cálculo del costo, ya que pueden no ser representativos de los costos de un operador hipotéticamente eficiente (estos pueden no estar basados en las tecnologías modernas disponibles, pueden incluir ineficiencias debido a inversiones históricas que resultan en un legado, pueden haberse construido en un momento en que los precios eran más altos o más bajos, y pueden incluir una cantidad de activos totalmente depreciados).

El cuarto enfoque también está en línea con los modelos de fibra y de cobre, tal como se detalla en los documentos metodológicos y conceptuales.

Con respecto al modelo de cobre, se basó en un operador eficiente que construye una topología eficiente ya que refleja de manera más realista la decisión de hacer o comprar (señal “*make or buy*”) del operador que solicita el acceso:¹¹

«Topología de red modelada en la red de acceso: Eficiente.

Refleja de manera más realista la decisión de compra del proveedor»

En el modelo de fibra, el enfoque de modelado se basó en un operador hipotéticamente eficiente basado en el funcionamiento real de operador SMP:¹²

«... IFT considera oportuno adoptar el modelado de un operador hipotético eficiente basado en la operación real del AEP».

En teoría, el modelo de un operador hipotético eficiente basado en el enfoque del AEP refleja la red que dicho operador desplegaría en México dado que capturaría parte de la demanda pronosticada.

Criterio 4: El operador modelado es un operador hipotéticamente eficiente basado en el AEP.
--

2.2.2 Servicios modelados

El modelo considera todos los servicios que usan la red, a fin de capturar el nivel apropiado de economías de escala y economías de alcance, aunque el modelo solo se utiliza para calcular los costos de un conjunto de servicios regulados específicos. Esto es consistente con el enfoque adoptado en los modelos anteriores.

En el modelo de cobre, la mayoría de los servicios que utilizan la infraestructura de red de cobre se han modelado (excepto los relacionados con la colocación). Se dividen en tres categorías de servicios: (i) acceso a la infraestructura, (ii) líneas arrendadas y (iii) servicios de desagregación.

¹¹ IFT (Analysys Mason), Informe final del modelo de costos incrementales de largo plazo – red de acceso fija, 15 de diciembre de 2015 páginas 20 a 21

¹² IFT, Documento Metodológico, Desarrollo del modelo de costos para la determinación de las tarifas de acceso a la red de fibra óptica del Agente Económico Preponderante (AEP), página 13

Cuadro 1 - Servicios considerados principalmente en el modelo de cobre¹³

Categoría de servicios	Servicios
Infraestructura	Acceso a los ductos;
	Acceso a los pozos;
	Otros cobros: <ul style="list-style-type: none"> • Alojamiento de gaza de fibra óptica en el pozo; • Alojamiento de cierre de empalme;
	Uso del poste: <ul style="list-style-type: none"> • por cable; • peso adicional (Kg);
	Apoyos de protecciones para subidas o aterramientos;
	Instalación del cable de tendido (cable de uso y mantenimiento de (tendido de));
Desagregación	Servicio de Desagregación Total del Sub-bucle Local (SLU – Completo);
	Servicio de Desagregación Compartida del Sub-bucle Local (SLU – Compartido);
	Servicio de Desagregación Total del Bucle Local (LLU – Completo);
	Servicio de Desagregación Compartida del Bucle Local (LLU: compartido);

En el modelo de fibra, se consideraron 2 categorías de servicios: (i) Desagregación de fibra punto a punto y (ii) Otros servicios (incluidas líneas arrendadas, acceso indirecto y servicios de fibra minorista):

Cuadro 2 - Servicios considerados principalmente en el modelo de fibra¹⁴

Categoría de servicios	Servicios
Servicio punto a punto	Servicio de desagregación del bucle punto a punto
Otros servicios relevantes	Servicio de acceso a fibra minorista;
	Servicio de acceso Indirecto;
	Servicio de enlaces dedicados

¹³ IFT (Analysys Mason), Informe final del modelo de costos incrementales de largo plazo – red de acceso fija, 15 de diciembre de 2015, páginas 26 a 35

¹⁴ IFT (Axon), Documento Metodológico, Desarrollo del modelo de costos para la determinación de las tarifas de acceso a la red de fibra óptica del Agente Económico Preponderante (AEP), páginas 16 a 21

Esta lista debe completarse con otros servicios pasivos de acceso a la infraestructura, como fibra oscura, acceso indirecto en cobre u otros servicios auxiliares utilizados para la colocación considerados en las ofertas tarifarias (OREDA/ORCI), tales como:

Cuadro 3 - otros servicios mencionados en las ofertas OREDA/ORCI¹⁵

Categoría de servicios	Servicios
Actividades de Apoyo	<p>Tipo de Visita Técnica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para Postes (por km) • Para Pozos y Canalizaciones (por km) • Para el servicio de Torres (por torre) • Para Sitios, Predios y Espacios Físicos (por predio) • Para Tendido de Cable sobre Infraestructura Desagregada (por evento) • Apertura de pozo (por evento) • Desazolve de pozo (por evento) • Desagüe de pozo (por evento)
	<p>Tipo de análisis de factibilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para la compartición de postes (por km) • Para la compartición de pozos, de ductos y canalizaciones (por km) • Para la compartición de torres (por torre) • Construcción/Adaptación (Compartición de Espacios) (por servicio) • Infraestructura de Fuerza (por servicio) • Renta de Espacios Físicos (por servicio) • Renta de Predios (por servicio)
	Verificación
Cobros no recurrentes de la desagregación del Bucle Local	Habilitación SDTBL (Full LLU)
	Habilitación SDTBSL (Full SLU)
	Habilitación SDCBL (Shared LLU)
	Habilitación SDCBSL (Shared SLU)
Servicio Auxiliar de Cableado Multipar y Cableado del DFO de Telmex al DFO del CS	<p>Concepto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tablilla de 64 puertos y Módulo Splitter VDSL 2 • Escalerilla de aluminio de 6 "a 8" para cableado UTP Y/O COAXIAL (por metro lineal) • Cableado Multipar de 70 pares con Blindaje y Estañado de Línea (por metro lineal)

¹⁵ Anexos de Tarifas ORCI y OREDA

Categoría de servicios	Servicios
	Gastos de instalación <ul style="list-style-type: none"> • Despliegue por metro lineal • Construcción de escalerilla por metro lineal • Escalerilla y fibra por metro lineal
	Servicio de Anexo de Caja de Distribución <ul style="list-style-type: none"> • Instalación de Anexo de Caja de Distribución * (Incluye el costo de instalación para el Anexo de Caja de Distribución y el Cableado Multipar asociado) • Tablilla de 100 usuarios • Renta anual por el Anexo a Caja de Distribución

Criterio 5: El modelo debe poder calcular los costos necesarios para proporcionar un conjunto determinado de servicios, teniendo en cuenta todos los servicios para capturar los incrementos de costos pertinentes.

2.2.3 Nivel de eficiencia del operador modelado

2.2.3.1 Consideración de activos modernos equivalentes

En muchos casos, es posible que se hayan desarrollado nuevas tecnologías desde que se desplegó la red existente del operador SMP. También puede ocurrir que los activos existentes ya no puedan comprarse. Siempre que las nuevas tecnologías puedan realizar funciones llevadas a cabo por el activo existente con la misma o mejor calidad, el activo moderno equivalente (MEA, por sus siglas en inglés *Modern Equivalent Asset*) puede, por lo tanto, ser un activo utilizando la nueva tecnología.

Además, el uso del activo moderno equivalente es inherente al concepto de costos prospectivos (*Forward Looking costs*) que implica una perspectiva a largo plazo y permite reflejar el nivel de los costos que se producirían en un mercado competitivo y contestable.

El concepto de MEA permite calcular el costo que enfrentaría un nuevo operador eficiente que invierta hoy en redes de telecomunicaciones fijas. Desde un punto de vista regulatorio, el concepto de MEA puede ser muy útil ya que:

- Permite a las autoridades reguladoras comprender mejor los costos prospectivos y permite reflejar el nivel de los costos que se producirían en un mercado competitivo y contestable;
- Calcula costos eficientes y, por lo tanto, permite asegurarse de que los operadores que compran acceso a un activo regulado no paguen por las ineficiencias del operador regulado;

- Permite enviar señales apropiadas "make or buy". De hecho, como los precios regulados para acceder a los activos se basan en el MEA, es equivalente para un operador alternativo comprar un acceso o construir un activo equivalente que, por lo tanto, no disuada la inversión en alternativa y promueva la competencia basada en la infraestructura. Este es uno de los aspectos clave de la definición de MEA.

El uso de los CIPLP con el MEA garantiza que los costos incurridos de manera ineficiente no sean recuperables, y requiere una evaluación prospectiva de la recuperación de costos del operador ya que un posible nuevo entrante no está limitado por la recuperación de costos históricos.

Las mejores prácticas internacionales y particularmente la Comisión Europea recomiendan calcular los costos para el bucle local de cobre en función de los costos de una red eficiente moderna:

"Construye una red moderna y eficiente, que es una red NGA"¹⁶

Este enfoque es también recomendado en la Guía de Contabilidad publicada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones:¹⁷

"Los "activos equivalentes modernos" (MEA) se deben usar siempre que sea posible, ya que es el criterio de valoración más preciso para reflejar el costo de un operador eficiente, ya que capturará los costos (y eficiencias) asociados que un operador entrante carga, si entra en el mercado en un momento específico "

La evaluación del MEA se lleva teóricamente a cabo a través del análisis de 4 aspectos principales:

- Si los productos basados en el activo moderno a ser considerado reemplazan esencialmente productos similares basados en los activos establecidos, ¿sigue el criterio tecnológico?
- La comparación del costo para desplegar las redes con base al activo moderno o el activo existente utilizado por el operador SMP, ¿sigue el criterio del Costo?
- ¿El comportamiento observado del mercado respalda una suposición de ese activo como MEA? Lo que se puede evaluar con el análisis de tres sub-criterios específicos:
 - *Criterio del suscriptor*: Análisis de la evolución del número de conexiones para cada tipo de tecnología;

¹⁶ Comisión Europea, recomendación sobre "obligaciones consistentes de no discriminación y metodologías de cálculo de costos para promover la competencia y mejorar el entorno de la inversión en banda ancha", 11 de septiembre de 2013, ref C (2013) 5761, artículo 31

¹⁷ 'International Telecommunication Union Regulatory Accounting Guide', 2009

- *Criterio de estrategia de los operadores:* Observar la estrategia seguida por los operadores, ya que proporciona un buen indicador de lo que se espera sea la tecnología de red de acceso a largo plazo;
 - *Criterio de precio minorista:* Análisis de la evolución de los precios minoristas entre las diferentes tecnologías, que debe ser complementado por un análisis de rentabilidad a lo largo de un período de tiempo prolongado.
- ¿Cuáles son las mejores prácticas internacionales en términos de MEA?

En practica, el activo eficiente moderno correspondiente al bucle local de cobre es la forma moderna y rentable de proporcionar el servicio que comúnmente utiliza el bucle local de cobre. Desde este punto de vista, dos enfoques de modelado son posibles:

1. La red de acceso debe basarse en la tecnología más reciente en uso, es decir, una red de acceso de próxima generación (NGA, por sus siglas en inglés *Next Generation Access*) hipotéticamente eficiente¹⁸: se debe modelar una red de fibra única;
2. La red de acceso debe basarse en un enfoque híbrido, que consiste, por un lado, en una red NGA para la huella de fibra y, por otro, en una red de cobre que utiliza los modernos equipos de cobre para la huella de cobre.

De manera consistente con el contexto mexicano donde ambas tecnologías (cobre y fibra) coexisten, el segundo enfoque parece ser más adecuado. Esto podría ser respaldado por el hecho de que el enfoque híbrido permite capturar el estado de la red fija como es actualmente, así como también en los próximos años, ya que los despliegues de fibra óptica no se expanden significativamente.

Además, cabe señalar que considerando que el modelo refleja un operador hipotéticamente eficiente, los costos de migración, los costos adicionales u otras ineficiencias asociadas con el cambio de la red existente a la red optimizada no deberían incluirse en el modelo de costos.

Criterio 6: la red eficiente moderna está basada en un enfoque híbrido: una red de cobre y una red de fibra óptica.

No se incluyen costos de migración en el modelo.

2.2.3.2 Red de acceso modelada

De acuerdo con la sección anterior, el enfoque de modelado para las redes de fibra/cobre podría realizarse según los siguientes enfoques:

¹⁸ Comisión Europea, recomendación sobre "obligaciones consistentes de no discriminación y metodologías de cálculo de costos para promover la competencia y mejorar el entorno de la inversión en banda ancha", 11 de septiembre de 2013, ref C (2013) 5761, artículo 37

- Modelando una red de fibra como la tecnología moderna, considerando los ajustes relevantes mediante la sustitución de los parámetros económicos de la red de acceso de fibra, el costo unitario de los cables, las tendencias de los precios y la vida de los activos para que coincidan con las características de una red de cobre
- Modelando tanto una red de fibra como de cobre;
 - Que estima por separado el costo de servicios basados en fibra y el costo de servicios basados en cobre;
 - Que refleja la huella apropiada, así como los parámetros específicos para cada red;
 - Que refleja las economías de costos en donde dos redes paralelas (cobre y fibra, fibra directa al cliente (*Fiber To The Home*, FTTH)) comparten la misma infraestructura civil.

El primer enfoque (es decir, modelar una única red con fibra como la tecnología moderna), consiste en utilizar un único modelo con las mismas reglas de ingeniería para determinar el precio de los servicios basados en cobre y los servicios basados en fibra. Lo que conduciría a precios armonizados para ambos servicios. Sin embargo, bajo este enfoque, los ajustes relevantes deberían implementarse para tener en cuenta las especificidades del cobre, por ejemplo, vidas de activos, tendencias de precios, diferencias de velocidad, entre otras.

Bajo este enfoque, la fibra y el cobre estarían basados en la misma red, es decir, la misma estructura de nodo.

Bajo el segundo enfoque (modelar separadamente la red de cobre y la red de fibra) se consideran los factores de costos apropiados y las reglas de ingeniería (equipos/parámetros específicos) para que cada red refleje los costos de su propia tecnología.

Bajo este enfoque, la fibra y el cobre se basarían en dos redes y, por lo tanto, dos estructuras de nodos.

La decisión a tomar entre estos dos enfoques depende de los objetivos del regulador:

- Por un lado, fijar precios de cobre y fibra respectivamente sobre la base de dos redes de acceso (y luego usar costos específicos de equipos de cobre y fibra) permite establecer precios que reflejan las diferencias reales de costos y poner ambas tecnologías en igualdad de condiciones,
- Por otro lado, el primer enfoque resulta en un precio del cobre y de la fibra al mismo nivel (el precio de la fibra), lo que facilita la migración del cobre a la fibra, ya que la fibra tendría el mismo precio que el cobre y ofrecería muchas más capacidades.

El modelado de ambas tecnologías por separado en el mismo modelo es el enfoque que está más en línea con el objetivo de facilitar la coherencia en los precios y reconciliar los dos modelos anteriores ya desarrollados. Además, este enfoque parece ser consistente con el desarrollo actual de la fibra en México, el cual presumiblemente se encuentra menos desarrollado (solo el 18% del acceso de banda ancha se realiza mediante tecnología de fibra en 2017).¹⁹

Criterio 7: La red de acceso considerada se basa en dos redes separadas: cobre y fibra.

2.2.3.3 Ubicación de los nodos

La ubicación de nodos de la red de acceso que debe considerarse en el modelo depende de la elección del operador que se modelará. En el caso de modelar al AEP, la ubicación de los nodos que se podría tomar en consideración es la del operador, por lo que este parámetro no es un resultado de ningún proceso de optimización.

Sin embargo, en el caso de modelar un operador hipotéticamente eficiente, en lugar de un operador que imita la red del operador SMP, se puede usar la red del AEP como base para definir los nodos de acceso de red que se han establecido en ubicaciones geográficas (llamados sitios), considerados como ideales para el despliegue de la red de cobre y también tomando en consideración las especificidades del territorio y la sociedad mexicanos. Esto podría proporcionar un punto de partida razonable para el modelo. Por otro lado, las ubicaciones geográficas existentes de los nodos que se encuentran en sitios, que es un espacio físico que incluye protección de blindaje, sistemas eléctricos, sistema de energía de reserva y sistema climático, pueden ser inconsistentes con lo que podría suponerse para una nueva red de fibra óptica, particularmente debido a que la fibra óptica tiene un alcance considerablemente mayor que el cobre debido a diferentes atributos tecnológicos.

Al final, la determinación de la ubicación de los nodos se puede realizar utilizando varios enfoques:

1. Enfoque *scorched earth* (construyendo desde cero);
2. Enfoque *sorched node* (es decir, los nodos de acceso del AEP);
3. Enfoque *sorched node* modificado:
 - a. en función de los nodos de acceso de cobre actuales u objetivo del AEP;
 - b. basado en los nodos de acceso a la red de fibra del AEP y otros operadores;
 - c. en función de los nodos de acceso de cobre y fibra actuales u objetivo del AEP.

¹⁹ Banco de Información de Telecomunicaciones, Tercer Informe Estadístico 2017, disponible a través de la siguiente liga : <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/estadisticas/3ite2017.pdf>

El primer enfoque (*scorched earth*) proporciona el enfoque teórico más óptimo para modelar un operador hipotéticamente eficiente, ya que supone que la red se construye completamente desde cero. Sin embargo, es complejo de implementar, y no se sabe que ninguna Agencias Nacionales de Regulación (ANR) haya adoptado este enfoque porque existe el riesgo de modelar una red sobre optimizada, que ignora las limitaciones implícitas de la geografía/urbanismo. Además, la definición de criterios para identificar las ubicaciones correctas para los nodos de acceso puede ser muy subjetiva o simplemente imposible debido a que existe un número infinito de posibilidades.

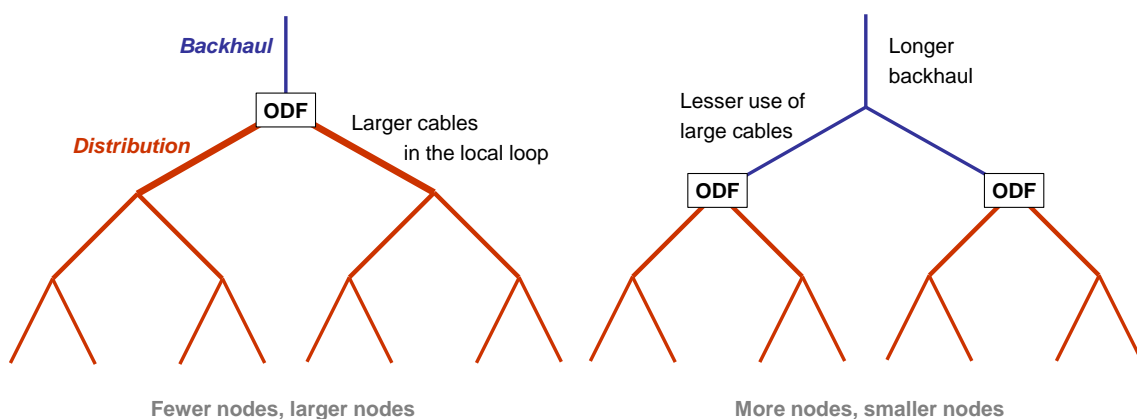
El segundo y tercer enfoque (*sorched node* y *sorched node* modificado) derriban las barreras del primer enfoque.

Bajo el segundo enfoque (*sorched node*), el operador modelado imitaría exactamente la red del AEP. No se realizarán ajustes ni correcciones. Esto contradice la suposición hipotética del operador eficiente y no podría usarse conjuntamente con la elección de un operador hipotéticamente eficiente.

El tercer enfoque tiene en cuenta los cambios previstos de la estructura de los nodos, lo que lo hace un poco más prospectivo y permite un cierto grado de eficiencia.

Por ejemplo, el uso de una configuración de nodo diferente puede conducir a una red más o menos eficiente. La figura siguiente muestra que las dos configuraciones conducen a la misma cobertura, pero con dos inventarios diferentes que generan dos costos diferentes: cuando los nodos se fusionan, los cables de distribución entrantes y los cierres de empalme son más grandes. Por el contrario, la red de retorno "*backhaul*", que surge de los nodos, usa cables más pequeños.

Figura 2 - Uso de nodos de varios tamaños en la red de fibra (solo con fines ilustrativos)



El enfoque *scorched node* modificado es consistente con el utilizado en el modelo de cobre:²⁰

«Enfoque scorching = Scorched node (modificado);

Permite (Scorched node (modificado)) eliminar ineficiencias en la ubicación de los nodos manteniendo la topología de red existente. »)

Al igual que en el modelo de fibra:²¹

«Se considera el enfoque Scorched node modificado para la definición de los algoritmos técnicos de dimensionado en el Modelo.»

Además, esta familia de enfoques se puede dividir en 3 categorías según el operador, los nodos y la tecnología que se tengan en cuenta.

El enfoque 3-a se basa en los nodos de acceso de cobre actuales u objetivo del operador SMP: este enfoque incluye solamente nodos de cobre asociados a la red del operador SMP, entonces podría ser adecuado para modelar solamente redes de cobre (esto está en línea con el modelo de cobre).

El enfoque 3-b se basa únicamente en los nodos de fibra de los nodos de acceso a la red del operador SMP y otros operadores. Este enfoque de modelado excluye los nodos de cobre y parece apropiado solo para modelos de costo de fibra (esto está en línea con el modelo de fibra). Además, debido a que el rendimiento máximo de las líneas depende de la longitud de la línea en la red de cobre y no en la red de fibra, una red de fibra completa tenderá a tener una red de transporte más reducida con menos intercambios para conectar todas las instalaciones, lo que crea una diferencia con el enfoque 3-a. Sin embargo, este método no está adaptado para modelar redes donde coexisten ambas tecnologías.

Este caso está cubierto por el último enfoque 3-c que considera los dos nodos de tecnologías (cobre y fibra) tomando en cuenta solo la red del operador SMP. Por lo tanto, este enfoque podría considerar los nodos de acceso de cobre y fibra actuales u objetivos del operador SMP.

Criterio 8: El enfoque 3-c, es decir un enfoque *scorched node* modificado considerando nodos de ambas tecnologías (cobre y fibra) del AEP solamente, el más apropiado para este modelo.

²⁰ IFT (Ansys Mason), Informe final del modelo de costos incrementales de largo plazo – red de acceso fija, 15 de diciembre, 2015, página 21

²¹ IFT (Axon), Documento Metodológico, Desarrollo del modelo de costos para la determinación de las tarifas de acceso a la red de fibra óptica del Agente Económico Preponderante (AEP), página 14

2.2.4 Huella del operador modelado

La huella del operador modelado es el conjunto de áreas geográficas donde se supone que la red está desplegada en el modelo de costos. Se pueden considerar tres huellas alternativas en el modelo:

- Una huella nacional, que potencialmente llegue a todos los hogares principales, secundarios y lugares de trabajo relevantes en México, teniendo en cuenta tanto el área considerada comercialmente viable por los operadores y donde el despliegue de cobre y/o fibra es efectivo, y el área restante la cual se estima como demasiado costosa para desplegarse y que puede estar conectada a través de un Plan Nacional de Banda Ancha;
- La cobertura actual de cobre y fibra en México;
- Una cobertura futura de cobre y fibra que refleje implementaciones futuras o específicas (limitando la huella al área considerada comercialmente viable por los operadores y donde los operadores tienen planes de implementaciones futuras).

Tener en cuenta una huella nacional resultaría en costos por línea más altos, debido a las líneas costosas (y generalmente no rentables) que en realidad no se han desplegado, lo que haría que el modelo sobre recupere los costos reales del operador SMP. Sin embargo, basar el análisis en la cobertura de tecnología actual permite capturar con precisión todos los costos del operador.

Los modelos de costos *Bottom-Up* modernos usan comúnmente datos de "sistemas de información geográfica" (SIG), que proporcionan características geográficas detalladas de la red modelada, hasta el nivel de calle, propiedad y edificio. Esto permite subdivisiones refinadas y flexibles de la red modelada.

Dado que el modelo se basa en un SIG usando la base de datos de carreteras (datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, o INEGI) en combinación con la información sobre edificios e instalaciones mexicanas (derivada de unos mapas del INEGI que detallan estadísticas sobre edificios y viviendas), es posible determinar los edificios que son relevantes para conectarse con la red moderna que está construyendo un operador hipotéticamente eficiente. Esto implica que el IFT, basado en una selección de las diferentes subcategorías para propiedades y edificios de estas bases de datos, podrá establecer la base para una cobertura total que conecte a todos los hogares, lugares de trabajo relevantes, edificios públicos, edificios comerciales y edificios industriales, lo que significa el 100 por ciento de los edificios que se han identificado.

El modelo podría desplegar inicialmente la red a todos los edificios identificados y seleccionados y así establecer una cobertura nacional. Esto significa que la red se modela como una red nacional e inicialmente se construye con cobertura total de los

hogares, lo que significa que cumple con el objetivo dentro de un determinado número de años por determinar.

La segunda opción tiene en cuenta las dos tecnologías y considera la cobertura actual de fibra y cobre. La huella resultante contendría en realidad dos sub-huellas, una para cada tecnología.

Finalmente, dado que gran parte de México aún no está cubierta ni por el cobre ni por la fibra, pero podría cubrirse en el futuro, la huella basada en la cobertura actual de cobre y fibra podría extenderse a todos los posibles hogares y hogares secundarios y lugares de trabajo relevantes del país.

Criterio 9: La huella de la red que despliega el operador modelado es un parámetro clave del modelo de costo.

La cobertura actual de cobre y fibra es la más relevante para el cálculo del costo de los servicios de red de acceso regulado.

Con el fin de conciliar los datos de geomarketing y la demanda específica, la cobertura anual se deriva de la cobertura nacional, haciendo un ajuste de la huella considerando las premisas más económicamente viables que permitan alcanzar la demanda específica.

2.3 Enfoque de modelación de la red de acceso

2.3.1 Alcance de la red modelada

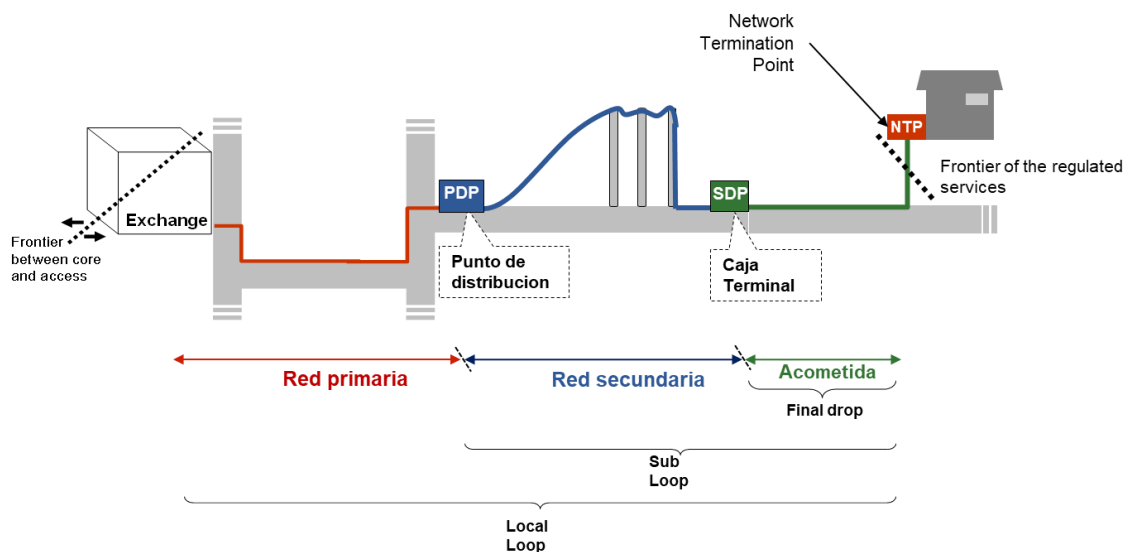
En una red fija, la red de acceso generalmente se define como la parte pasiva de la red que conecta cada premisa de usuario final o punto de terminación de red (NTP, por sus siglas en inglés *Network Termination Point*) a un nodo de acceso donde se instalan los primeros equipos activos. El nodo de acceso está, por un lado, conectado a la red de acceso y, por otro lado, está conectado a la red central y se encuentra en un sitio.

Los activos de red de acceso son todos los activos asociados con las líneas de clientes entre las premisas del cliente final y el nodo de acceso e incluyen:

- La tarjeta de línea en el nodo de acceso que conecta a los clientes finales;
- Conectores cruzados de fibra óptica y Bastidor de Distribución Óptica (*Optical Distribution Frame* ODF, por sus siglas en inglés), que son equipos para terminación, conexión y reticulación de fibras y equipos asociados para conexiones de clientes en nodos de acceso;

- Cables de fibra, ductos, conmutadores y otros equipos que pasan del nodo de acceso al NTP, que es el punto de conexión para fibra en las instalaciones del cliente final, o al Bastidor de Distribución del Edificio (BDF) en el caso de unidades de vivienda múltiple, que es un dispositivo para cableado y equipo en el nodo de propiedad, y que gestiona la transición de redes de acceso a redes de cableado interior, que va a un NTP;
- Los cables, incluido el equipo de cierre de empalme utilizado para la red de fibra, así como la acometida, que es el cable dedicado para cada edificio;
- Las obras de ingeniería civil donde los cables se despliegan como ductos, zanjas, pozos de registro;
- Puntos de flexibilidad intermediarios en la red, como puntos de distribución²²;
- El equipo en las premisas del cliente final, como los puntos de terminación de la red, el BDF en el caso de unidades de viviendas múltiples;

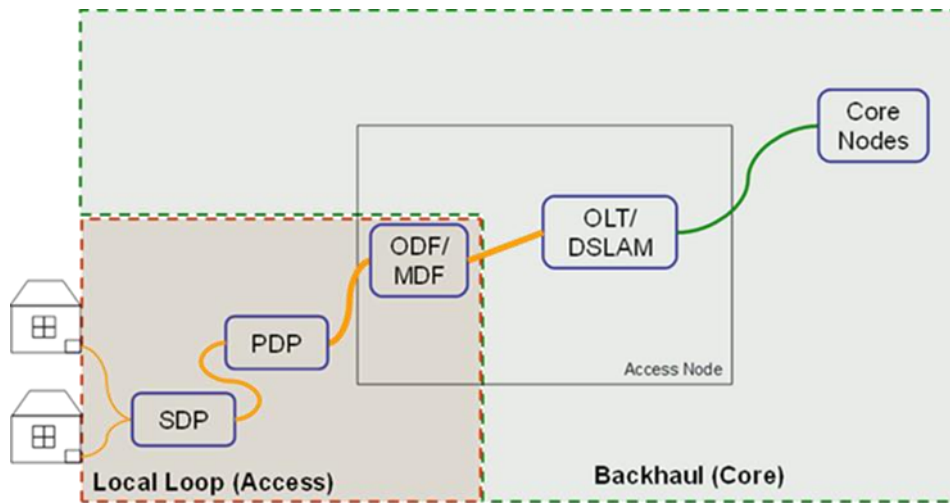
Figura 3 - Arquitectura de la red de acceso



La red de acceso debe modelarse de extremo a extremo e incluir todos los activos entre el nodo de acceso y el punto de terminación de la red en las instalaciones del cliente final.

²² Los puntos de flexibilidad son puntos de la red donde los cables se pueden manipular fácilmente.

Figura 4 – Frontera entre el acceso y la red de transporte



Típicamente, cuando los costos son comunes a la red de acceso y a la red de transporte, así como en el caso en que los costos están relacionados con el número de suscriptores en lugar del tráfico, estos se modelan en el modelo de red de acceso.

Es importante tener en cuenta que algunos activos de la red, como por ejemplo la parte de la acometida implementada en el dominio privado, se pueden financiar por separado mediante cargos iniciales pagados por clientes finales que, por lo tanto, deben excluirse de la base de costos sujeta al cálculo de costos de servicios regulados.

Asimismo, el cableado interno, que es una red local dentro de un edificio o propiedad se excluye del modelo de costo.

Criterio 10: el alcance de la red de acceso modelada comienza en los nodos de acceso, donde la tarjeta de línea (desde el lado del cliente) es el límite, y termina en el NTP en las instalaciones del cliente final.

Más específicamente, la frontera entre las redes de acceso y núcleo es el equipo DSLAM/OLT colocado en el nodo de acceso que se considera que pertenece a la red de transporte y se considera que todos los demás elementos pasivos del lado del cliente pertenecen a la red de acceso.

Con respecto a la acometida, este segmento de la red se tendrá en cuenta solo para las instalaciones conectadas.

2.3.2 Enfoque de modelado

Los modelos de costos de red de acceso son fundamentalmente diferentes de los modelos de costo de red de transporte. Esto se debe al hecho de que los activos pasivos son predominantes: los trabajos de ingeniería civil representan la gran mayoría de los costos y los volúmenes agregados de la red de acceso son comúnmente más grandes que la red de transporte.

El enfoque de modelado generalmente debe reflejar especificidades clave de las redes de acceso:

- La demanda es el número de líneas a desplegar y no el tráfico generado por los usuarios;
- Las redes siguen calles y caminos como las redes de distribución de electricidad;
- Los costos de la red de acceso fijo consisten principalmente en:
 - costos de ingeniería civil que dependen en una cierta medida de la longitud de calles/carreteras específicas a cada área;
 - costos de cable que dependen, en una cierta medida, de la longitud de calles/carreteras y de la cantidad de locales atendidos por los cables.

En este contexto, modelar con precisión, según un enfoque *Bottom Up*, los costos de la red de acceso requieren acceso a amplias bases de datos geográficos y demográficos sobre la ubicación de las instalaciones y sobre las redes de carreteras y calles, llamados geodatos.

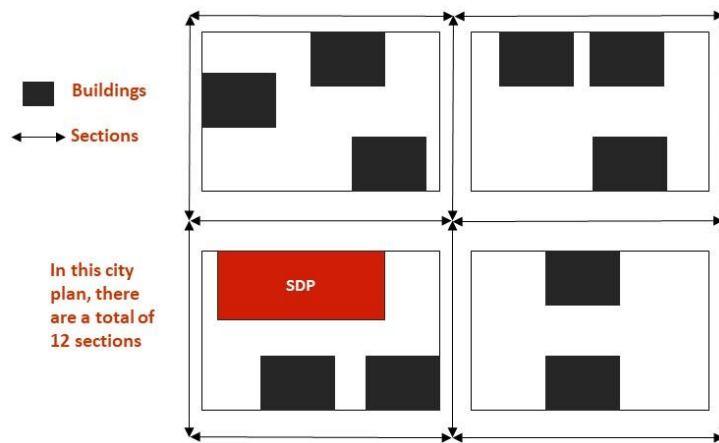
Dichos datos pueden usarse en un enfoque de muestreo/geotyping/extrapolación por el cual los costos se calculan con precisión para las áreas de muestra y luego se extrapolan a la parte restante del país. Este fue el enfoque en los modelos anteriores²³.

Dichos datos también se pueden usar para calcular los costos asociados a cada calle del país. Trabajar con datos a nivel de la calle o a nivel de sección proporciona mayor robustez y transparencia, y permite ajustes de eficiencia más robustos y objetivos en comparación con los métodos basados en muestras. La sección se refiere a todos los edificios de una carretera/calle ubicadas entre dos secciones transversales consecutivas, como se ilustra en la figura a continuación.

²³ IFT (Analysys Mason), Informe final del modelo de costos incrementales de largo plazo - red de acceso fija, 15 de diciembre de 2015, página 22, y

IFT (Axon), Documento Metodológico, Desarrollo del modelo de costos para la determinación de las tarifas de acceso a la red de fibra óptica del Agente Económico Preponderante (AEP), página 32

Figura 5 – Ilustración de una sección



Además, trabajar en el nivel de la sección permite realizar análisis sub-nacionales de los costos de manera precisa y flexible. Esto permite derivar precios promediados, o precios basados en una huella limitada.

Sin embargo, este enfoque está sujeto a la disponibilidad de datos completos y al mismo nivel de granularidad (al nivel de calles).

La información obtenida del INEGI permitió derivar todos los datos requeridos para el análisis geomarketing, considerando algunas suposiciones adicionales para algunas áreas.

Criterio 11: El enfoque de modelado consiste en dimensionar los activos de la red de acceso a nivel de sección (es decir, cada segmento de carretera entre dos intersecciones).

El cálculo de los costos unitarios de los servicios admitidos por la red de acceso fijo generalmente se realiza en tres fases:

- Dimensionar la red, es decir, modelar el inventario de la red (equipos e infraestructura);
- Evaluar los costos de la red, es decir, derivar los costos de la red de su inventario;
- Calcular los costos unitarios de los servicios, dividiendo los costos totales por la demanda relevante que los costos deberían recuperar.

En la sección 2.4 se abordan los costos de la red y los costos unitarios. Con referencia a la fase de dimensionamiento de la red y considerando el alcance de la red de acceso, el punto de partida es de un lado el conjunto de ubicaciones de nodos de acceso y del otro lado, el conjunto de ubicaciones de las instalaciones del usuario final:

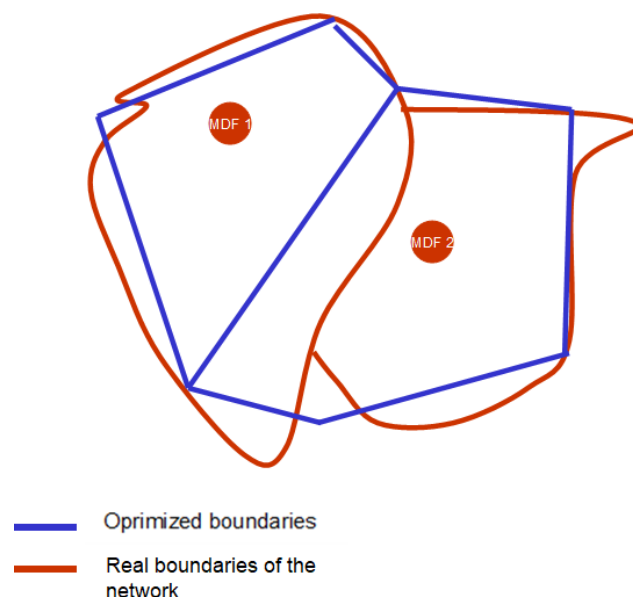
- Las ubicaciones de los nodos de acceso se obtienen de acuerdo con el enfoque Scorched Node modificado;
- Las ubicaciones de los locales de los usuarios finales se obtienen a través de bases de datos de mapas geográficos digitales disponibles para México, tal como se explicó anteriormente.

El siguiente paso de la fase de dimensionamiento de la red es identificar qué instalaciones están conectadas a qué nodo de acceso, es decir, determinar el área de cobertura de cada nodo de acceso. Las áreas de cobertura de los nodos de acceso se pueden determinar de dos maneras:

- De acuerdo con las áreas de cobertura reales de los nodos de acceso en la red del AEP; o
- Al optimizar las áreas de cobertura.

El uso de áreas de cobertura reales no sería consistente con la opción de modelar una red moderna para un operador hipotéticamente eficiente. La optimización de las áreas de cobertura es más consistente cuando se busca una red optimizada y cuando se modela un operador eficiente. Esto se puede realizar utilizando el enfoque Voronoï, un enfoque matemático que calcula distancias a puntos, que asigna todas las secciones (y las instalaciones ubicadas en esta sección) que son las más cercanas a un cierto nodo de acceso, en lugar de a cualquier otro nodo de acceso según la distancia de la red de carreteras. Proporciona cobertura de nodos de acceso óptima para una ubicación dada de estos nodos.

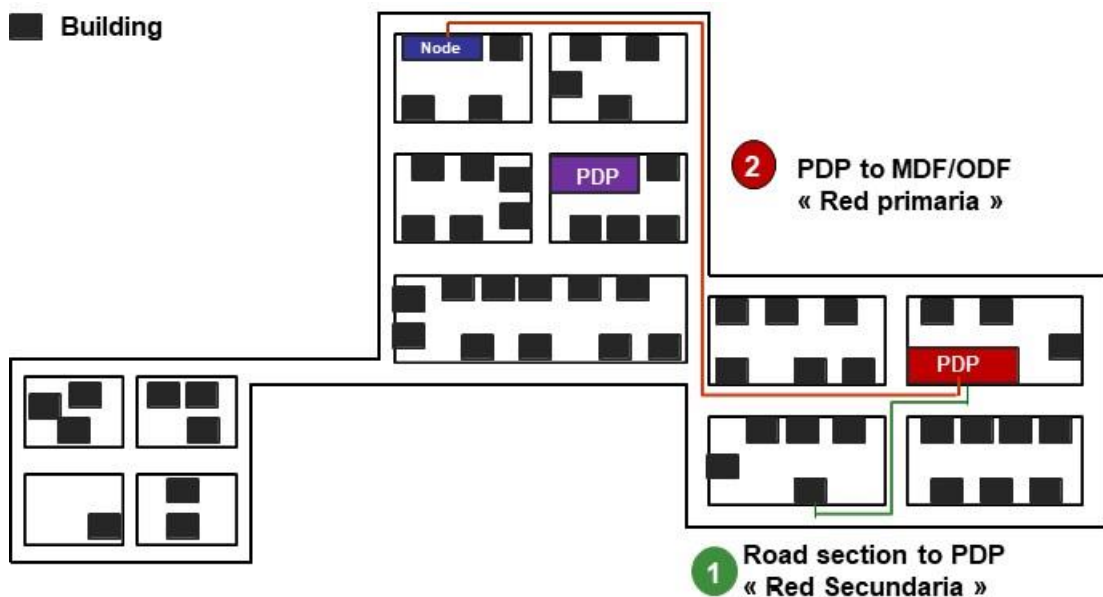
Figura 6 – Ilustración de un ejemplo de área de cobertura del nodo de acceso y área de cobertura del nodo de acceso optimizado



Criterio 12: Consistentemente con la elección de un operador eficiente para modelar, y del enfoque Schorched node modificado, las áreas de cobertura de los nodos de red se optimizan utilizando algoritmos matemáticos para asociar cada sección de carretera (y luego a cada usuario final) al Punto de Presencia (PDP) más cercano estimado por distancia de los caminos y calles.

Una vez determinadas las áreas de cobertura de los nodos de acceso, es posible calcular la ruta eficiente que permite al modelo conectar cada premisa del usuario final a un nodo de acceso, utilizando el algoritmo de ruta más corta. Este cálculo distingue entre la parte horizontal y vertical de la red de acceso, es decir, parte a lo largo de la red de carreteras y para la parte privada de la acometida con la conexión de la carretera al edificio con el punto de terminación de la red.

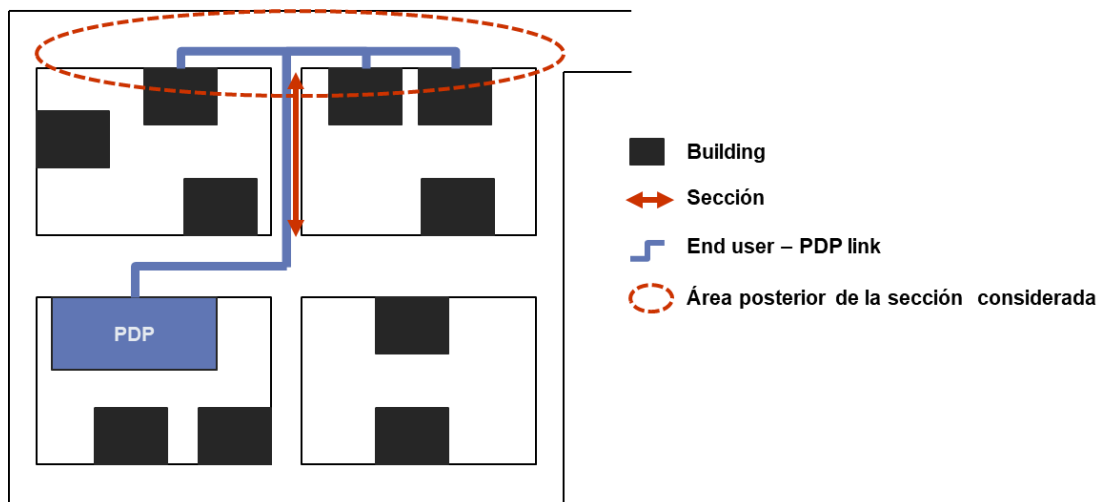
Figura 7 – Camino más corto desde los nodos de acceso a los edificios



Habiendo calculado todas las rutas más cortas requeridas, es posible calcular la demanda en el nivel de sección. La demanda a nivel de sección consiste en:

- La demanda de la sección actual, es decir, de todas las instalaciones ubicadas en esta sección; y
- La demanda del área posterior de la sección, es decir, todas las instalaciones para las cuales la ruta más corta al nodo de acceso pasa por la sección.

Figura 8 – Ilustración del área posterior de una sección



El dimensionamiento de la red de acceso a nivel de sección consiste en calcular el número de activos necesarios para satisfacer la demanda local, dadas las reglas de ingeniería y un catálogo de activos.

Finalmente, la red completa, es decir, la red desplegada a nivel nacional, o la red en el nivel del área de nodo de acceso se dimensiona sumando el número de activos calculados en el nivel de sección. Esto permite obtener el inventario de la red y concluye la fase de dimensionamiento de la red.

Criterio 13: las instalaciones del usuario final se conectan al nodo de acceso más cercano a través del camino más corto desde el usuario final hasta el nodo de acceso.

2.3.3 Tecnologías modeladas

La tecnología tradicional de acceso de cobre, propiedad del operador histórico, se modela a partir de pares de cobre. En general, la línea desde el cliente hasta el intercambio más cercano consiste en un par trenzado de cobre con los pares individuales agregados en cables más grandes en gabinetes de calle (los puntos de distribución) para el transporte al central más cercano.

Asimismo, las redes de acceso de cobre se basan comúnmente en una topología de punto a punto, entre las instalaciones del abonado y los nodos de acceso.

Dado que casi toda la capacidad de los bucles de cobre se proporciona en pares de cobre, se han buscado soluciones técnicas para aumentar la cantidad de datos/tráfico que se puede transmitir a través de un par de cobre, como las tecnologías xDSL. El aumento de las velocidades de datos se produce a costa de una reducción en la

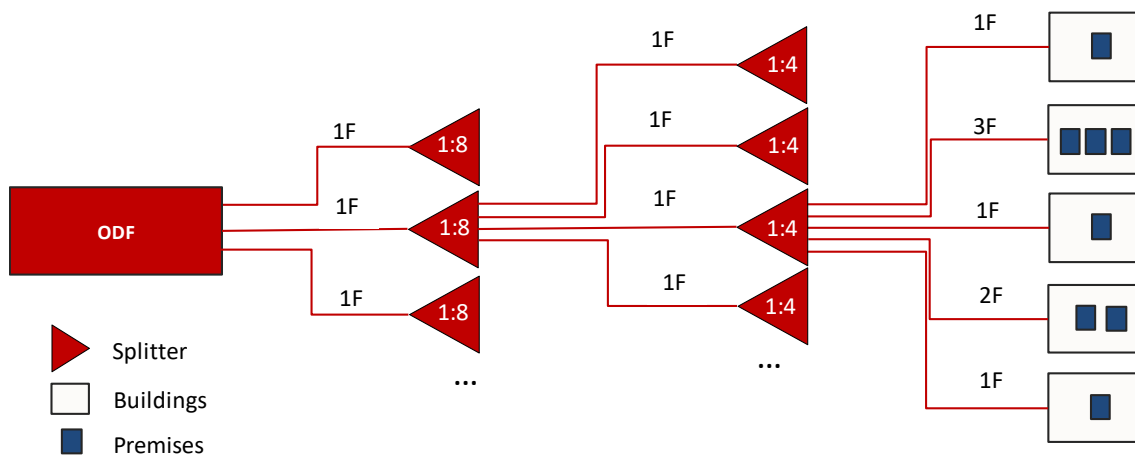
distancia de transmisión; los cables de cobre de par trenzado tienen que ser de longitud más corta, lo que ha provocado que el equipo activo (generalmente DSLAM) esté comenzando a implementarse en las ubicaciones de los gabinetes de las calles en lugar del central.

Además de la tecnología de cobre, existen otras técnicas que se implementan en México que pueden ofrecer servicios mejorados en el bucle local, que se basan básicamente en la tecnología de fibra. En las redes de fibra directa al cliente (*Fiber To The Home*, FTTH), la fibra llega al límite de la casa del cliente, por ejemplo, en una caja en la pared exterior de una casa. Esta tecnología puede implementarse utilizando dos arquitecturas de red:

- Una arquitectura PON (red óptica pasiva);
- Una arquitectura P2P (punto a punto).

La arquitectura GPON (red óptica pasiva con capacidad Gigabit) significa que la fibra se implementa siguiendo una topología de árbol, pero una fibra no está dedicada a una premisa: las fibras se dividen de manera que varias instalaciones compartan la misma fibra entre el punto de intercambio (central) y el divisor (*splitter*). Las fibras desplegadas desde el nodo de acceso al cliente final se dividen progresivamente antes de llegar a las instalaciones finales (ver figura siguiente).

Figura 9 – Esquema ilustrativo de la tecnología GPON²⁴



A diferencia de la configuración GPON, bajo la arquitectura Punto a Punto (PTP), cada fibra está dedicada a cada premisa individual. Las fibras están contenidas con otras fibras en conductos más grandes y se empalman progresivamente, sin dividirse, del nodo de acceso al cliente final.

²⁴ Las tasas de Splitting presentadas tienen fines informativos solamente.

Como consecuencia, cerca del nodo de acceso, los conductos de distribución y de alimentación son progresivamente más grandes que los conductos requeridos en una configuración GPON.

Criterio 14: La tecnología de red de acceso de fibra más apropiada para ser modelada de acuerdo con el contexto mexicano es la tecnología FTTH GPON.

2.3.4 Demanda de dimensionamiento

La determinación de la demanda en la red de acceso se puede capturar de dos maneras para fines de modelado:

1. Determinar la demanda para el dimensionamiento de la red de acceso, ya que la metodología de CIPLP refleja los costos eficientes promedio en que incurriría un operador al desplegar una red nueva dimensionada para un nivel dado de demanda (demanda pasiva);
2. Determinar la demanda que usa efectivamente la red de acceso y en la que se recuperan los costos (es decir, la demanda utilizada para derivar los costos unitarios, o demanda activa);

Una red de acceso está construida para cubrir un área determinada sin tener en cuenta la cantidad real de conexiones activas (suscriptores/líneas/puertos) en el área, mientras que las conexiones activas son las que recuperan los costos²⁵. Para las redes de acceso, la segunda forma de demanda (demanda activa) tiene un impacto limitado en el dimensionamiento de la red. Sin embargo, se requeriría el nivel de demanda activa para derivar los costos unitarios. Es por eso que es importante diferenciar estos dos tipos de demanda al desarrollar un modelo de costo de red de acceso.

Por lo tanto, la demanda del dimensionamiento debe ser coherente con la huella de la red y consiste en todos los edificios y locales relevantes en México que se han establecido sobre la huella del operador modelado:

- Locales residenciales, donde la gente vive permanentemente, así como hogares secundarios;
- Locales comerciales, donde se ubican pequeñas empresas y que adquieren productos de mercado masivo similares a los que usan los clientes residenciales;
- Edificios públicos;
- Edificios comerciales;

²⁵ Esto es simplemente porque el despliegue basado en la demanda activa real significaría tener que volver a desplegar en el mediano plazo la red necesaria al aumento de demanda activa, lo que sería ineficiente.

- Edificios industriales.

2.3.5 Reglas de dimensionamiento y diseño de red

Las reglas de dimensionamiento para la red de acceso se detallan en la sección 3, de forma coherente con los datos recopilados del AEP y con las mejores prácticas reales. Los principios generales para el diseño de la red se definen a continuación.

2.3.5.1 Diseño de red

El proceso de dimensionamiento para las categorías de costos directos de la red está basado en reglas de ingeniería, los cuales se establecen de acuerdo con el principio de diseño de una red moderna eficiente a través de la cual se ofrezca un nivel de calidad de servicio buscado.

Sin embargo, estas reglas de ingeniería deberían ser provistas por el AEP y otras partes interesadas que desplieguen redes de fibra, de acuerdo con la solicitud de datos, como punto de partida, y para salvaguardar que el modelo refleje el contexto mexicano. De hecho, existen múltiples formas "eficientes" de construir una red, dependiendo de las especificidades reglamentarias locales y del nivel de calidad del servicio que se desea alcanzar: esto implica que las reglas de diseño para las técnicas de implementación, sistemas y arquitectura de red deben basarse primero en las aportaciones mexicanas.

Tales reglas de ingeniería son, por ejemplo:

- El número de fibras por vivienda en cada nivel de red,
- La distancia entre pozos de registro, entre postes, entre cierres de empalme;
- Según cuales reglas se considera un despliegue aéreo o subterráneo;
- Si las zanjas están canalizadas, blindadas o enterradas directamente,
- Donde las zanjas están ubicadas en cada sendero de una calle,
- Cuántas instalaciones puede servir un punto de distribución secundario (SDP por sus siglas en inglés, *Secondary Distribution Point*),
- Cómo se asegura la resiliencia de la red.

Las reglas de ingeniería pueden diferir entre diferentes áreas, por ejemplo, el despliegue de cables de un solo lado de la calle o de los dos lados, o la técnica de despliegue usada. Cuando no se dispone de una norma de ingeniería, se pueden utilizar los datos derivados de las mejores prácticas de la industria, así como los insumos utilizados en los modelos anteriores. Los datos de otros países también podrían utilizarse potencialmente si fuera necesario.

La construcción, el despliegue y el dimensionamiento de la red moderna deben ser coherentes y cumplir con las directrices del IFT, con las prácticas del operador local y otros requisitos relevantes si es necesario.

Criterio 15: El diseño de la red es basado en principios técnicos que reflejen las condiciones en México. La construcción, el despliegue y el dimensionamiento de la red moderna es ser coherente y cumple con las directrices IFT, con las prácticas del operador local y otros requisitos relevantes.

2.3.5.2 Demanda para el cálculo de los costos unitarios

La demanda para el cálculo de los costos unitarios es la cantidad de clientes que utilizan la red del operador hipotéticamente eficiente. Esta demanda puede evaluarse multiplicando la demanda total pasiva (es decir todos los edificios conectados o conectables, si solo les falta el despliegue de la acometida) por la participación de mercado del operador hipotéticamente eficiente. Es probable que esta demanda evolucione con el tiempo.

La presencia de varias redes de acceso coexistentes en un área determinada es el resultado de la historia y el despliegue de tecnologías sucesivas. Si se reconstruyeran redes (como se supone en el enfoque CIPLP), la coexistencia de varias redes de acceso sería muy poco probable. La presencia de varias redes de acceso en paralelo puede considerarse ineficiente desde el punto de vista del enfoque CIPLP, especialmente porque pueden soportar los mismos tipos de servicios minoristas. Las redes de acceso a veces se consideran infraestructuras esenciales y, por lo tanto, no es deseable duplicar dichas redes.

Sin embargo, la presencia de varias redes de acceso coexistentes es posible durante una fase de migración de una tecnología a otra.

Construir el modelo CIPLP basado en redes de acceso coexistentes a largo plazo llevaría a costos de acceso artificialmente altos y daría incentivos a la duplicación de redes ineficiente (señales erróneas de "make or buy"). Por lo tanto, se debe suponer que cada topología de red de acceso admite el 100% de la demanda actual fija del AEP en un área determinada, bajo los principios de CIPLP.

Criterio 16: El modelo CIPLP supone que cada tecnología de red de acceso admite el 100% de la demanda actual de la red fija local del AEP en términos de suscripciones activas (es decir, el 100% de la demanda "cobre + fibra").

Además, se deben considerar las diferentes etapas de implementación de todas las tecnologías de acceso:

- La red de cobre tiene una huella de cobertura nacional y admite hoy en día la gran mayoría de las suscripciones activas;

- La red FTTH tiene una implementación no nacional en curso y admite un número creciente de suscripciones activas.

Para la red de cobre, es poco probable que ocurra una mayor implementación. Como consecuencia, el 100% de la demanda activa del AEP en el área (en términos de suscripciones activas) se puede considerar desde el principio. Para FTTH, se debe seguir el mismo supuesto.

En la red de acceso, no todas las instalaciones tienen una suscripción activa que permite recuperar los costos de la línea de acceso asociada. En la práctica, pueden ocurrir varias situaciones. Éstas incluyen:

- Instalaciones aprobadas, es decir, aquellas que están al alcance de la red de distribución;
- Instalaciones conectadas, es decir, aquellas a las que se ha desplegado un cable de caída final;
- Locales que tienen una suscripción activa, es decir, aquellos sobre los cuales se recuperan los costos.

Implementar una red desplegando solo la red para clientes activos sería altamente ineficiente a largo plazo. Como consecuencia, las redes de acceso en el modelo CIPLP deben dimensionarse pasando todas las instalaciones del área que cubren. Sin embargo, un operador eficiente no despliega un cable de conexión hasta que el usuario final se active. Pero, es probable que cualquier operador, hasta el más eficiente, experimente la pérdida de algunos usuarios finales después de desplegar un cable de acometida y que, por lo tanto, el cable de acometida se vuelva inactivo. Además, en un edificio con varios alojamientos, parece más eficiente desplegar cables de bajada del sótano del edificio a todos los alojamientos, incluso si algunos alojamientos no alojan a un cliente activo.

Sin embargo, los costos deben recuperarse en el subconjunto de ubicaciones conectadas que se supone que tienen una suscripción activa.

Criterio 17: El costo de todas las instalaciones que se consideran como conectadas se tiene en cuenta en la recuperación de los costos. Las premisas conectadas y activas se diferencian a fin de considerar que las instalaciones activas incluyen solo líneas con una suscripción activa, mientras que las líneas conectadas incluyen, además de las instalaciones activas, algunas premisas inactivas para reflejar que las transferencias se implementan para tener en cuenta también el abandono del cliente como despliegues de cables sueltos en la construcción con varios alojamientos (independientemente de la presencia o no del cliente).

La recuperación de costos siempre se realiza en base a las premisas activas.

2.3.5.3 *Compartición de infraestructura*

Una red de acceso puede compartir infraestructura con otros niveles de red (por ejemplo, rutas de la red central), así como con otros operadores, como otros servicios (energía, agua), u operadores de televisión por cable. El uso compartido de la infraestructura de red debe tenerse en cuenta en el modelo de costos. El uso compartido de infraestructura es una práctica común en las implementaciones de redes, ya que el trabajo de ingeniería civil es costoso y los activos de ingeniería civil constituyen una parte importante de la infraestructura.

Por lo tanto, es consistente considerar el uso compartido de la infraestructura tanto desde el punto de vista empresarial como desde el punto de vista socioeconómico. Generalmente, las ANR son favorables a la compartición de infraestructura, siempre que no perjudiquen la competencia o la resiliencia de la red, pero requiere acuerdos entre los participantes del mercado.

Con la aplicación de ciertas medidas, un operador de red puede, bajo ciertas condiciones, tener derecho a acceder a la infraestructura de un propietario de red y tener derecho a coordinar su proyecto con un proyecto de construcción de un propietario de red para construir redes de banda ancha. Los reguladores manejan la resolución de disputas en caso de que las partes no puedan llegar a un acuerdo de precios. Por lo tanto, este objetivo de compartir infraestructura debe reflejarse en el modelo.

La parte de los costos asignados a los otros niveles de la red (por ejemplo, entre la red central y de acceso) y a los otros operadores o servicios se puede determinar de acuerdo con varios tipos de reglas de asignación, tales como:

- 50/50: a cada red se le asigna la mitad de la parte compartida;
- La cantidad de cables: A cada red se le asignan los costos de la parte compartida en proporción a la cantidad de cables que utiliza;
- La superficie de los cables: A cada red se le asignan los costos de la parte compartida en proporción a la superficie total de los cables que utiliza (enfoque preferido implementado en el modelo de costos ya que esto es más consistente con los factores de costo);
- Reglas especiales tales como las reglas estipuladas en el contrato entre dos operadores de red.

Si solo hay cables de acceso en una sección, entonces el 100% de los costos de la zanja deberían asignarse a la red de acceso y recíprocamente, si en una sección solo hay cables de transporte, entonces el 100% de los costos de la zanja deberían asignarse a la red de transporte. Se pueden usar reglas similares para compartir infraestructura con otros tipos de redes (como redes de electricidad).

Criterio 18: El modelo tiene en cuenta el uso compartido de infraestructura de red entre la red de transporte y la red de acceso, así como con otros tipos de redes e infraestructuras.

2.4 Enfoque de costeo

2.4.1 CAPEX

2.4.1.1 Valoración de los activos

Los gastos de capital de la red, denominados CAPEX, son costos incurridos cuando el operador invierte en equipos y/o diseña e despliega la infraestructura de la red. Los CAPEX asociados con los equipos incluyen, por ejemplo, los costos de cables, conductos, OLT, DSLAM, mientras que los CAPEX incurridos para el diseño y la implementación de la infraestructura de red pueden ser, por ejemplo, adquisición de sitio y obras civiles, así como planificación de la red y administración del despliegue²⁶.

Bajo el enfoque *Bottom-Up* y la metodología CIPLP, los CAPEX se derivan de la demanda del servicio a través de principios de ingeniería: se calculan como los precios unitarios de cada activo multiplicado por el inventario derivado de dicho modelado. Incluyen todos los costos asociados con el despliegue de un activo como el costo del equipo, así como el costo de instalación, diseño y gestión del proyecto.

Es probable que los costos de los activos varíen entre los operadores por una serie de razones, tales como las diferencias en la estructura de la red subyacente, las especificaciones, el enfoque comercial y el poder de negociación debido a las diferentes capacidades y escala. Además, se esperaría que un operador hipotético con una red nacional tenga un poder de negociación más fuerte en comparación con un operador más pequeño. Los modelos deberían tener esto en cuenta.

Como los modelos en cuestión son prospectivos y reflejan una señal “*make or buy*”, los costos actuales más que el costo histórico son la base del costo apropiado. Una manera de estimar los costos actuales es calcular el costo de reposición de cada activo, que es el monto que una entidad tendría que pagar para reemplazar un activo en el momento

²⁶ La planificación de la red se puede considerar de dos maneras: 1) Planificación de la red durante la implementación, generalmente directamente asignable a un tipo determinado de activos (zanjas, cables), incluida en el CAPEX y, por lo tanto, capitalizada. Debe tenerse en cuenta cuando los costos de implementación se externalizan a los subcontratistas. 2) Planificación de red para la explotación de la red: supervisión de reemplazos regulares de activos de red. Se incurre regularmente, y su costo corresponde al personal permanente de planificación de la red. En esta sección, los costos de planificación de red se consideran como los costos variables de activos incurridos durante la implementación. Es importante evitar la doble recuperación entre los dos tipos de costos de planificación de red.

actual de acuerdo con su valor actual, con la excepción de los activos de ingeniería civil reutilizables (ver la siguiente sección). El costo de reemplazo puede ser mayor o menor que el costo histórico, ya que los precios y la tecnología evolucionan con el tiempo.

Las propiedades de uso general, como los edificios de oficinas, deben valorarse normalmente sobre una base de valoración de mercado abierto, ya sea para uso existente o alternativo.

Para las propiedades en general, el modelo debe derivar una evaluación del espacio ocupado por diferentes equipos y calcular los costos de alojamiento en función del costo del espacio de construcción por metro cuadrado según los costos de alquiler del AEP y otros interesados o según los precios del mercado, sujeto a la disponibilidad de datos.

Criterio 19: La inversión en la red debe valorarse en función del costo actual (en lugar de los costos históricos) con la excepción de los activos de ingeniería civil reutilizables en la medida en que los datos estén disponibles.

Finalmente, las entradas para los costos unitarios en el modelo se basan en la última información disponible (es decir, datos de 2018 si está disponible). Para los costos futuros de la implementación, y cuando los datos no están disponibles para el año modelo, se realizó una extrapolación a partir de los datos históricos relevantes y de las tendencias razonables de los precios a largo plazo.

No habrá una actualización anual del modelo y de sus parámetros de entrada, ya que los resultados de los costos se traducirán en precios establecidos en decisiones del AEP válidas para períodos reglamentarios. Esto implica que las actualizaciones o posibles revisiones pueden llevarse a cabo junto con la planeación de decisiones del IFT, si y solo si las condiciones económicas o de mercado han cambiado radicalmente y las cifras reales del mercado difieren significativamente de la previsión.

Criterio 20: Inicialmente, los insumos de costos se basan en la última información disponible y reflejan el mercado en 2018, que es el año base para el modelo. El IFT puede actualizar o revisar el modelo junto con los preparativos de las decisiones de definición de mercados e identificación de AEP. El IFT también debe poder actualizar el modelo si parece que los pronósticos (tráfico, costos unitarios, etc.) difieren significativamente de los datos de mercado esperados o si ocurren cambios radicales en el mercado mexicano que son relevantes para el modelo.

2.4.1.2 Valoración de activos de ingeniería civil reutilizables

Los Activos de ingeniería civil reutilizables (RCEA por sus siglas en inglés, *Reusable Civil Engineering Assets*) son aquellos activos heredados de ingeniería civil que ya están en vigencia (por ejemplo, se usan para la red de cobre) y que pueden reutilizarse para acomodar una red NGA. Esto se refiere solo a los activos de ingeniería civil (zanjas, conductos, postes, pozos de registro) y no a cables que no podrían reutilizarse a partir de redes heredadas.

De acuerdo con la recomendación de la Comisión Europea, los RCEA se valoran por separado de los demás activos en la base de activos reguladores:²⁷

"Las ANR deben valorar todos los activos que constituyen el RAB de la red modelada sobre la base de los costos de reposición, a excepción de los activos de ingeniería civil heredados reutilizables.

Las ANR deben valorar los activos de ingeniería civil heredados reutilizables y su correspondiente RAB sobre la base del método de indexación. Específicamente, las ANR deben establecer el RAB para este tipo de activos al valor contable regulatorio neto de la depreciación acumulada en el momento del cálculo, indexado por un índice de precios apropiado, como el índice de precios minoristas. Las ANR deben examinar las cuentas del operador del PSM cuando estén disponibles para determinar si son lo suficientemente confiables como base para reconstruir el valor contable regulatorio. Deberían realizar una valoración sobre la base de un índice de referencia de las mejores prácticas en Estados miembros comparables. Las ANR no deben incluir activos legados reutilizables de ingeniería civil que estén totalmente depreciados pero que aún estén en uso".

Según la Comisión Europea, se establece este enfoque:

"Envía señales de entrada al mercado eficientes para decisiones de construir o comprar", y evita el riesgo de una recuperación excesiva de costos para la infraestructura civil heredada reutilizable. No se justifica una recuperación excesiva de los costos para garantizar la entrada eficiente y preservar los incentivos para invertir porque la opción de construcción no es económicamente factible para esta categoría de activos".²⁸

La parte de los activos reutilizables de ingeniería civil se evalúa sobre la base del despliegue previo realizado por el AEP y por otras partes interesadas, así como el punto

²⁷ Comisión Europea, recomendación sobre "obligaciones consistentes de no discriminación y metodologías de cálculo de costos para promover la competencia y mejorar el entorno de la inversión en banda ancha", 11 de septiembre de 2013, ref C (2013) 5761, artículo 33 y 34

²⁸ European Commission, Recommendation, on consistent non-discrimination obligations and costing methodologies to promote competition and enhance the broadband investment environment, 11 de septiembre de 2013, ref C(2013) 5761, considerando 35

de referencia recomendado por la Comisión Europea. Para tener en cuenta dicha recomendación, la valoración de los activos de ingeniería civil reutilizables podría realizarse en tres pasos:

1. Evaluar la participación de los activos de ingeniería civil que pueden reutilizarse;
2. Valorar estos activos;
3. Despreciar estos activos.

En primer lugar, la proporción de activos de ingeniería civil reutilizables -entre la base de activos de ingeniería civil- puede estimarse sobre la base de los recientes despliegues de redes de fibra hechas por el AEP y otros operadores, dado que han realizado implementaciones racionales y eficientes.

La ingeniería civil considerada como "reutilizable" excluye, en particular, los activos de ingeniería civil desplegados en las redes NGA durante los últimos años, ya que estos se modelarían típicamente usando una valoración de costos de reemplazo bruta, más apropiada.

Desde un punto de vista regulatorio, es necesario asegurarse de que la reutilización de los activos de ingeniería civil existentes esté optimizada y, por lo tanto, envíe las señales de inversión adecuadas y eficientes.

Se pueden usar varios enfoques para valorar los activos de ingeniería civil reutilizables:

- a) De acuerdo con el valor neto contable de los activos de ingeniería civil reutilizables, depreciados a lo largo de la vida restante basada en un enfoque de anualidad inclinada;
- b) De acuerdo con el valor residual pro forma de los activos de ingeniería civil reutilizables derivados de una anualidad inclinada (o "indexación"²⁹) realizada en el despliegue anterior de los activos de ingeniería civil reutilizables;
- c) De acuerdo con los costos brutos de reemplazo en los que se aplica un descuento específico;
- d) De acuerdo con los precios regulados del acceso a la ingeniería civil, con una indexación adecuada;
- e) Sin valoración específica para los activos de ingeniería civil (valor contable bruto).

Los enfoques (a) y (b) (valor contable neto y anualidad inclinada pro forma) siguen los principios establecidos por la recomendación de la Comisión Europea antes mencionada. Bajo estos enfoques, el valor residual (ya sea del valor contable neto o de la anualidad inclinada pro forma) se amortizará en la vida restante del activo.

El enfoque (a) (valor contable neto) se ajusta a las mejores prácticas europeas implementadas en desarrollos de modelos de costos recientes y permite una

²⁹ Este término significa el uso de las tendencias de los precios para la depreciación de los costos históricos en el momento de la inversión, en lugar de una depreciación constante, es decir, el uso de una anualidad inclinada en lugar de una anualidad constante.

recuperación adecuada de los costos debido al uso del valor contable neto, los costos ya recuperados no se tienen en cuenta. Ha sido implementado por la ARN irlandesa (ComReg):

"Para asegurar la recuperación de costos para los activos reutilizables, ComReg considera que es necesario depreciar el valor contable regulatorio neto de la depreciación acumulada en el momento del cálculo a lo largo de la vida restante de los activos".³⁰

Consiste en depreciar el valor neto contable durante la vida útil restante del activo, de acuerdo con la fórmula de anualidad inclinada. Conforme a la fórmula de anualidades inclinadas, la anualidad crece cada año por una tendencia de precios relevante para el activo (precios históricos del activo, índice de precios del sector, índice de precios del trabajo, etc.). La anualidad aumenta (disminuye) si el precio cambia hacia arriba (hacia abajo).

La vida útil de los activos utilizada en los libros contables se compara con la vida de los activos utilizada en el modelado ascendente, y puede ajustarse. Al final de la vida útil restante del activo, se ha recuperado el valor neto contable del activo.

El enfoque (b) (anualidad inclinada pro forma) es más complejo de implementar y requiere un amplio conocimiento de las inversiones anteriores en infraestructura de ingeniería civil.

Para cada inversión pasada, su valor histórico en el momento de la inversión se recupera y deprecia (aplicando anualidades inclinadas) a lo largo de toda la vida de la inversión, es decir, primero en el período pasado, luego en el presente y en el futuro. Para una inversión dada, el valor contable neto puede diferir del valor neto pro forma, ya que las depreciaciones pasadas en los libros no necesariamente siguen el mismo perfil de anualidad inclinada. Este enfoque ha sido implementado por la ARN francesa (l'Autorité de régulation des communications électroniques et des Postes) desde 2005.³¹

Al final de la vida útil restante del activo, el valor neto contable del activo en el año base no se ha recuperado necesariamente. Por el contrario, el valor histórico del activo en el momento de la inversión se recupera a lo largo de toda la vida del activo.

El enfoque (c), basado en factores de descuento, requiere una evaluación previa del descuento que se aplicará a los costos de reemplazo bruto de los activos de ingeniería civil. Esta evaluación generalmente se basa en una comparación del valor contable neto con los costos brutos de reposición (los resultados están entonces cerca de

³⁰ ComReg, Eircom's Wholesale Access Services – Further specification and amendment of price control obligations in Market 4 and Market 5 and further specification of price control obligation in Market 2, July 2015, ref ComReg 15/67, §5.218, disponible a través de la siguiente liga: <http://www.comreg.ie/fileupload/publications/ComReg1567.pdf>

³¹ ARCEP, Decisión n°05-0834, 15 de diciembre de 2015, http://www.arcep.fr/uploads/tx_gsavis/05-0834.pdf

acercarse a (a), excepto que no valdrían a cero los activos totalmente depreciados). Este enfoque se ha implementado notablemente en Noruega en el modelo de costos desarrollado por la ARN noruega (NCOM, por sus siglas en noruego, *Nasjonal Kommunikasjonsmyndighet*) en 2012 y actualizado en 2015³².

En este enfoque, la calibración del factor de descuento se realiza mediante la implementación del enfoque (a) en una muestra de inversiones.

El enfoque (d), basado en los costos de acceso a la infraestructura regulada, envía señales de "compra", pero puede conducir a un cálculo circular ya que el modelo de costos también permite derivar costos regulatorios de acceso a infraestructura de ingeniería civil.

Bajo este enfoque, el cargo de acceso al ducto en el año t se extrapolará del cargo de acceso al ducto en 2018 a través de un factor de crecimiento π o indexación basado en el índice de precios al consumidor, índice de precios laborales o cualquier otro índice de inflación relevante:

Carga de acceso al conducto (t) = Carga de acceso al conducto (2018) * $(1 + \pi)^t$

Esto imita el perfil de depreciación de una anualidad inclinada, donde la anualidad crece/declina cada año según la tendencia del precio del activo.

Finalmente, el enfoque (e) se implementa cuando no hay activos de ingeniería civil reutilizables, por ejemplo, cuando se excavaron zanjas sin ductos y deben abrirse y construirse una vez más para el despliegue de NGA. Cuando los activos de ingeniería civil pueden reutilizarse, el uso de los costos de reemplazo bruto de los activos puede llevar a una sobreestimación de los costos de red que implica una recuperación excesiva. Como consecuencia, valorar los activos de ingeniería civil reutilizables de acuerdo con sus costos de reemplazo brutos incentivaría la construcción de las infraestructuras una vez más, lo que no es adecuado desde un punto de vista regulatorio.

En conjunto, el examen de los diferentes métodos para valorar los activos de ingeniería civil reutilizables demuestra que plantean diferentes requisitos de acceso a los datos y que presentan diferentes ventajas y desventajas.

Criterio 21: Los activos reutilizables se deben valorar al valor neto contable del AEP. De lo contrario, se usa una valoración basada en la participación del valor neto contable restante procedente de un índice de referencia internacional.

³² NKOM, LRIC-modell for fastnett aksess, disponible a través de la siguiente liga: <http://www.nkom.no/marked/markedsregulering-smp/kostnadsmodeller/lric-fastnett-aksess>

2.4.2 Anualización de los CAPEX

2.4.2.1 Costo Promedio Ponderado del Capital (CPPC o WACC)

El costo del capital mide la oportunidad o el costo alternativo de las fuentes de capital (deuda y capital) invertidas en la red. Considera que el rendimiento de los activos de la empresa debe ser igual al rendimiento total esperado por sus accionistas y acreedores de la deuda, ponderado por su contribución respectiva al financiamiento de la empresa.

Criterio 22: Se utilizará el último cálculo de WACC (realizado y decidido por el IFT).

Por otro lado, el WACC podría considerarse en el modelo según dos métodos alternativos:

- WACC nominal, que no tiene en cuenta la tasa de inflación del país o sector al que se refiere. Esta alternativa se utiliza principalmente en modelos estáticos, limitados a la producción de resultados para un solo año;
- WACC real que tiene en cuenta la tasa de inflación. Este enfoque es la alternativa generalmente adoptada en modelos de varios años, que proyectan los resultados en el futuro.

En los modelos anteriores, el primer enfoque se usa en el modelo de cobre, mientras que el segundo se sigue en el modelo de fibra.

El costo del capital podría evaluarse como un cálculo separado y usarse en el modelo de CIPLP, debe ser posible cambiar su valor en el modelo.

La elección del uso de WACC real o nominal debe ser consistente con la elección de la base del precio (si los precios están regulados en términos nominales, el costo del capital también debe expresarse en términos nominales).³³

Criterio 23: Un WACC nominal se tendrá en cuenta en el modelo de costos.

2.4.2.2 Tendencias de precios y vidas de activos

Las tendencias de los precios y la vida de los activos son parámetros clave para la depreciación de Capex en costos anualizados.

En teoría, la vida útil de los activos utilizada en el modelo ascendente debe corresponder a la vida económica de los activos, que es el período de tiempo esperado

³³ Disponible a través de la siguiente liga: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Documents/CostEvents/2014/Namibia/Session%207-WACC.pdf>

durante el cual un activo es útil y es económicamente ventajoso utilizar el activo. En el contexto de las implementaciones de NGA, la Comisión Europea ha subrayado recientemente que la vida económica debería capturar la vida tecnológica y los desarrollos futuros de la red:

"... Al establecer la vida económica de los activos en una red FTTC modelada, las ANR deben tener en cuenta los desarrollos tecnológicos y de red esperados de los diferentes componentes de la red"³⁴

En la práctica, sin embargo, los modelos con enfoque Bottom-Up a menudo usan la vida útil de los activos que se usa en las cuentas de los operadores como un proxy. Aunque este enfoque puede subestimar la vida útil del activo, debido a las prácticas contables conservadoras, tiene la ventaja de ser más objetivo y robusto. Además, la vida del activo utilizada en las cuentas debería, en principio, reflejar la vida económica de los activos.

La vida útil de los activos se solicitó en el requerimiento de datos y se utilizó en el modelo. En caso de que las estimaciones de vida útil de los activos proporcionadas por el AEP u otras partes interesadas parezcan no ser realistas o inapropiadas, se toman en consideración las vidas útiles utilizadas en los modelos anteriores y los valores de referencia de los activos utilizados en modelos de costos similares desarrollados por otras ANR. La información sobre los tiempos de vida de los activos se detalla en la siguiente sección.

Criterio 24: Las vidas útiles de los activos se evalúan de acuerdo con los insumos proporcionados por las partes interesadas después del requerimiento de datos o con los datos del modelo anterior, los datos contables del AEP u otros puntos de referencia relevantes.

Las tendencias de los precios se evaluarán a largo plazo según los datos históricos pertinentes, los datos de los modelos anteriores y los datos de los fundamentos económicos, como la inflación objetivo y los datos históricos de los costos laborales. En la práctica, las tendencias de los precios a largo plazo para diferentes activos y categorías OPEX se evaluarán de acuerdo con los datos proporcionados por las partes interesadas después de la solicitud de los datos y, cuando sea necesario, derivados de dichos modelos.

Cuando esos insumos se consideren inapropiados, se derivarán de:

- Escalada de costos: identificación del índice o conjunto de índices relevantes con los que se supone que evolucionará el costo de la categoría de activos. Las

³⁴ Comisión Europea, recomendación sobre "obligaciones consistentes de no discriminación y metodologías de cálculo de costos para promover la competencia y mejorar el entorno de la inversión en banda ancha", 11 de septiembre de 2013, ref C (2013) 5761

alternativas relevantes son el índice de precios al consumidor, el índice de costos laborales, el índice de productos básicos;

- Punto de referencia internacional: supuestos de tendencias de precios en modelos de CIPLP disponibles públicamente,
- Insumos de los operadores (el AEP, así como los operadores alternativos).

Criterio 25: Las tendencias de precios a largo plazo se evaluarán para todos los activos y costos operativos, según los datos proporcionados por las partes interesadas después de la solicitud de datos y de los modelos anteriores, o de acuerdo con datos históricos y pronósticos para la categoría de activos y los índices macroeconómicos (índice de costo laboral, índice de precios al consumidor, etc.).

2.4.2.3 Metodología de depreciación de las inversiones

Un elemento importante de un modelo de CIPLP es la estimación del costo anual generado por los activos (la anualidad). Las anualidades miden tanto el cargo de depreciación como el costo de capital asociado a la inversión en el activo.

Una anualidad es el pago anual que, cuando se descuenta a un costo de capital apropiado a lo largo de la vida del activo, proporciona el costo de reposición de un activo. El método de anualidad puede ser estándar o inclinado. Un enfoque alternativo a estos dos métodos es la anualidad ajustada, que mide el cargo de depreciación como el cambio anual en el valor presente neto (VAN) de un activo, ajustado por factores tales como cambios en el perfil de producción y precios, costos generales y el costo de capital.

Generalmente se usan cinco fórmulas de anualidades:

1. Contabilidad de costos históricos (HCA);
2. Contabilidad de Costos Actual (CCA);
3. anualidad estándar;
4. anualidad inclinada; y
5. anualidad inclinada ajustada

Los métodos de depreciación se describen con más detalle en el anexo. Una descripción sintética esta proporcionada a continuación.

1. Contabilidad de costos históricos (HCA)

Este es el método más usado en contabilidad. Los cargos de depreciación se obtienen simplemente dividiendo la inversión por la vida del activo.

El problema con este enfoque es que, cuando se incluye el rendimiento del capital empleado para derivar anualidades, estas anualidades no evolucionan de manera

fluida: la anualidad es muy sensible a los ciclos de inversión (véanse las figuras en el anexo).

2. Contabilidad de Costos Actual (CCA)

El enfoque actual de contabilidad de costos es un método que valora los activos a sus costos actuales de reemplazo en lugar de su costo original. Esta familia de métodos se puede dividir en dos enfoques:

a. *CCA-OCM (costo operativo de mantenimiento)*

Este método captura los cambios en los precios de los activos, por lo cual se llama método de depreciación de contabilidad de costos corrientes.

Este método tiene un serio inconveniente: contrariamente al método HCA, el método CCA-OCM no garantiza que los costos se recuperen exactamente, es decir, la suma de anualidades descontadas no es igual a la inversión inicial. Por lo tanto, si el precio de acceso se basa en este método, el precio de acceso a una infraestructura no está orientado a los costos (excepto en circunstancias muy específicas). Esta es la razón por la cual este método no es apropiado para el cálculo de la depreciación para fines regulatorios.

b. *CCA-FCM (costo financiero de mantenimiento)*

De forma similar al CCA-OCM, el método CCA-FCM tiene en cuenta los cambios en los precios de los activos. Al mismo tiempo, al contrario del método CCA-OCM, el método CCA-FCM asegura que los costos se recuperen exactamente. Esta es la razón por la cual los reguladores nacionales prefieren este método.

Sin embargo, como en el caso de HCA, el método no garantiza exactamente que las anualidades que enfrenta un operador evolucionan sin discontinuidad en el momento de reinversión, cuando los precios del activo están cambiando. (ver las figuras en el anexo).

3. Anualidad estándar

El enfoque de anualidad estándar consiste en calcular una anualidad que es idéntica cada año (aunque la proporción entre el cargo de depreciación y el costo de capital varía entre años) y se ajusta a los criterios de recuperación de costos. Por lo tanto, el enfoque estándar de anualidad calcula un cargo de depreciación creciente y un rendimiento decreciente sobre el capital empleado a medida que la anualidad se mantiene estable a lo largo del tiempo. Este método es apropiado cuando los precios de los activos y los volúmenes de productos producidos por los activos son estables a lo largo del tiempo. Cuando los precios de los activos cambian, los problemas identificados en el método HCA y CCA FCM también se encuentran.

4. Anualidad inclinada

La fórmula de anualidad inclinada es probablemente la fórmula de depreciación más utilizada para fines regulatorios. Incorpora una inclinación que permite que el cálculo

de anualidades evolucione de acuerdo con los cambios en el precio de los activos: si el precio de un activo aumenta en un 5% anual, las anualidades también aumentarán con un 5% anual.

Dicha fórmula envía señales apropiadas "*build or buy*" a los operadores del mercado. Facilita la replicación de los cargos anuales que un operador en un mercado competitivo enfrentaría. También es coherente con el "índice de precios" recomendado por la Comisión Europea para la valoración y amortización de activos de ingeniería civil reutilizables.³⁵

Aún más importante, las anualidades inclinadas permiten una evolución uniforme de los costos anuales a pesar de los cambios en los precios y los ciclos de inversión. Al final de la vida útil de un activo, es decir, cuando el activo necesita ser renovado, las anualidades calculadas con el método de anualidad inclinada serán similares justo antes y justo después de la renovación del activo. Por lo tanto, las anualidades evolucionan sin las discontinuidades que genera el enfoque de anualidad estándar.

Sin embargo, la anualidad inclinada puede no ser un buen indicador de la depreciación económica cuando el volumen de productos producidos por un activo no es estable o crece desde un nivel bajo. Este puede ser el caso para productos nuevos (que tienen una curva logística) o cuando la demanda está evolucionando rápidamente.

5. Anualidad inclinada ajustada

Es posible modificar la fórmula de anualidades inclinadas para calcular anualidades que tengan en cuenta la evolución del número de productos producidos por los activos. Esto se conoce como una "anualidad inclinada ajustada". Este enfoque usa la misma fórmula que en la anualidad inclinada, excepto que, en lugar de una anualidad total constante, se usa una anualidad de unidad constante (y la anualidad total varía con el número de productos).

La anualidad en este enfoque varía con el número de productos producidos por los activos y con la tendencia del precio. Cuando el activo produce un número bajo de productos (por ejemplo, FTTH en los primeros años cuando hay pocos clientes), la anualidad total es baja al principio y luego aumenta cuando aumenta el número de productos producidos (por ejemplo, cuando aumenta la tasa de penetración de FTTH).

El principal inconveniente de este método de depreciación es que requiere pronósticos sobre los resultados producidos durante un largo período de tiempo (por ejemplo, proyecciones de penetración del servicio FTTH). Como consecuencia, podría ser más subjetivo que otros métodos, pero depende de cómo se espera que sea la ruta de desarrollo, y puede ser un método más complejo de implementar. Sin embargo, tiende a dar mejores señales económicas que otros métodos de depreciación cuando el

³⁵ Comisión Europea, recomendación sobre "obligaciones consistentes de no discriminación y metodologías de cálculo de costos para promover la competencia y mejorar el entorno de la inversión en banda ancha", 11 de septiembre de 2013, ref C (2013) 5761, artículo 34.

número de productos producidos por un activo no es estable y se espera que cambie significativamente durante el período de pronóstico.

Criterio 26: El enfoque de depreciación de anualidades inclinadas se usará para todos los activos.

2.4.3 Gastos operacionales (OPEX)

2.4.3.1 Mantenimiento de la red

El modelo examinará los costos de operación en un nivel desagregado para garantizar que sean asignados a la parte correcta de la red. Solo los costos de red (al por mayor) deben incluirse en los incrementos de acceso y transporte. Cualquier costo relacionado con las actividades minoristas, como los costos de comercialización y venta al por menor, debe excluirse de estos incrementos.

Los costos de operación para actividades estrechamente relacionadas con la red incluyen provisión, mantenimiento, planificación e instalación de la red.

Se pueden implementar múltiples enfoques para derivar los costos de mantenimiento de la red para el operador modelado:

1. Un enfoque Top Down basado en los datos contables del AEP para el mantenimiento de la red de acceso, con los ajustes pertinentes para reflejar las ganancias de eficiencia a través de la transición de cobre a fibra.
2. Un enfoque de *benchmark* nacional de los costos de mantenimiento de la red de fibra, basado, por ejemplo, en un análisis de regresión de los costos de mantenimiento por línea, por falla, por número de nodos de acceso y posiblemente también por otros parámetros.³⁶
3. Un enfoque híbrido basado en un análisis funcional de la red de fibra: los factores de cada categoría de costos del mantenimiento de la red se identificarán y evaluarán. Esto podría basarse en los datos contables de los operadores de fibra (AEP y operadores municipales), así como en los contratos de los operadores de fibra con sus subcontratistas de mantenimiento, cuando los contratos se basan en eventos caso por caso.

El enfoque para los costos de mantenimiento se elegirá de acuerdo con la disponibilidad y la calidad de los datos recopilados del AEP y otras partes interesadas,

³⁶ Usar una gran cantidad de factores de costo de mantenimiento puede proporcionar más relevancia, pero hará que el análisis de regresión sea complejo y puede suponer un riesgo de "ajuste excesivo". Por esa razón, se requiere identificar la cantidad relevante de factores de costos.

así como dependiendo de la naturaleza de los costos de mantenimiento considerados y de la idoneidad de un modelo ascendente.

La coherencia con el Criterio 2 en el modelado de un enfoque Bottom Up se enfocará tanto como sea posible.

Se pueden considerar variaciones geográficas para las operaciones para reflejar las diferencias geográficas que influyen en el nivel de los costos de operación y mantenimiento, los posibles efectos de las diferencias de cambio climático, así como el tiempo de viaje para el personal o las implicaciones de una huella reducida.

Criterio 27: Con base en los datos recopilados y su calidad, los OPEX de mantenimiento de red se usan de primera mano de acuerdo con un enfoque *Bottom Up*, o alternativamente de acuerdo con un enfoque mixto *Bottom Up* y *Top Down* para salvaguardar que el modelo se basa en datos confiables para los costos de operación y mantenimiento.

2.4.3.2 *costos indirectos y no relacionados con la red*

Es difícil determinar si las actividades que componen los costos operativos se relacionan con la red de acceso, la red de transporte o ambas. Para ciertas actividades de costos operativos, un problema adicional es que solo están vinculadas indirectamente a la red: representan los costos indirectos de la red o los costos generales. Dichos costos operativos comprenden, entre otras cosas:

- Transporte, cuando no está directamente relacionado con el personal que interviene en la red,
- Alojamiento relacionado con edificios de oficinas,
- Planificación de red y optimización de red,
- Costos de IT para administrar la red y para los empleados de la compañía,
- Gerencia general, incluyendo el departamento de finanzas, recursos humanos, senior management, etc.,
- Costo específico mayorista, es decir, los costos del personal involucrado en facturación de interconexión y gestión de productos de servicios mayoristas.

Estos costos son principalmente costos fijos a corto y mediano plazo y no deben variar entre una red de cobre y fibra. Podrían estimarse a partir de los datos contables del operador SMP, de acuerdo con un enfoque Top Down. Sin embargo, se debe definir una metodología para establecer los criterios que se emplearán para la asignación de costos a los servicios, en otras palabras, para definir qué 'parte equitativa' de estos costos debe soportar cada servicio específico.

TERA identificó cuatro metodologías potenciales que podrían utilizarse para la asignación de estas categorías de costos:

- Margen equi-proporcional (EPMU por sus siglas en inglés, Equi-Proportional Mark-Up), que asigna los costos comunes e indirectos a los servicios proporcionalmente a sus costos incrementales. Este método es simple de implementar y se usa comúnmente;
- Capacidad efectiva: según este enfoque, los costos comunes e indirectos se asignan en función de la capacidad utilizada por cada servicio de acuerdo con un factor de costo relevante (capacidad en la hora punta, por ejemplo);
- Shapley-Shubik: este método consiste en establecer que el costo de un servicio sea igual al promedio de los costos incrementales del servicio después de revisar cada posible orden de llegada del incremento;
- Precios de Ramsey, que consiste en atribuir los costos comunes a los diferentes servicios, en función del costo marginal de producción relativo de los servicios y la elasticidad del precio.

Entre todos estos enfoques, el método de fijación de precios de Ramsey se percibe como el más relevante desde una perspectiva económica. Sin embargo, su complejidad y el alto nivel de datos involucrados en su cálculo limitan su uso en modelos de costos.

El método Shapley-Shubik se basa en las reglas de la teoría de juegos: consiste en establecer el costo de un servicio igual al promedio de los costos incrementales del servicio después de revisar cada posible orden de llegada del incremento. Esta regla de asignación de costos también se considera como un enfoque económicamente relevante y puede valer la pena considerarla porque brinda diferentes puntos de vista en comparación con las reglas técnicas tradicionales.

Sin embargo, esta regla de asignación presenta dos dificultades:

- Requiere una gran cantidad de cálculos que crece rápidamente dependiendo del número de incrementos que se deben considerar;
- Dado que la complejidad del enfoque crece más rápidamente con el número de incrementos, generalmente se consideran incrementos generales para simplificar el enfoque, tales como: incremento del servicio de voz, incremento de banda ancha, incremento de Internet Protocol Television y aumento de líneas arrendadas y servicios de datos. Con incrementos tan amplios, los enfoques tradicionales de asignación pueden seguir siendo necesarios para calcular los costos de servicios más pequeños (por ejemplo, para originar llamadas dentro del incremento de voz).

Alternativamente, el método de capacidad efectiva, que pertenece a la familia de 'reglas proporcionales' es un enfoque técnico tradicional que también se usa comúnmente y permite tener una asignación de costos específica de un servicio a otro.

Por otro lado, el enfoque EPMU es comúnmente utilizado como una solución considerablemente más práctica. Si bien este enfoque parece ser simple y práctico, también puede presentar algunas limitaciones, especialmente cuando los costos comunes y conjuntos representan una cantidad importante de la base de costos.

La mayoría de estos costos indirectos podrían dividirse entre las empresas mayoristas y minoristas, de modo que los métodos de asignación basados en la actividad se podrían utilizar para determinar su magnitud, a través de métodos EPMU basados en los ingresos.

En cuanto a los costos indirectos de la red, cabe destacar que se han utilizado dos métodos diferentes para ambos modelos.

Para el modelo de cobre, el enfoque EPMU se ha utilizado:³⁷

«Asignación de costos comunes (...) = EPMU;

Los costos comunes son recuperados como un recargo, esto es de forma proporcional a los costos totales sin recargos»

Por otro lado, en el modelo de costo de fibra, el método utilizado para los OPEX de red es el enfoque de capacidad efectiva:³⁸

«La metodología de Capacidad Requerida, por otro lado, equilibra, entre complejidad de implementación y causalidad del reparto. Es por esto que esta última metodología se considera más adecuada para el reparto de los costos comunes de la red de acceso. »

Con respecto al costo indirecto no relacionado con la red, el método de asignación de costos EPMU se adopta en el modelo de costo de fibra:³⁹

«Adoptado. Asignación de costos no comunes de rojo

Se usa un enfoque EPMU para la asignación de costos»

El mismo enfoque se usa en el modelo de cobre.

Criterio 28: los OPEX de red indirectos, así como los OPEX no relacionados con la red se evalúan a través de un enfoque Top Down. Una asignación proporcional EPMU se usará en el modelo.

³⁷ IFT (Analysys Mason), Informe para el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), Documentación de los modelos de costos de interconexión LRIC, octubre de 2016, página 19

³⁸ IFT (Axon), Documento Metodológico, Desarrollo del modelo de costos para la determinación de las tarifas de acceso a la red de fibra óptica del Agente Económico Preponderante (AEP), página 11

³⁹ IFT (Axon), Documento Metodológico, Desarrollo del modelo de costos para la determinación de las tarifas de acceso a la red de fibra óptica del Agente Económico Preponderante (AEP), página 11

2.4.4 Costo del capital circulante

La actividad de un operador de comunicaciones electrónicas requiere (o genera) salidas (o entradas) de efectivo para las operaciones diarias; esta cantidad de efectivo se define como "capital circulante". Consiste en el saldo neto de los usos operativos y las fuentes de fondos, que pueden ser positivos o negativos. En el día a día, puede haber un retraso entre el día en que se incurre en un costo y el momento en que se generan los ingresos destinados a recuperar este costo.

El capital de circulante puede generar ingresos (a través de intereses) cuando sea positivo. Pero también puede generar costos financieros para el operador cuando sea negativo. Es posible que estos ingresos y costos financieros deban tenerse en cuenta en los modelos de costos. El costo del capital circulante se deriva como la diferencia entre los activos corrientes y los pasivos corrientes (la diferencia es el capital circulante), que se multiplica por el WACC para obtener el costo del capital circulante.

Un operador de telecomunicaciones enfrenta diferentes tipos de costos que pueden generar capital circulante:

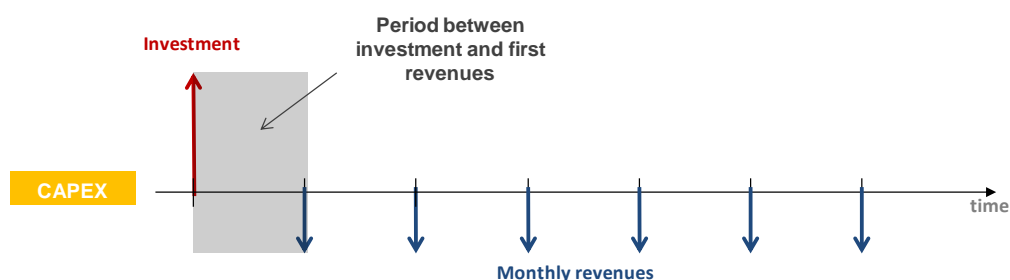
- Capex de red;
- Opex de red.

Los problemas de capital circulante generados por estos costos se analizan en detalle a continuación.

2.4.4.1 Capital circulante por Capex de red

Al realizar inversiones en redes, un operador generalmente comienza a generar ingresos de su activo varios meses después de que la inversión se complete (el efectivo generado puede utilizarse para financiar el negocio, reembolsar a los accionistas y los bancos). Este período, que va desde el pago de un activo hasta su primer uso operativo, genera capital de trabajo y algunas veces se lo denomina "tiempo de construcción" (el período de "tiempo de construcción" puede variar significativamente de un activo a otro).

Figura 12 - CAPEX de red y capital circulante (solo para fines ilustrativos)



Para los Capex de la red, el capital circulante está, por lo tanto, vinculado al período de "tiempo de construcción" que existe entre los pagos de inversión de la red y cuando la red comienza a generar ingresos. Por ejemplo, si hay un retraso de un mes entre el momento en que se completa la inversión y el tiempo en que se generan los ingresos, entonces es necesario tener en cuenta el costo mensual del capital (es decir, multiplicar las anualidades por el WACC mensual). Esto se puede hacer multiplicando cada anualidad por $(1 + \text{WACC})^{\text{tiempo para construir (en años)}}$.

Dado que la red se "construye de la noche a la mañana" (es decir, se considera que la red se despliega inmediatamente sin noción de duración del despliegue), con una toma de posesión inmediata y una operación completa, el capital circulante para el gasto de capital de la red no es relevante.

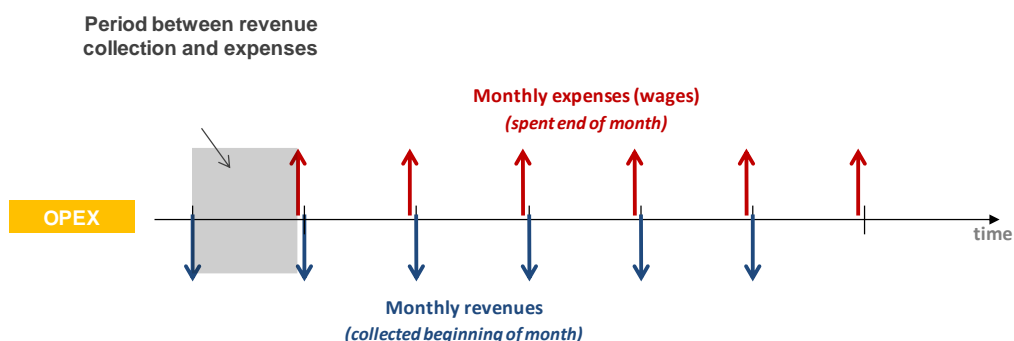
Criterio 29: El costo del capital circulante relacionado con los Capex de la red no se tendrá en cuenta para el operador hipotéticamente eficiente.

2.4.4.2 Capital circulante por Opex de la red

Para los costos operativos, puede haber un período de tiempo entre el pago del personal y los proveedores y la generación de ingresos. Por lo tanto, se pueden anticipar dos situaciones:

- El personal y los proveedores reciben el pago antes de que se obtengan los ingresos: el capital circulante es negativo y la empresa incurre en un costo;
- El personal y los proveedores son remunerados después de obtener los ingresos: el capital circulante es positivo y la empresa obtiene un beneficio.

Figura 13 – OPEX de red y capital circulante (solo para fines ilustrativos)



Comúnmente, el personal y los proveedores son pagados a fin de mes, mientras que los ingresos se reciben a principios de mes. Como consecuencia, el capital circulante de la OPEX de la red se considera positivo o al menos equilibrado.

Por lo tanto, se recomienda no tenerlo en cuenta. Esto es consistente con el enfoque adoptado en los modelos anteriores y cómo lo hacen los reguladores en otros países.⁴⁰

Criterio 30: El costo del capital circulante relacionado con los Opex no se tendrá en cuenta para el operador modelado

2.4.5 Recuperación de costos

La recuperación de costos es un principio clave en una metodología de costos. Garantiza que el AEP pueda cubrir los costos que se incurren de manera eficiente y recibe un rendimiento apropiado del capital invertido.

En una perspectiva de fijación de precios, los costos incurridos por un servicio dado se recuperarán mediante la demanda efectiva de este servicio.

En particular, el modelo identificará los activos cuyos costos no deben de ser recuperados por el cargo recurrente del servicio (si lo hay). Por ejemplo, los costos incurridos en la activación de la línea por el buscador de acceso o las tarifas de conexión pagadas por el usuario final (pagos iniciales) se excluirán de la base de costos o se compensarán con un cargo correspondiente.

Además, el modelo identificará la porción de costos indirectos y comunes que se recuperarán de los servicios regulados.

El modelo obtendrá resultados de costos que garanticen que los costos no se sobre-recuperan ni se sub-recuperan. En particular, el modelo no tendrá en cuenta, para el costo de un servicio dado, los activos recuperados de otro servicio.

Para los servicios de acceso a la red, se debe prestar la debida consideración a:

- Los activos cerca de las instalaciones del usuario final: los activos que se benefician de financiación externa, en particular la parte privada de la acometida y el punto de terminación de la red, se identificarán a partir de los datos recopilados del AEP, otras partes interesadas y otras fuentes relevantes

⁴⁰ En su decisión de LLU y desagregación del Sub Bucle (SLU) en 2009, *ComReg* realizó una evaluación comparativa del tratamiento del capital circulante en varios modelos de costos internacionales, incluidos Australia, Francia y Suecia. *ComReg* concluyó que en estos países el costo del capital circulante se ha establecido en cero (*ComReg* - Decisión 0939).

- Los activos en el nodo de acceso: los activos desplegados para los servicios de acceso (por ejemplo, ODF) se identificarán y diferenciarán de los activos desplegados para la de transporte. Esto definirá la frontera entre el acceso y las redes centrales. Además, los activos propiedades de los solicitantes de acceso se excluirán a los efectos de la fijación de precios de los servicios de acceso.

En este contexto, el término "financiamiento externo" se refiere a todas las fuentes de ingresos/fondos que no sean el precio regulado derivado del modelo (tarifa mensual mayorista pagada por el buscador de acceso, terminación fija, entre otros). Puede consistir en:

- Tarifa única pagada por adelantado para la instalación de la línea, por el cliente final o por el operador alternativo
- Ayudas estatales o subsidios municipales diseñados para recuperar todo o parte de un determinado conjunto de servicios o despliegue de activos.

Cuando el cálculo del costo se basa en una huella que corresponde a una implementación impulsada por el mercado, las ayudas estatales y regionales deben excluirse de la base de costos que estará sujeta al cálculo de los resultados de costos para los servicios regulados.

Criterio 31: El modelo asegura la recuperación del costo eficiente para el acceso y los servicios básicos para el operador modelado. En particular, identifica los activos requeridos para proporcionar uno u otro servicio para definir la base de costos para el servicio, y no tendrá en cuenta los activos que se benefician de una financiación alternativa, como por ejemplo la ayuda estatal y los pagos del cliente final.

3 Descripción del modelo de acceso

Esta sección detalla la implementación técnica del modelo LRAIC. Tiene la siguiente estructura:

- La sección 3.1 proporciona una vista de alto nivel de la estructura del modelo;
- La sección 3.2 presenta la elaboración y el uso de las bases de datos geomarketing (cálculos fuera de línea);
- La sección 3.3 detalla los principios de dimensionamiento utilizados para diseñar las redes de acceso de cobre y fibra;
- La sección 3.4 detalla los cálculos que permiten derivar los costos de red y los costos por servicio.

3.1 Estructura del modelo

3.1.1 Visión general

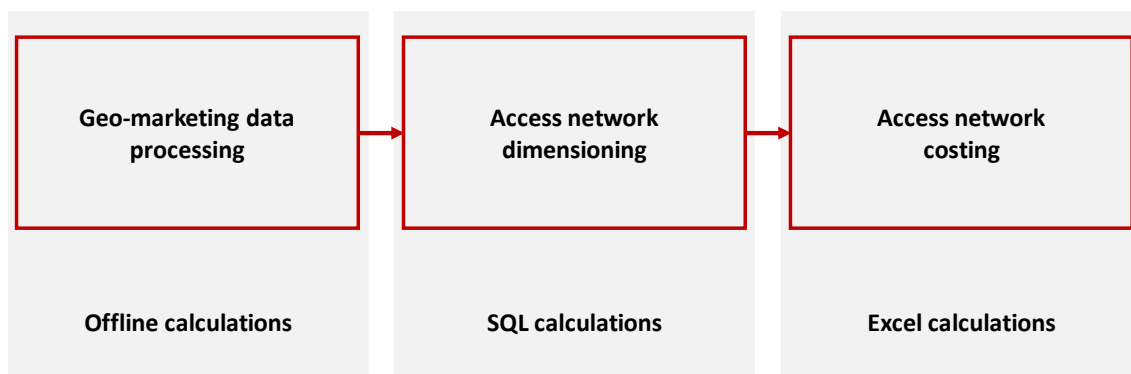
Esta sección describe la estructura básica y el funcionamiento del modelo de acceso.

El modelo de costo de la red de acceso estima los costos de todos los cables y zanjas asociados con las líneas de clientes para vincular a todos los clientes desde las instalaciones del cliente a un punto de concentración (PDP), y del punto de concentración (el término "Centrales" llama se emplean en este documento para denominar a la Oficina Central (CO) donde se encuentran los equipos activos. Esto se realiza para ambas tecnologías de acceso.

El modelo es una jerarquía de 3 módulos interconectados (ver figura siguiente):

- **Procesamiento de datos de geo marketing (cálculo fuera de línea):** tiene como objetivo determinar todas las rutas de cables desde los usuarios finales hasta los nodos de red (algoritmos de ruta más cortos). Incluye la interpretación de los nodos AEP/IFT, las bases de datos de carreteras y el análisis de direcciones. Se utiliza una herramienta de geo-marketing específica para realizar estos cálculos fuera de línea. Esta parte del modelo no está en consulta pública, pero se proporciona el resultado detallado para la revisión de la industria;
- **Dimensionamiento de la red de acceso (SQL):** en función del análisis de datos de geomarketing realizado en los cálculos fuera de línea, así como de la lista de activos disponibles y de las reglas de dimensionamiento, la red de acceso está dimensionada en este módulo (cables, ingeniería civil, etc.), que determina un inventario de activos de la red a desplegar. Debido a la gran cantidad de datos a tratar, el cálculo se realiza con SQL. Esta parte del modelo no está en consulta pública, pero se proporciona el resultado detallado para la revisión de la industria;
- **Costo de acceso a la red (Microsoft Excel):** una vez que se realiza el dimensionamiento, los costos se obtienen (multiplicando el recuento de activos obtenido en el módulo anterior por los costos unitarios). Luego se realiza la depreciación y asignación de los costos de zanjas entre las redes centrales y de acceso. La cantidad máxima de cálculos (incluido el cálculo de la inversión) se realiza en Microsoft Excel. Los costos de las redes de fibra y cobre se calculan en este mismo modulo. Este módulo está en consulta pública.

Figura 14 – Estructura e interacción del modelo



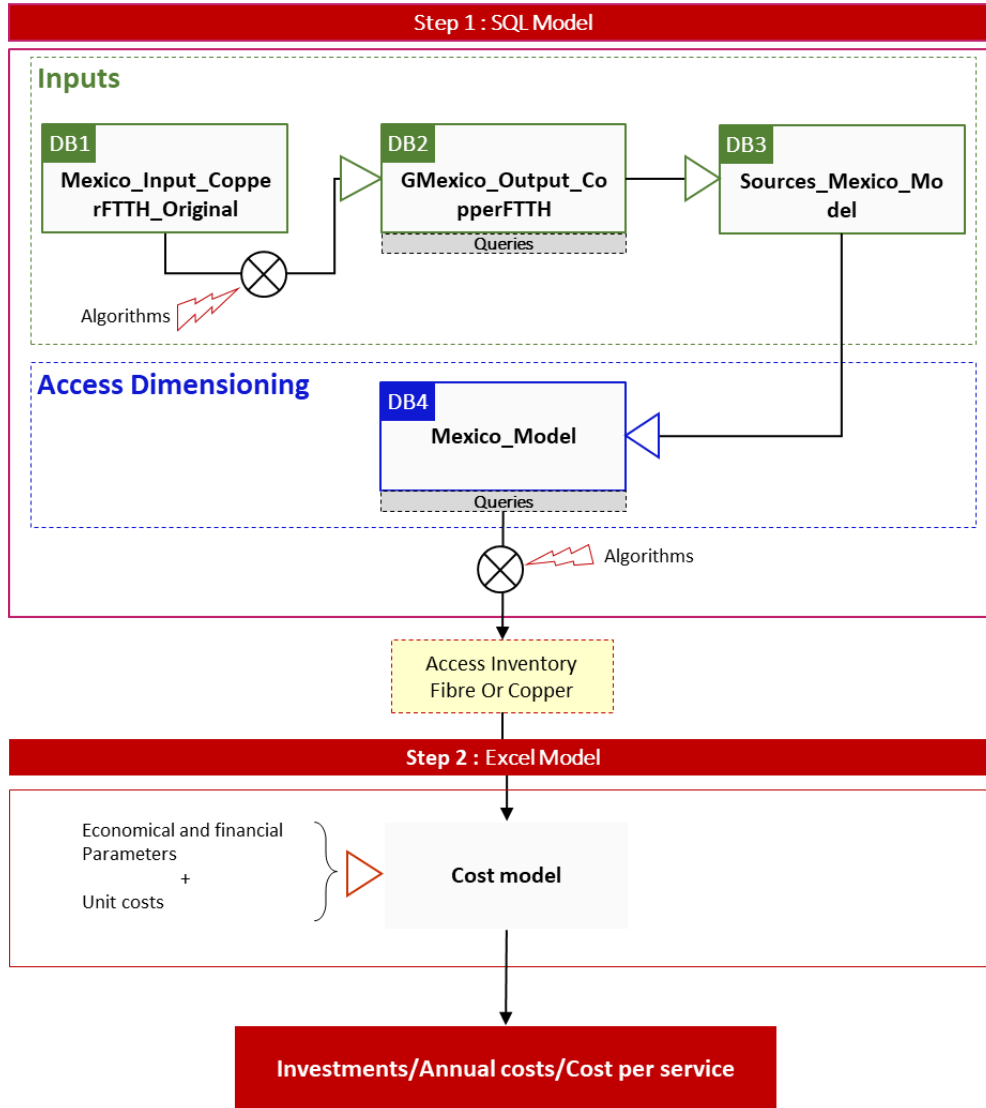
3.1.2 Estructura del archivo SQL

Esta sección proporciona una descripción general del modelo SQL.

La parte SQL está compuesta de 4 bases de datos:

- 3 bases de datos específicas para los insumos de red donde se describen y preparan las rutas/direcciones/secciones pertinentes;
- 1 base de datos que, al ejecutarse, calculará el dimensionamiento para el escenario relevante (es decir, deriva la cantidad necesaria de cada activo en cada sección de calle del país).

Figura 15 – Arquitectura general del módulo SQL



Las primeras tres bases de datos se utilizan como un búfer para estructurar la entrada de los datos de cálculos fuera de línea en el formato utilizado por la base de datos de modelo.

La primera base de datos contiene la totalidad de los datos resultantes del análisis geomarketing. Esta base de datos no contiene ningún algoritmo, y no se modifica durante los cálculos de SQL.

Esta base de datos contiene las siguientes tablas

Cuadro 5 - Descripción de las tablas - Base de datos 1

Table name	Description
PDPCOs	Tabla que describe todos los puntos principales de distribución y las oficinas centrales
_Source_Routes_PDP_CO	Tabla que identifica todas las rutas utilizadas para vincular los PDP a las oficinas centrales
_Source_Routes_Sections_PDP_CO	Tabla que describe el itinerario de las rutas utilizadas por el PDP a las rutas de la Oficina Central
_Source_Routes	Tabla que identifica todas las rutas utilizadas para vincular a los usuarios finales con un PDP
_Source_Routes_Sections	Tabla que describe el itinerario de las rutas utilizadas por las instalaciones a las rutas PDP
Address_All	Tabla utilizada para describir todas las direcciones del país
_Source_Sections_All	Tabla que describe todos los tramos viales del país

La segunda base de datos prepara y estructura las tablas anteriores, y también realiza el cálculo del ajuste de la huella (de una huella nacional hacia la huella de operación efectiva del AEP). Las tablas resultantes son utilizadas por el modelo.

Contiene las siguientes tablas.

Cuadro 6 - Descripción de las tablas - Base de datos 2

Table name	Description
Output_PDPCOs	Tabla que describe todos los puntos principales de distribución y las oficinas centrales
Output_Routes_PDP_CO	Tabla que identifica todas las rutas utilizadas para vincular los PDP a las oficinas centrales
Output_Routes_Sections_PDP_CO	Tabla que describe el itinerario de las rutas utilizadas por el PDP a las rutas de la Oficina Central
Output_Routes	Tabla que identifica todas las rutas utilizadas para vincular a los usuarios finales con un PDP
Output_Routes_Sections	Tabla que describe el itinerario de las rutas utilizadas por las instalaciones a las rutas PDP
Output_Address_All	Tabla utilizada para describir todas las direcciones del país
Output_Sets_Of_DropCables	Tabla utilizada para describir la parte de la red que está en propiedades privadas
Output_SectionsUsed	Tabla utilizada para identificar todas las secciones de carreteras relevantes para el escenario considerado
Output_Sections_All	Tabla que describe todos los tramos viales del país
List_Pdp_Fibre	Tabla que contiene la lista de PDP utilizada como entrada para reducir la huella de fibra
Link_CO_Estado_Municipio_Cible_Copper	Tabla que describe el vínculo entre los municipales y CO, así como la demanda específica para la reducción de la huella de cobre
Link_CO_Estado_Municipio_Cible_Fibre	Tabla que describe el vínculo entre los municipales y CO, así como la demanda específica para la reducción de la huella de fibra
Score_per_Sections	Tabla que describe el puntaje de cada sección utilizada para la reducción de la huella
Ranking_per_MUNICIPIO	Tabla que describe el ranking por Municipio de cada sección utilizada para la reducción de huella
Ranking_per_CO	Tabla que describe el ranking por CO de cada sección utilizada para la reducción de la huella

La tercera base de datos resume las tablas que usará directamente el modelo. Esta base de datos se crea a partir de la base de datos n°2 y de las consultas SQL de la base de datos n°4.

Contiene las siguientes tablas:

Cuadro 7 - Descripción de las tablas - Base de datos 3

Table name	Description
_Source_Routes	Tabla que identifica todas las rutas utilizadas para vincular a los usuarios finales con un PDP
_Source_Routes_Sections	Tabla que describe el itinerario en términos de secciones de carreteras utilizadas por la ruta
_Source_Routes_PDP_CO	Tabla que identifica todas las rutas utilizadas para vincular los PDP a las oficinas centrales
_Source_Routes_Sections_PD_PCO	Tabla que describe el itinerario en términos de secciones de carreteras utilizadas por la ruta
Addresses_All	Esta tabla describe todas las direcciones de la red considerada
PDPCOs	Esta tabla describe todas las oficinas centrales y PDP del escenario considerado
Sets_Of_DropCables	Tabla utilizada para describir la parte de la red que está en propiedades privadas

La cuarta base de datos es el núcleo del modelo; contiene todos los algoritmos necesarios para dimensionar la red de acceso. Utiliza la tercera base de datos como la principal fuente de insumos y almacena los resultados intermedios en sus tablas, que se presentan en la tabla a continuación.

Los parámetros del modelo también se almacenan en la cuarta base de datos.

Cuadro 8 - Descripción de las tablas - Base de datos 4

Table name	Description
Sections_Premises	Esta tabla contiene todas las secciones de la carretera relacionadas con las instalaciones de las rutas PDP
Sets_Of_DropCables	Tabla utilizada para describir y dimensionar la parte de la red que está más cerca de los edificios
Results_Wires_Copper	Esta tabla proporciona los resultados de cálculo para alambres de cobre
Results_Wires_Fibre	Esta tabla proporciona los resultados de cálculo para cables de fibra
Results_Cables_Copper	Esta tabla proporciona los resultados de cálculo para cables de cobre subterráneos
Results_Cables_Copper_Aer	Esta tabla proporciona los resultados de cálculo para cables aéreos de cobre
Results_Cables_Fibre	Esta tabla proporciona resultados de cálculo para cables de fibra subterráneos
Results_Cables_Fibre_Aer	Esta tabla proporciona resultados de cálculo para cables de fibra aéreos
Results_Ducts_Copper	Esta tabla proporciona los resultados del cálculo de los conductos de cobre
Results_Ducts_Fibre	Esta tabla proporciona los resultados del cálculo de los conductos de fibra
Results_Trenches	Esta tabla proporciona los resultados de cálculo para zanjas
Results_AerialLength	Esta tabla almacena los resultados del cálculo para la longitud aérea
Results_Aggregated_Assets	Esta tabla proporciona resultados agregados de la CO para los activos
Last_Results_Aggregated_Assets_C	Esta tabla almacena los últimos resultados de cobre de la tabla "Results_Aggregated_Assets". No se elimina al establecer un escenario diferente.
Last_Results_Aggregated_Assets_F	Esta tabla almacena los resultados de la última fibra de la tabla "Results_Aggregated_Assets". No se elimina al establecer un escenario diferente.

Cuadro 9 - Descripción de las tablas de parámetros - Base de datos 4

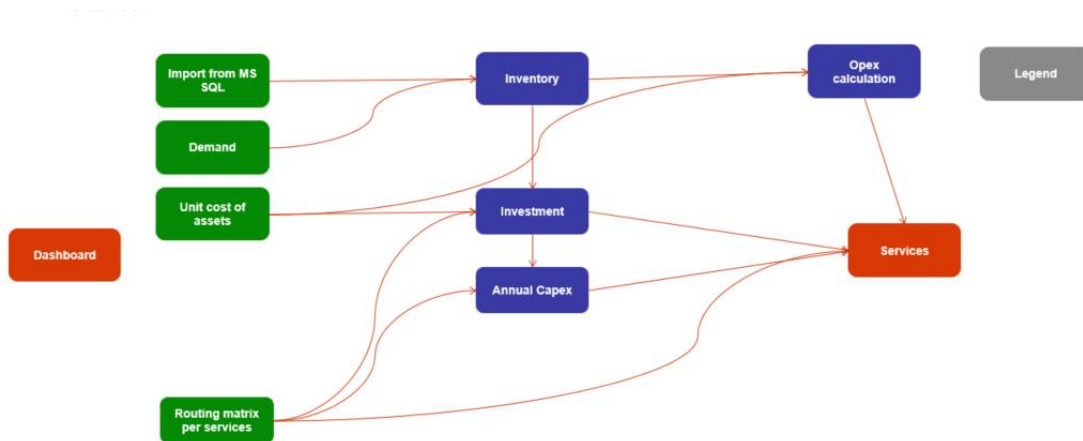
Table name	Description
Parameters	Tabla que contiene todos los parámetros específicos del escenario. Esto incluye parámetros para el escenario actual, pero también los valores de parámetros específicos para cada escenario.
Parameters_Technical	Tabla que contiene todos los parámetros que son independientes de los escenarios.
Assets	Tabla que describe todos los activos utilizados para el modelado. Esta tabla se reconstruye cada vez que se ejecuta el modelo (completado con el procedimiento A01b_FillAssetsTable).

3.1.3 Estructura del archivo de Microsoft Excel

El archivo de Microsoft Excel sólo usa la entrada del modelo de SQL.

La arquitectura de la parte de Microsoft Excel del modelo de acceso se muestra en la siguiente figura:

Figura 16 - Arquitectura del modelo Excel



Desde el *Dashboard*, es posible seleccionar el año del modelado y el escenario. Una vez que se ha seleccionado el escenario, el modelo proporciona todos los costos del servicio en la hoja de cálculo de "Resultados".

La parte del archivo de Microsoft Excel del modelo de costo de la red de acceso está compuesta por 12 hojas de cálculo principales:

Cuadro 10 - Descripción de las hojas de cálculo

Name	Description
Welcome	Esta hoja describe el modelo
Dashboard	Esta hoja contiene los principales parámetros del modelo
"Canalizaciones"	Esta hoja contiene el cálculo de los OPEX para "canalizaciones"
Import from MSSQL	Esta hoja contiene inventarios y métricas importadas del modelo SQL
Demand	Esta hoja contiene cálculos de demanda
Unit costs of assets	Esta hoja contiene la lista de activos de la red de acceso
Routing Matrix per services	Esta hoja contiene la matriz de enrutamiento para servicios
Inventory	Esta hoja contiene el inventario de la red
Investment	Esta hoja contiene la inversión de la red
Annual Capex	Esta hoja contiene el costo anual de la red
OPEX Calculation	Esta hoja contiene el cálculo OPEX
Services	Esta hoja resume los costos anuales totales por tipo de activos y costos unitarios por servicio

Para facilitar la revisión del modelo, los siguientes colores se utilizan para marcar los diferentes pasos del modelado.

Cuadro 11 - Código de color

Color	Código
Verde	Hojas de entrada
Azul	Dimensionamiento
rojo	Resultados
Gris	Leyendas

¿

3.2 Análisis geomarketing

Los datos de geo-marketing son un insumo clave del modelo. Se requieren varios pasos preliminares para estimar la demanda de acceso a partir de estos datos:

- Recoger los archivos de referencia;
- Trabajar en la base de datos de la red de carreteras;
- Trabajar en la base de datos de direcciones.

3.2.1 Archivos de referencia

Primero se agregaron los datos de topología de red presentados por el IFT con la cartografía de México. Se ha llevado a cabo un amplio trabajo de geomarketing (sobre los datos mexicanos proporcionados por las partes interesadas) con el fin de tener bases de datos limpias sobre las cuales se podrían realizar los cálculos.

La siguiente tabla enumera los archivos que han sido considerados como archivos de referencia para definir la demanda de la red de acceso (ver Figura inferior).

Cuadro 12 – Tablas de entrada para el análisis de geomarketing

Red	Tipo de archivo	Descripción	Fuente
Todas	GIS	Describe la red de carreteras a nivel regional y nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Marco Geo estadístico, diciembre 2017 (INEGI) • Red Nacional de Caminos 2017 (INEGI)
Todas	DB/GIS	<p>Para los recuentos de edificios residenciales y de viviendas amanzanadas, se utilizan las fuentes FTP INEGI Complemento \ IVLAYNE Nacional y "cat_localidad_ENE2018".</p> <p>Para edificios comerciales, se usa la base de datos DENUÉ.</p> <p>Para Manzanas, se utiliza la base de datos "Manzanas - Nacional".</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manzanas - Nacional; • "cat_localidad_ENE2018" • The "IVLAYNE Nacional"; • FTP INEGI Complemento; • The DENUÉ (Denué-nacional-shp-11-2017).
Cobre	xlsx	La ubicación de los nodos de acceso de cobre la proporciona el AEP en el archivo 6.	<ul style="list-style-type: none"> • «6. Anexo_Acceso-linea_de_cobre»
Fibra	xlsx	La ubicación de los nodos de acceso de fibra la proporciona el AEP en el archivo 7.	<ul style="list-style-type: none"> • «7. Anexo_Acceso-linea_de_fibra»

Se realizó un amplio trabajo preliminar para garantizar la coherencia entre todas las bases de datos proporcionadas.

3.2.2 Trabajo preliminar en la base de datos de la red de carreteras

Las bases de datos provenientes de "Marco Geoestadístico, diciembre 2017" y "Red Nacional de Caminos" brindan detalles sobre toda la red vial mexicana. Para garantizar la conectividad de la red de carreteras, se han requerido varios ajustes. Éstas incluyen:

- Eliminar las secciones de la carretera que no están conectadas a la red y donde no se encuentran edificios (por ejemplo, estadios, canteras, entre otros);
- Agregar secciones de camino para conectar secciones de camino aisladas con el resto de la red para asegurar la conectividad de la red y para conectar los edificios correspondientes (vea la figura siguiente). Estas secciones de camino aisladas están conectadas con una línea recta (proyección ortogonal) al resto de la red.

Figura 17 - Ejemplo de sección de camino aislada para conectarse al resto de la red

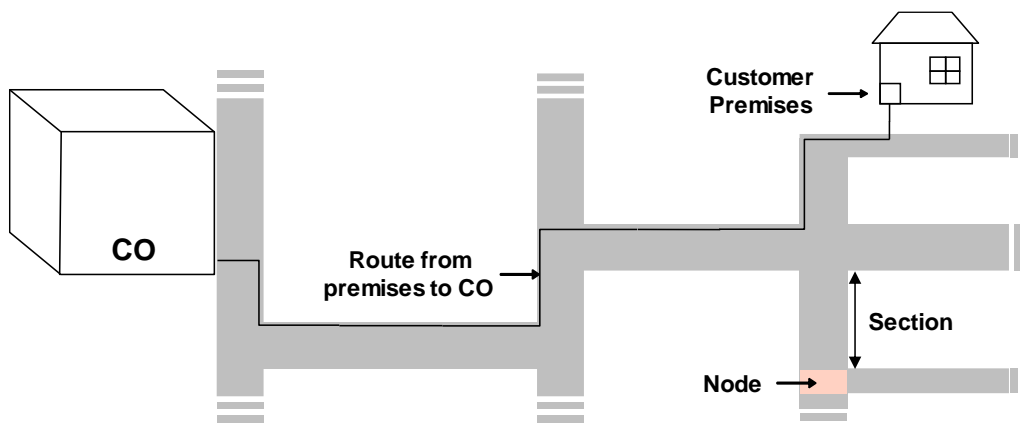


¿

Durante el modelado, todas las viviendas se agregan para llegar a la CO siguiendo la red de carreteras.

La red vial final se ajusta en base a las bases de datos "Marco Geoestadístico, diciembre 2017" y "Red Nacional de Caminos", la información vial utilizada en el modelo consiste en secciones de caminos y nodos al final de cada tramo de carretera. Una sección de carretera es un segmento de carretera que no se cruza con ninguna otra carretera.

Figura 18 - Secciones de camino



3.2.3 Trabajo preliminar en la ubicación de los nodos

Las bases de datos que describen la ubicación de los nodos son provistas por el AEP en las bases de datos «6. Anexo_Acceso-línea_de_cobre» para nodos de cobre y «7. Anexo_Acceso-línea_de_fibra» para nodos de fibra.

En general, los nodos de fibra tienen la misma posición que los de cobre, lo que significa que las Centrales (CO) de fibra se han posicionado ex post en las mismas posiciones que los CO de cobre. Las dos listas de nodos se fusionaron para generar una lista PDP/CO global. Esta lista global es la principal estructura de nodos de la red del AEP, contiene alrededor de 130K PDP (no únicos) y un total de 8,437 CO.

El análisis de esta lista de PDP/CO muestra que muchos PDP/CO no tienen una posición geográfica identificada (no se proporcionaron X/Y para una cantidad de nodos). La posición de algunos PDP/CO se ha completado en base a la información provista en las dos listas (por ejemplo, para CO con coordenadas faltantes, el PDP asociado que tiene el número máximo de líneas instaladas se usa como CO, para PDP sin coordenadas, el Posición CO se usa). Siguiendo estas reglas, se han completado 409 casos.

Después de estos tratamientos, un número de 6,000 PDP todavía tienen una posición desconocida. Estos PDP se colocaron siguiendo un enfoque desde cero (*scorched earth*), es decir, se colocaron en el punto de la red más cercano al centro del promedio de las ubicaciones de los edificios para los mayores 6,000 PDP (con el mayor número de edificios).

La figura a bajo muestra los PDP alrededor del CO identificado como "NVZ". Las carreteras están codificadas por colores en función del PDP/CO más cercano. Se han colocado nuevos PDP en la coordenada promedio de los edificios atendidos por los PDP existentes.

Figura 19 - Colocación de nuevos PDP con posición desconocida



Además, dado que las listas de cobre y fibra se han fusionado, los nodos redundantes posicionados en la misma posición se han fusionado.

Por otro lado, los PDP que están a 20 m de distancia entre sí se fusionan para tener una base de datos limpia con PDP únicos y lo suficientemente lejos el uno del otro.

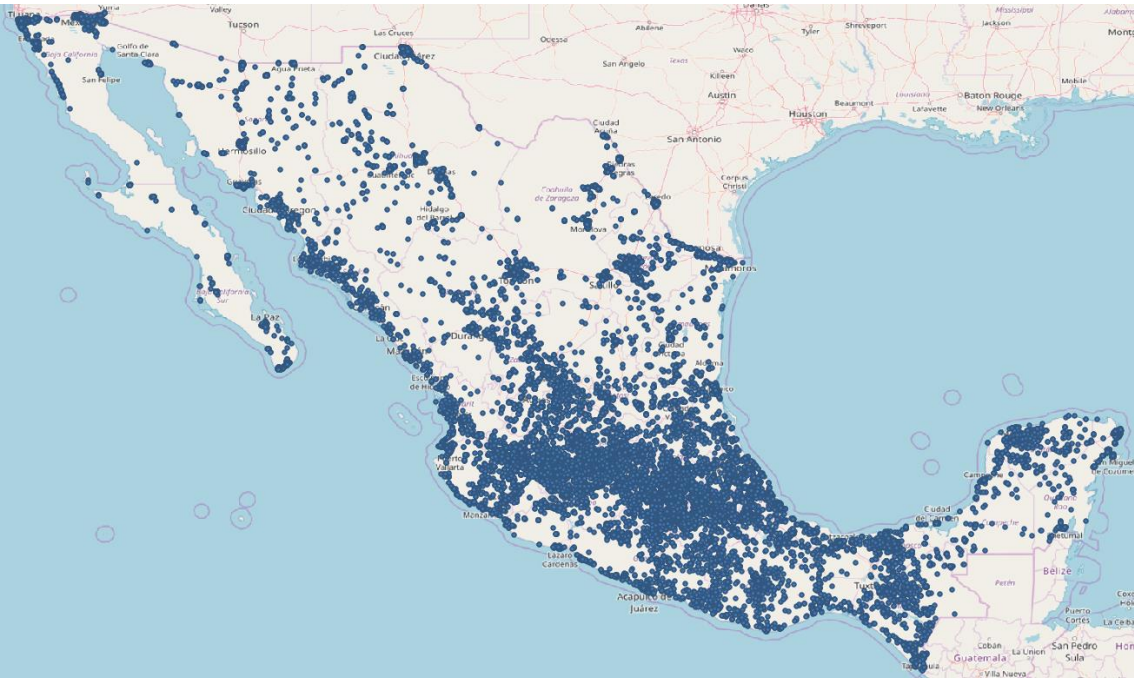
En cuanto a los CO, de los 8,437 CO únicos, 10 tenían ubicaciones coincidentes, 39 esta ubicados a menos de 100 m de otro CO y se fusionaron, y 2 CO tenían coordenadas desconocidas.

Finalmente, estos tratamientos dieron lugar a una cantidad total de 8,386 CO y 105,821 PDP que en realidad se consideran en el modelo.

Figura 20 - Distribución de los CO considerados en el modelo



Figura 21 - Distribución de los PDP tomados en consideración en el modelo

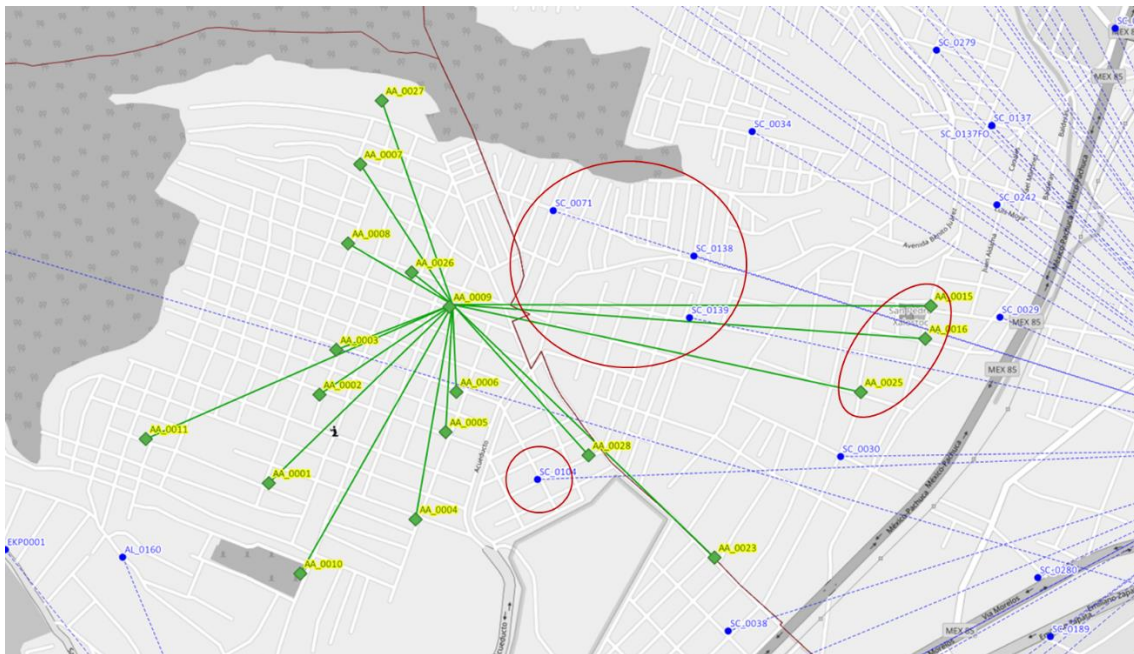


3.2.4 Trabajo preliminar sobre la correspondencia entre PDP y CO

El análisis de las listas PDP/CO proporcionadas por el AEP revela que los datos iniciales proporcionados contienen algunas inconsistencias con respecto a la asociación de los PDP a un CO que parecen ser ineficientes.

Un ejemplo de esto se puede ver en la figura a bajo que muestra que algunos PDP ('SC_xx') inicialmente asociados al CO 'SC_' estaban realmente dispersos entre los nodos del CO 'AA_'.

Figura 22 - Ejemplo de problemas de adaptación entre algunos PDP a algunos CO



Este tipo de "inconsistencias" proviene generalmente de la historia del desarrollo del AEP, dado que la red se ha desplegado progresivamente, siguiendo el crecimiento de las zonas urbanas, por lo que un diseño óptimo a un cierto momento puede resultar en ser ineficiente unos años después.

De acuerdo con el enfoque scorche node modificado que se adoptó, esas inconsistencias se corrigieron en las bases de datos resultantes con el fin de considerar un nivel de eficiencia más elevado, por lo que no se permiten superposiciones en las áreas de cobertura de CO.

Este ajuste se realiza cambiando la asociación entre PDP a CO, por ejemplo, los PDP AA_0015, AA_0016 y AA_0025 ya no están asociados al CO AA_ sino al CO SC_ y, de forma similar, los PDP SC_0104 y SC_0038 están asociados al CO AA_.

3.2.5 Trabajo preliminar en la base de datos de direcciones

Como se explica en la parte de principios metodológicos y conceptuales, las redes de acceso en el modelo CIPLP se dimensionan pasando todas las premisas del área que cubren.

La huella total y la distribución de edificios se identifica con base en las siguientes fuentes:

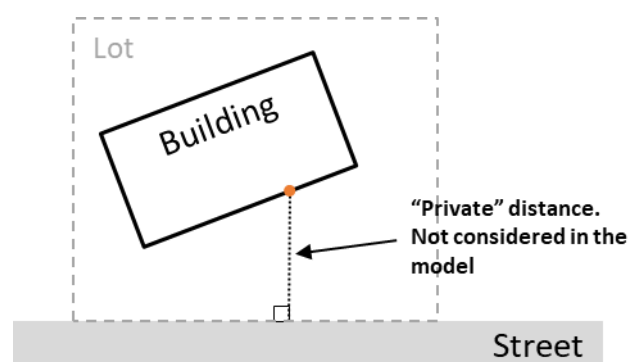
- Para el conteo de edificios residenciales y viviendas amanzanadas, se utilizan las bases IVLAYNE Nacional proporcionadas por INEGI;
- Para edificios comerciales, se usa la base de datos DENUÉ proporcionada por INEGI.
- Para Manzanas, se utiliza la base de datos "Manzanas - Nacional" proporcionada por INEGI.

El número de hogares se determina en función de la cantidad de viviendas contenidas en cada Manzanas que se distribuye a los edificios utilizando la base de datos IVLAYNE que contiene la ubicación de todos los edificios y sus tipos (residencial / comercial).

Sin embargo, la base de datos DENUÉ que contiene solo edificios comerciales con el número externo de cada edificio y el tamaño del negocio, este último se usa como un proxy para inferir el número de locales.

Una vez compiladas todas estas bases de datos, los edificios se proyectan a la sección de la carretera correspondiente y para cada edificio se establece la cantidad de hogares y lugares de trabajo.

Figura 23 - Proyección de direcciones en la sección de la carretera



Se debe tener en cuenta que, dado que los datos no son lo suficientemente detallados, el segmento "Privado" (distancia entre la sección de la carretera y el edificio) no se toma en consideración en el modelo y se establece en 0. Los edificios / direcciones se proyectan directamente a la sección de la carretera.

3.2.6 Ajuste de la huella considerado en cada escenario

Tal como se describe en la sección de principios metodológicos, la huella geográfica para costear la red del operador modelado es la del AEP. Esto significa que primero debe identificarse una huella nacional (completa) y restringirse al área de cobertura que sea relevante con respecto al estado actual de despliegue del operador modelado.

La identificación de la huella se realiza en tres pasos:

Primer paso:

Inicialmente, se establecen todos los edificios que sean relevantes para conectarse a la red que comprende residencias y ubicaciones comerciales. Esto determinará una red nacional con una cobertura del 100 por ciento.

Segundo paso:

Según el resultado del primer paso, que conecta todos los edificios identificados, la huella excluirá los edificios más costosos (estos edificios no están conectados a la red) mediante la eliminación de los puntos porcentuales de las líneas aprobadas que tienen el costo más alto para conectarse a la red moderna (el número de líneas pasadas se utiliza como la variable de control⁴¹). Esto establecerá una huella que es relevante para la fijación de precios de los servicios nacionales regulados.

Los edificios más caros que se descartan en el cálculo se determinan clasificando cada sección de acuerdo con la siguiente métrica, que se utiliza como un proxy para el costo incremental de cada sección a través de la ruta al nodo de acceso.

$$\sum_{\text{uplink sections}} \frac{\text{Length of the section}}{\text{Number of local + distribution lines using this section}} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Length of the section}_i}{\text{Number of local}_i + \text{distribution lines using this section}_i}$$

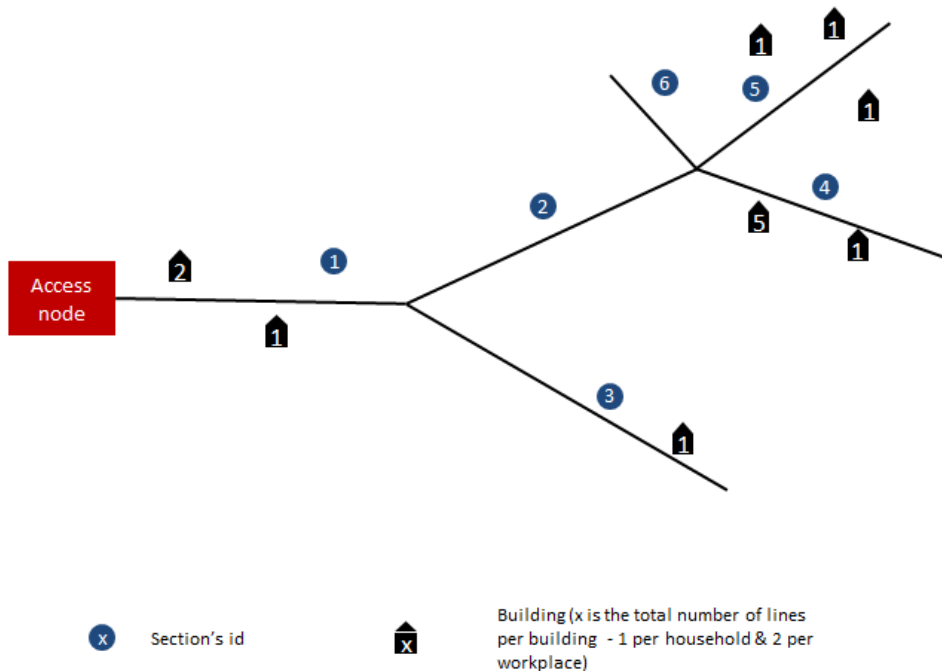
Para n secciones de enlace ascendente

Por ejemplo, en la cobertura del nodo de acceso esquemático en la figura a continuación, la puntuación de la sección 2 se determina de la siguiente manera:

$$\text{Puntuación sección 2} = \frac{L1}{2 + 1 + 1 + 5 + 1 + 1 + 1 + 1} + \frac{L2}{1 + 5 + 1 + 1 + 1 + 1}$$

⁴¹ La cantidad de líneas instaladas consideradas es proporcionada por el IFT con base en las estimaciones de INEGI para el escenario de cobre. Sin embargo, para el escenario de fibra, el número de líneas instaladas en los PDP de fibra se usa a nivel del CO (basado en la base de datos: "7. Anexo_Acceso-linea_de_fibra")

Figura 24 - Ejemplo esquemático de cobertura de nodo de acceso



Tercer paso:

El tercer paso consiste en determinar el umbral que indica las líneas caras (secciones) y eliminarlas de la huella que se utilizará en el modelo.

Este paso se lleva a cabo de manera diferente entre el escenario de cobre y fibra.

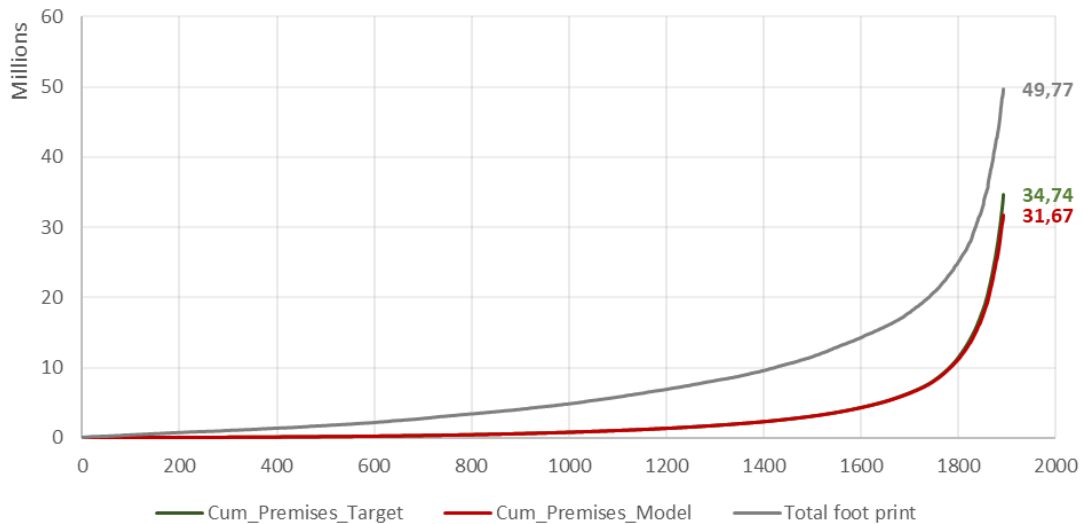
1. Para el escenario de cobre:

Con respecto al escenario de cobre, se considera una huella nacional: esto significa que todos los CO se toman en consideración, pero con un número restringido de edificios/locales por CO/municipio ya que el operador modelado es eficiente y no desplegaría todas las instalaciones sino solo en los más económicamente viables.

Se debe determinar un umbral para identificar los edificios (o secciones) económicamente más viables. Este umbral se determina a nivel de "municipio", lo que significa que considerando un número específico de locales por "municipio", las secciones se clasifican por "municipio" siguiendo el principio presentado en el paso 2 y el umbral se determina por "municipio" de modo que el número de locales por debajo del umbral sea menor o igual a la demanda total por "Municipio".

La demanda específica es proporcionada por el IFT de acuerdo con la estimación de INEGI (solo se consideran las líneas pasivas del AEP). La figura a bajo presenta una comparación entre el número de locales por "Municipio" realmente considerado en el modelo y los objetivos, ambas curvas se comparan con la huella total nacional.

Figura 25 - Número acumulado de locales por "municipio" - comparación entre los valores objetivo y los valores del modelo de cobre



El eje X describe los 'municipios' ordenados de 1 a 1893 en orden ascendente según el número de instalaciones objetivo

El número total de locales considerados en todo el país es de 49.77 millones (como resultado del tratamiento geomarketing de los datos SIG) y se ha reducido para corresponder a la demanda específica de 34.74 millones de locales.

El proceso de restricción de la huella ha llevado a una distribución de locales por "municipio" casi similar al objetivo (curva verde) que es muy comparable a la distribución de las instalaciones en todo el país.

Sin embargo, el número total de premisas resultantes del proceso de ajuste de la huella es menor que el número objetivo (31.67M vs 34.74M).

Esta inconsistencia surge debido a dos fenómenos:

- El primero es el proceso de puntuación de huella que establece puntajes sección por sección, por lo que las secciones resultantes de este proceso para ser consideradas en la huella no siempre tienen exactamente el mismo número acumulativo de locales que el objetivo (este podría ser el caso solamente si el proceso de puntuación se realizaría al nivel de edificios o cuando la sección de limitación tiene solo una premisa).

Cabe señalar que este fenómeno tiene un impacto limitado en comparación con el segundo punto (solo 14,843 locales se ven afectados por este fenómeno).

- El segundo fenómeno proviene de la combinación entre la demanda específica y la demanda de geomarketing, donde en algún "municipio", la demanda objetivo es mayor que la demanda real que se registra en el proceso de geomarketing.

En estos "municipio", la huella no se reduce y se considera el número total de locales resultantes del proceso de geomarketing.

Esto concierne 82 "municipio" de 1,893.

Al final, el número total de locales considerados en el modelo es de 31.7 millones y el número total de edificios es de 15.6 millones.

2. Para el escenario de fibra:

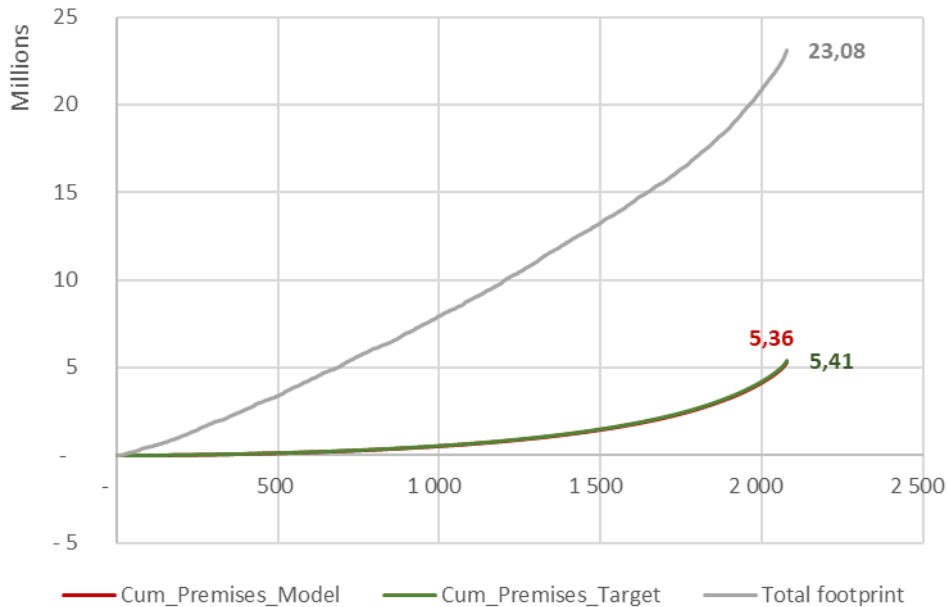
Dado que el despliegue de fibra en México es considerablemente más bajo que el de cobre, el costo de los servicios regulados por fibra no puede basarse en una huella nacional completa ni en una huella nacional restringida (como el cobre).

La huella que se considera tiene en cuenta el estado actual de la implementación de fibra al considerar solo CO donde se implementan los PDP de fibra y al limitar el número de instalaciones a las que se encuentran en el área posterior de los PDP desplegadas actualmente.

Teniendo en cuenta el mismo enfoque, pero utilizando una clasificación en al nivel de CO, este enfoque lleva al despliegue de PDP adicionales (además de los actuales) en la misma área que los PDP implementados actuales, de modo que la demanda total por CO no exceda la cantidad máxima de locales que existe en las áreas de cobertura actuales. Esto garantizará el despliegue de fibra en el área donde actualmente es más dinámica y al mismo tiempo desplegar solo las instalaciones económicamente más viables.

La siguiente figura muestra una comparación entre el número de instalaciones por CO implementadas en el modelo en comparación con el objetivo.

Figura 26 - Número acumulado de locales por comparación de CO entre los valores objetivo y los valores del modelo de Fibra



El eje X describe los CO ordenados de 1 a 2,079 en orden ascendente según el número de instalaciones objetivo

El número total de locales considerados en el modelo es de 5,357 millones y el número total de edificios es de 2,097 millones.

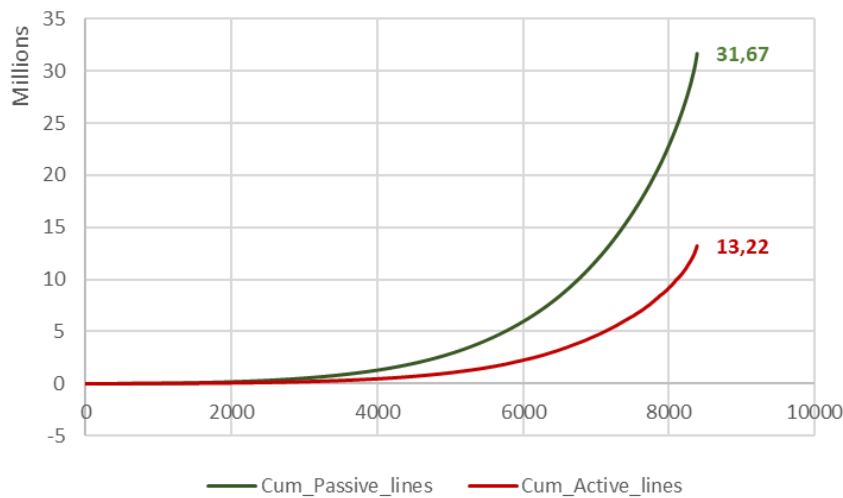
La diferencia entre el número de premisas objetivo y modelado en el modelo de fibra es muy limitada en comparación con el modelado de cobre. Esto se debe (como se explicó en la sección anterior) al proceso de puntuación utilizado en la restricción de huella que asocia las puntuaciones a toda la sección y no a los edificios.

3.2.7 Estimación del número de líneas activas en cada escenario

El número total de líneas de cobre activas se determina multiplicando el número total de líneas pasadas (es decir, instaladas), que se calculó en la sección anterior mediante el proceso de huella geográfica, por la tasa de penetración al nivel de CO proporcionado por el IFT.

Los detalles del cálculo se describen en la hoja de cálculo "Demanda" en el modelo de costo de Excel Access.

Figura 27 - Líneas activas y pasivas acumuladas consideradas en el modelo de cobre -
Número de líneas en el eje Y y Cos en el eje X



El eje X describe los CO ordenados de 1 a 8 386 en orden ascendente según el número de líneas pasivas.

Como se presenta en la figura anterior, el número total de líneas activas de cobre consideradas en el modelo de costo de cobre es 13,221,283 líneas, lo que lleva a una tasa de penetración global de aproximadamente 42% en México.

Debe notarse que los valores presentados en la figura anterior corresponden a las tasas de penetración de 2018.

El modelo se construye dinámicamente teniendo en cuenta la evolución de las tasas de penetración para futuras evaluaciones de líneas activas.

En la etapa actual del desarrollo del modelo, los valores constantes de las tasas de penetración se utilizan desde 2015 hasta 2018, por lo que el modelo no estima ninguna tendencia futura. Esto podría cambiarse en las celdas de entrada (verde) en la hoja de cálculo "Demanda".

Por otro lado, el modelo de fibra, según la misma metodología, considera las mismas tasas de penetración que el modelo de cobre, para determinar la demanda activa de fibra. Esto conduce a un total de líneas activas de fibra de 2.26 millones.

3.3 Diseño de red

Esta sección tiene como objetivo describir el proceso de dimensionamiento de la red de cobre y fibra. Al final del proceso de dimensionamiento, se determinan los recuentos de activos para la red de cobre y fibra.

3.3.1 Arquitecturas de cobre y fibra

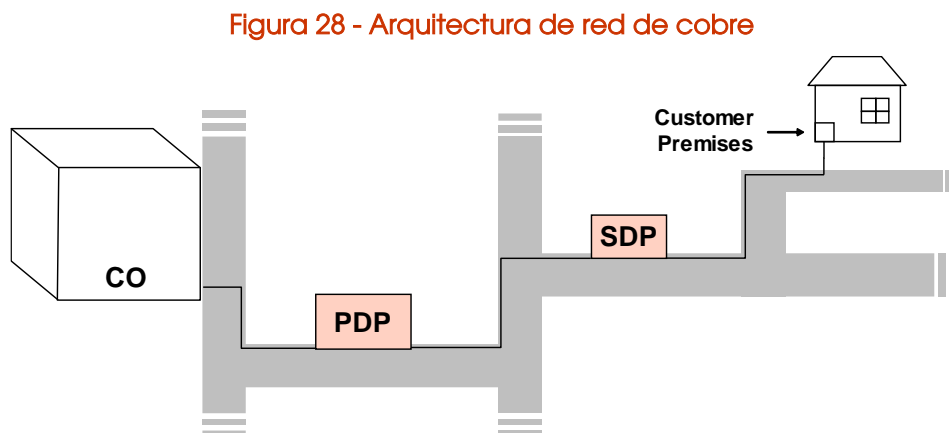
Dado que las tecnologías que se modelarán en México (el cobre y la fibra FTTH PON) se basan en una estructura similar que utiliza tres niveles en la red:

1. Red primaria: CO-PDP;
2. Red secundaria: PDP-SDP;
3. Acometida.

El modelo se basa en datos de entrada de geomarketing idénticos, que se usan de forma diferente según la red que se modele (fibra o cobre).

3.3.1.1 Arquitectura de cobre

Como se indica en la sección 2, la arquitectura de la red de cobre modelada del AEP incluye 3 niveles de nodos: CO, PDP y SDP.



En general, los SDP se ubican muy cerca del usuario final (la mayor parte del tiempo en la sección de la calle del usuario final). Como consecuencia, los SDP no han sido considerados en el tratamiento de los datos de geo-marketing, y se reubicaron con un enfoque bottom up.

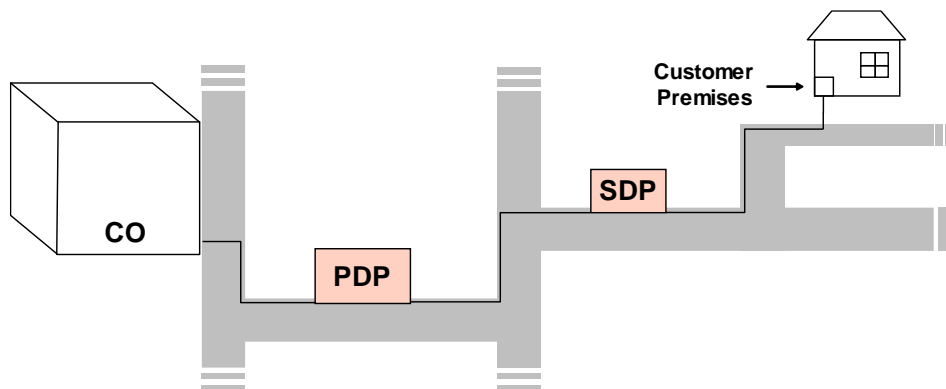
Las siguientes 2 rutas de camino necesitan ser determinadas:

- Usuario final/PDP;
- PDP/CO.

3.3.1.2 Arquitectura de fibra

La arquitectura modelada sigue la arquitectura de la red de cobre, es decir, las premisas se agregan en un SDP, los SDP se agregan a un PDP y los PDP se agregan a un CO.

Figura 29 - Arquitectura de red de fibra (solo para fines ilustrativos)

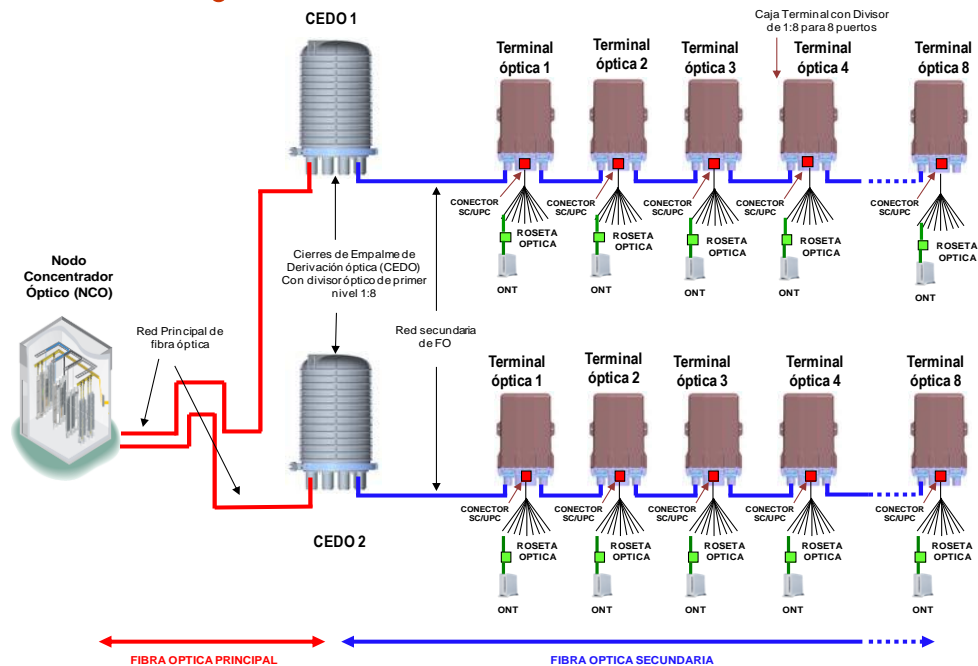


Según los datos proporcionados por el AEP y de acuerdo con los principios establecidos en la sección 2, la red de fibra se modela considerando una tecnología PON.

El modelo se basa en esta tecnología considerando dos etapas de división:

- En el nivel "Cierres de Empalme de Derivación Óptica" / PDP, la relación de división considerada es 1: 8;
- En el nivel "Terminal Óptica" / SDP, la relación de división considerada es 1: 8.

Figura 30 - Niveles de división de la red de fibra



Como se describió anteriormente, el despliegue de fibra en México todavía es relativamente limitado, por lo que una huella nacional no es adecuada para los costos de los servicios de fibra.

La huella está entonces restringida, de modo que las áreas de cobertura modeladas se corresponden tanto como sea posible con la realidad.

Como se mencionó anteriormente, la huella FTTH nacional inicial utilizada como punto de partida es idéntica a la red de cobre:

- Los ODF de fibra están ubicados en la misma ubicación que las oficinas centrales de cobre;
- Las PDP de fibra están ubicadas en la misma ubicación que las PDP de cobre.

Como consecuencia, el procesamiento de geo-marketing debe realizarse una vez para ambas redes, pero con una reducción de huella diferente.

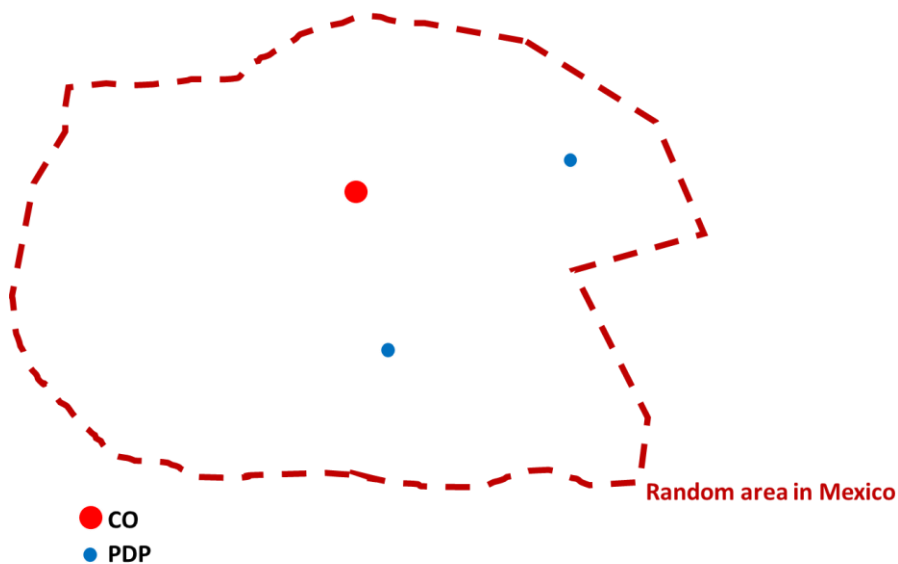
El siguiente párrafo presenta los principales pasos seguidos para tratar los aportes provistos por el AEP.

3.3.1.3 Procesamiento de geomarketing para ambas redes

Con base en la información proporcionada por el AEP, el punto de partida (paso 1) del algoritmo de gráficos es el siguiente:

- Se conocen ubicaciones de oficinas centrales y PDP;
- Se conocen los límites de las áreas de los CO: una huella nacional se considera como un primer límite global;
- Se deben determinar los límites de las áreas PDP.

Figura 31 - Gráficos de geomarketing (Paso 1: PUNTO DE PARTIDA)



Dado que se conoce la huella geográfica global de México, y la ubicación de los nodos (PDP y CO) es proporcionada por el AEP, el objetivo restante es identificar el área de cobertura de PDP/CO.

Con base en la figura de abajo (que representa una porción aleatoria de México que podría generalizarse a todo el país), el siguiente paso es asociar un área de cobertura y segmentos de carretera/calles a cada nodo.

El próximo paso (paso 2) es, por lo tanto, determinar las áreas de cobertura de PDP.

Cada sección de carretera dentro del área aleatoria debe estar conectada a un PDP. Se debe tener en cuenta que una sección de carretera se puede conectar directamente al CO. Como consecuencia, el CO también tiene un área 'PDP'. Cada sección de camino se asigna al PDP más cercano.

Figura 32 - Gráficos de geomarketing (Paso 2: DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS PDP)

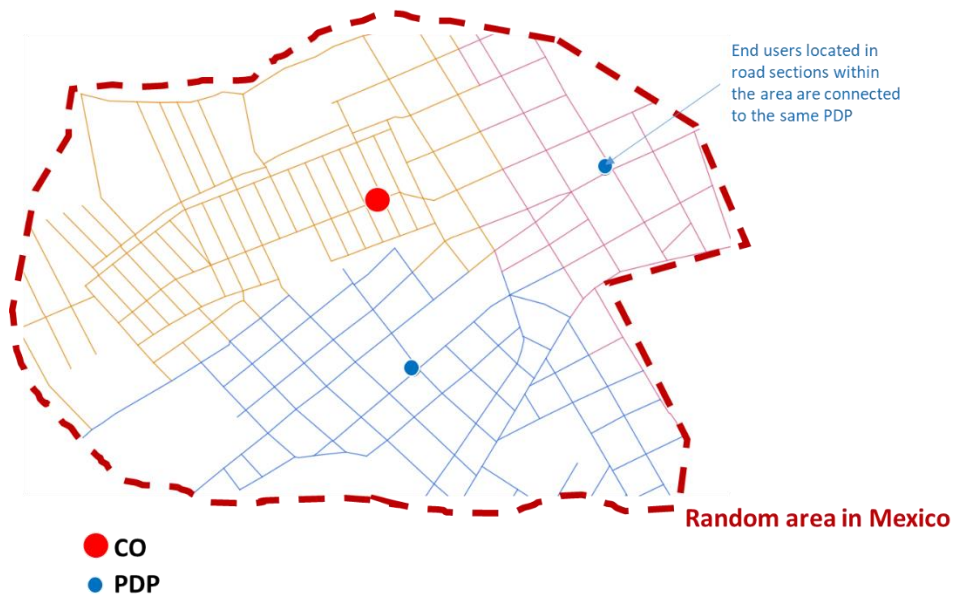
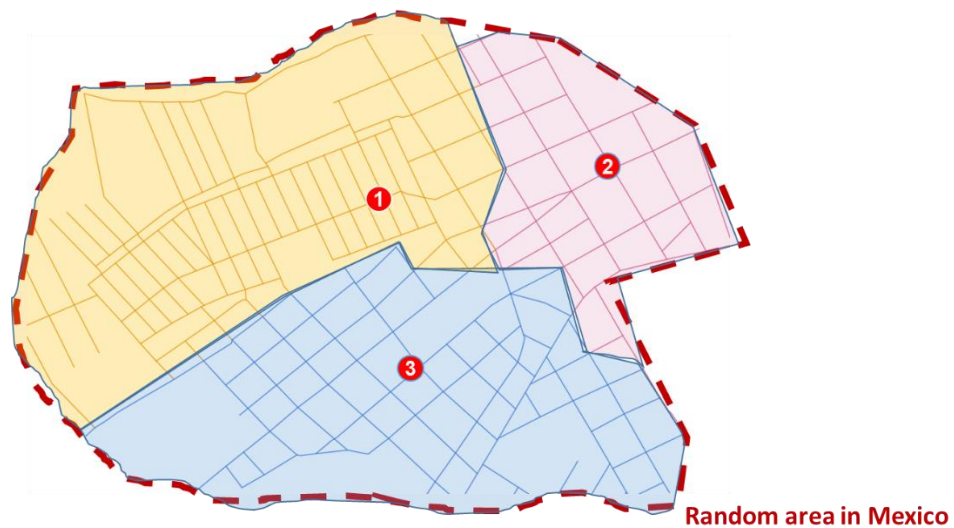


Figura 33 - El área de cobertura podría identificarse para cada PDPCO, la sección de carretera correspondiente también está asociada a cada PDP



Una vez que se han determinado las áreas de cobertura de PDP, el siguiente paso (paso 3) es determinar la ruta del "usuario final / PDP". Para cada sección de carretera dentro de un área de cobertura de PDP, se usa un algoritmo de ruta más corta para establecer la ruta desde cada sección de carretera hasta el PDP correspondiente.

Figura 34 - Gráficos de geomarketing (Paso 3: DETERMINACIÓN de las rutas de usuario final / PDP)

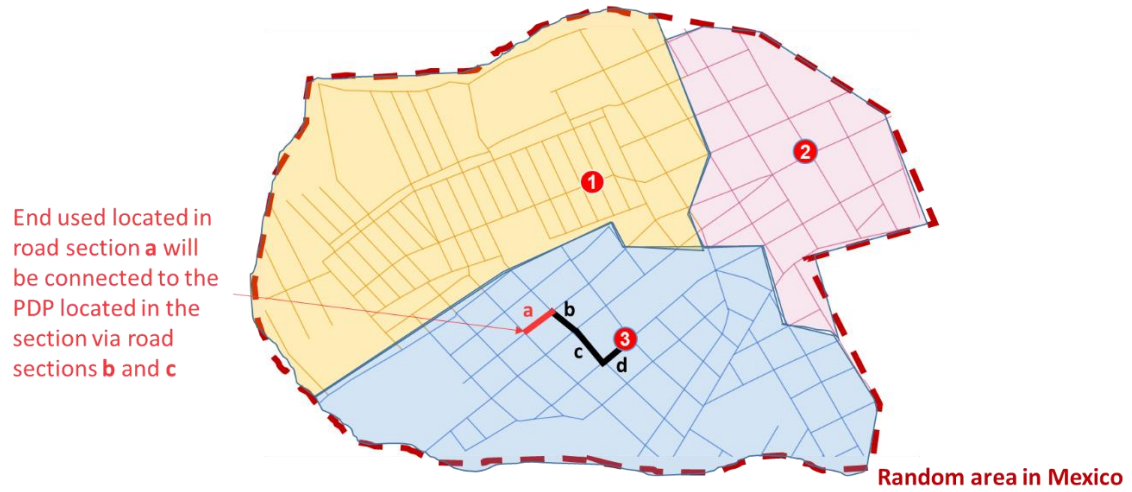


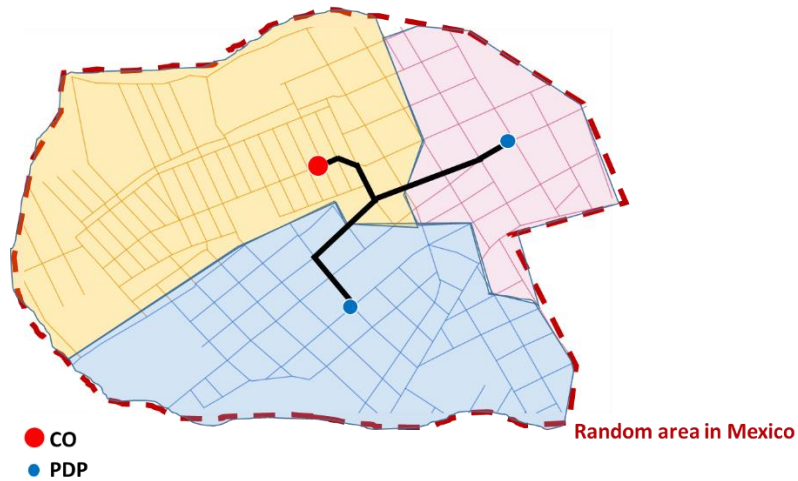
Figura 35 - Gráficos de geomarketing (Ejemplos de rutas de usuario final a PDP con fondo de mapa)



Leyenda: CO, diamantes en rojo - PDP, círculo en azul, Senderos en función de PDP-CO de los que dependen

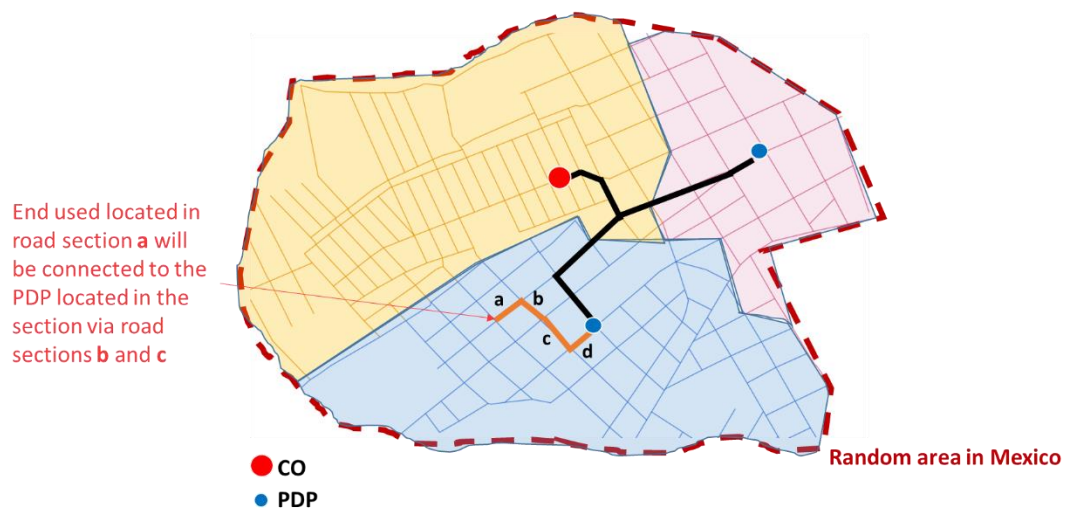
Luego, se usa un algoritmo de ruta más corta para establecer la ruta desde cada PDP al CO correspondiente.

Figura 36 - Gráficos de geomarketing (Paso 4: DETERMINACIÓN de las rutas PDP / CO)



Después del paso 4, las rutas de usuario final / PDP y PDP / CO se han determinado (es decir, se identificó la lista de secciones utilizadas por cada ruta).

Figura 37 - Gráfico de geomarketing (Ejemplo de rutas de usuario final a CO)



3.3.2 Despliegue de la red de cobre

3.3.2.1 Diferentes partes de la red modeladas

Desde las instalaciones hasta el CO, varios elementos deben ser modelados:

- El equipo requerido para unir la sección de la carretera con el SDP (referido como "Acometida"), que consiste en cables de cobre, zanjas / canalizaciones, pozos de registro y postes;
- El equipo requerido para vincular el SDP al PDP, incluido el SDP (denominado SDP / "Red Secundaria"), que consiste en cables de cobre, zanjas / Canalizaciones, pozos de registro, postes, cierres de empalme y puntos de distribución;
- El equipo requerido para vincular el PDP al CO, incluido el PDP (referido como PDP / "Red Primaria"), que consiste en cables de cobre, zanjas, registros, cierres de empalme y puntos de distribución.
- El equipo dentro del edificio, así como aquellos necesarios para conectar el edificio con la sección de la carretera (referido como Privado) no se modelan ya que estos segmentos de la red no están modelados.

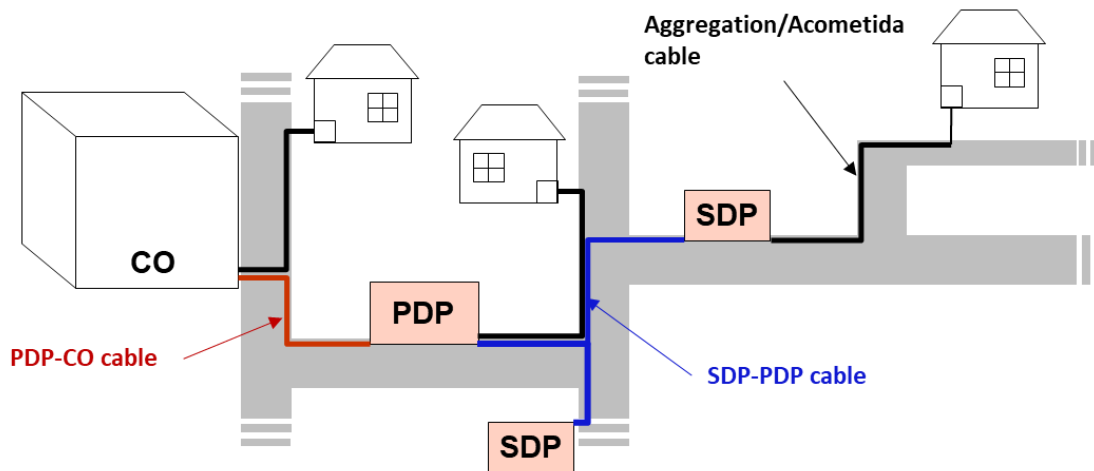
3.3.2.2 Cables de red de cobre

Varios cables, relacionados con diferentes partes de la red, tienen que ser dimensionados para una sección dada. Estos diferentes cables no se comparten, pero usan la misma zanja (o el mismo poste) en dicha sección.

Los cables incluyen:

- la acometida;
- el cable que conecta el SDP al PDP;
- el cable que conecta el PDP al CO.

Figura 38 - Tipos de cables que pasan por una sección



Para cada sección y cada categoría de cable, se debe entonces determinar lo siguiente:

- ¿Cuántos pares de cobre se requieren para cumplir con el nivel de demanda?
- ¿Cuál es el tamaño de cable más adecuado en función del número de pares de cobre?
- ¿Qué tipo de cable se debe usar?

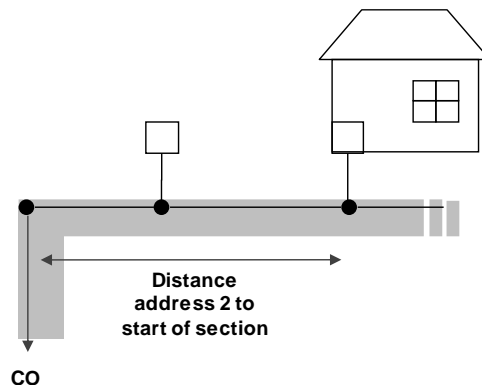
3.3.2.3 Acometida

Esta sección describe el costo de la acometida, que incluye los costos desde el edificio del cliente hasta el SDP.

El modelado se ha realizado en una base "por dirección". Por lo tanto, para cada sección de carretera, se ha determinado la posición de cada dirección, es decir, la posición relativa de la dirección al nodo de carretera que va al CO y el lado de la dirección (lado izquierdo o derecho de la carretera cuando se mira desde la extremidad más cercana al CO, ver figura inferior). Para cada dirección se ha determinado:

- La distancia entre la construcción de la dirección y la intersección de calle relevante;
- La cantidad de locales conectados para cada dirección.

Figura 39 - Posición de una dirección en el lado izquierdo de una sección de carretera



Un cable dedicado se extiende desde el SDP hasta las instalaciones.

El número de pares de cobre desplegados en la acometida depende de la cantidad de locales. Como se establece en las reglas de diseño provistas por el AEP, se instalan 2 pares por local: uno para cada servicio.

3.3.2.4 Parte del SDP: "Red Secundaria"

La parte SDP está compuesta por los puntos de distribución SDP, los cables y las zanjas relacionadas, pozos de registro, y postes entre el SDP y el PDP.

Ubicación de los SDP

Los SDP se modelan en Bottom Up (es decir, su ubicación no se basa en los datos del AEP). El proceso de cálculo agrega todos los conjuntos de cables de bajada al PDP.

Comenzando más alejado y moviéndose hacia el PDP, en cada ubicación de un edificio, se verifica si el número de locales a agregar (es decir, que ya no están agregados por un SDP), es igual o superior a 20. Si este es el caso, se instala un nuevo SDP.

Tamaño de los SDP

En el SDP, se considera que el 110% de los pares entrantes están vinculados al próximo PDP (se considera una capacidad adicional del 10% en la parte SDP (Red Secundaria)). El tamaño del SDP se determina entonces por la suma del número de pares de cobre agregados por este SDP (pares entrantes) y el número de pares salientes.

Cables SDP

Para una sección determinada, se considera que la longitud requerida para el cable SDP (cable que conecta los SDP a los PDP) es:

- La longitud de la sección si algunos cables SDP ya han sido agregados en secciones anteriores;
- la longitud desde el último SDP de la sección hasta el nodo más cercano al CO si la sección de la carretera es una "última sección" de la red (ver figuras a continuación).

Figura 40 - Distancia utilizada para SDP

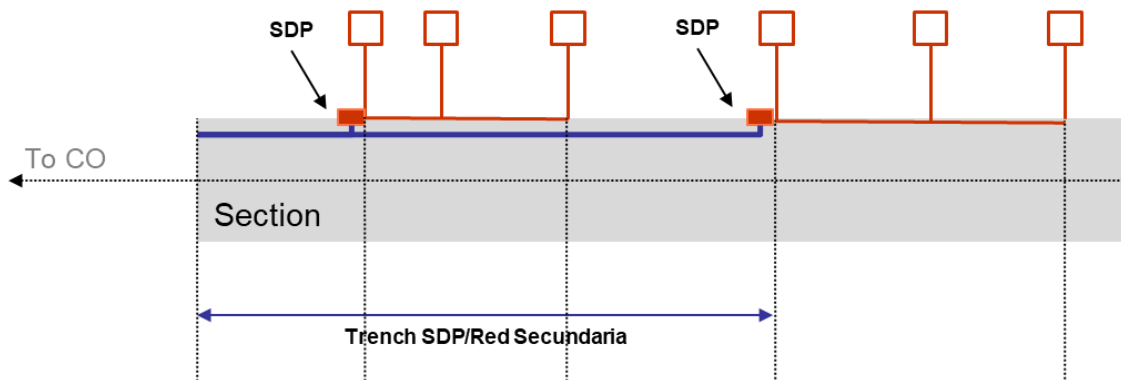
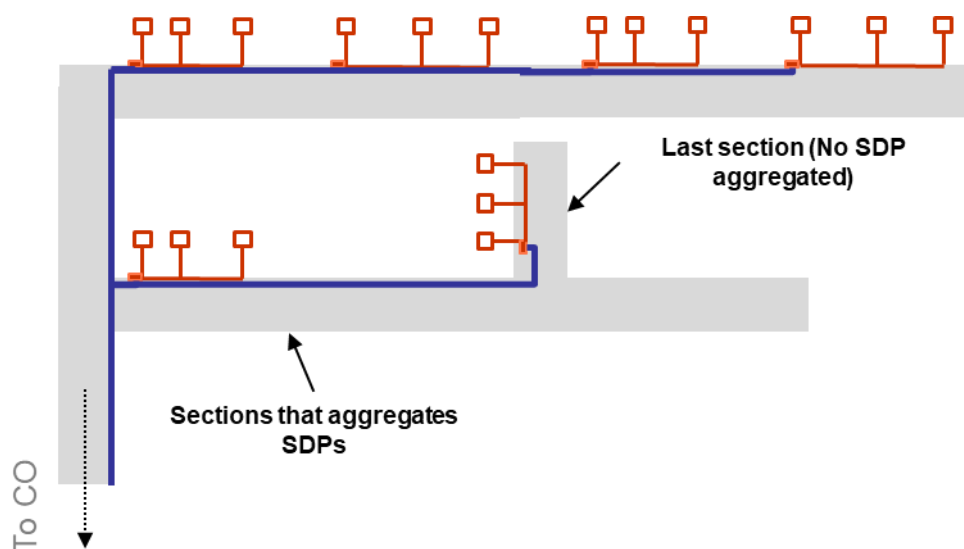


Figura 41 - "Última sección"



El tamaño del cable utilizado es la suma de todos los cables SDP entrantes en la sección más la suma del tamaño de todos los SDP de la sección.

La elección del cable es el más pequeño disponible con un tamaño mayor que el número requerido de pares de cobre. Si el tamaño requerido es más grande que el cable más grande, el tipo de cable utilizado es el cable más grande multiplicado por el redondeo del tamaño requerido dividido por el tamaño del cable.

3.3.2.5 parte PDP: "Red Primaria"

La red primaria se compone de PDP, cables y zanjas relacionadas entre el PDP y el CO.

Ubicación de los PDP

Las ubicaciones de PDP han sido provistas por el AEP. Se han localizado en secciones de la red. En caso de que muchos PDP estén presentes en una misma sección, se ha considerado que solo había un PDP presente y el otro se modeló como SDP si fuera necesario siguiendo las reglas de dimensionamiento del SDP.

Tamaño de los PDP

En el PDP, se considera que el 110% de los pares entrantes están vinculados al CO (se considera una capacidad adicional del 10% en la Red Primaria). El número de pares es por lo tanto el número de premisas agregadas por el PDP x 2 (pares de cobre por local) x 110% (pares seguidos por el SDP) para los pares entrantes, y el mismo número multiplicado por 110% para los pares salientes al CO.

El tamaño del PDP se determina entonces por la suma del número de pares de cobre agregados por este PDP provenientes de los SDP y el número de pares salientes.

Cables PDP

Para una sección determinada, se considera que la longitud requerida para el cable PDP (cable que conecta los PDP a las oficinas centrales) es la longitud de la sección.

El tamaño del cable utilizado es la suma de todos los pares de cobre PDP que transitan en la sección.

La elección del cable es el más pequeño para el cual el tamaño es más alto que el número requerido de cable de cobre. Si el tamaño requerido es más grande que el cable más grande, el tipo de cable utilizado es el cable más grande multiplicado por el redondeo del tamaño requerido dividido por el tamaño del cable.

Cierres de empalme PDP

Se instala un cierre en cada sección si la longitud de la sección es superior a 70 metros. El tamaño del cierre corresponde al tamaño del cable PDP.

3.3.2.6 Zanjas / "canalizaciones"

Las zanjas que siguen la red de carreteras se dividen en dos partes, la parte principal y la segunda. Una sección de camino puede tener varias configuraciones:

- (1) Acometidas solo en un lado de la carretera;
- (2) Acometidas en ambos lados de la carretera, pero con solo unos pocos en el segundo lado; o

- (3) Acometidas a ambos lados de la carretera.

El lado principal de la carretera para una sección de carretera se determina como el lado donde la longitud entre la primera y la última acometida es la más larga. El segundo lado es el otro.

Para determinar el cableado necesario para el segundo lado, el modelo determina si es más eficiente cavar todo el segundo lado y luego cruzar la carretera una vez (caso 3), o si es más eficiente cruzar la calle para cada caída cable (caso 2).

La longitud del segundo lado es, por lo tanto:

- En el caso 2, el ancho de la carretera se multiplica por la cantidad de cables de acometida;
- En el caso 3, la longitud entre el primer y el último cable de acometida más el ancho de la carretera.

La longitud del lado principal se establece como:

- La longitud entre el último cable de acometida y el nodo de la sección de carretera más cercana a la CO si la sección es una sección de borde de la red;
- La longitud de la sección si no es una sección de borde o si la sección es cruzada por un cable SDP o PDP.

Las zanjas no se modelan por separado de los conductos; se consideran juntos como un conjunto de zanjas + conductos llamados "canalizaciones". Hay 10 tipos de canalizaciones: cada una es diferente de la otra dependiendo de su capacidad en cantidad de conductos.

Se consideran dos tipos de canalizaciones dependiendo del tipo de suelo:

- "En Banqueta": usado a lo largo de las carreteras;
- "Arroyo con Tráfico Pesado": utilizado al cruzar carreteras, este tipo de canalizaciones deberían ser más resistentes al paso de automóviles y vehículos.

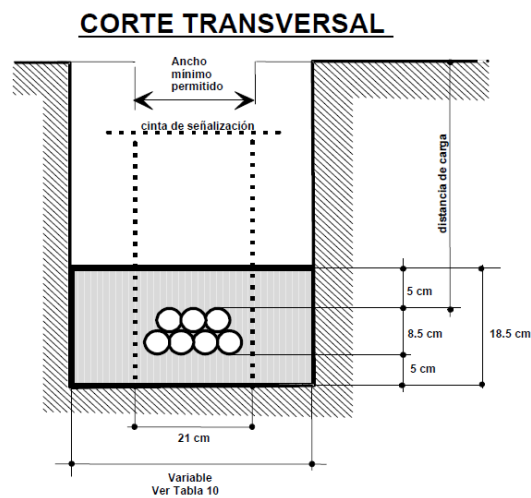
Para cada suelo, se despliegan 10 tipos de canalizaciones.

Cuadro 13 - Tipos de "Canalizaciones" utilizados en el modelo

Tipo	Tamaño
2H4	2 ductos de 45mm
3H4	3 ductos de 45mm
5H4	5 ductos de 45mm
7H4	7 ductos de 45mm
15H4	ductos de
2H6	2 ductos de 60mm + 2 ductos de 45mm
3H6	3 ductos de 60mm + 4 ductos de 45mm
4H6	4 ductos de 60mm + 4 ductos de 45mm
3H8	3 ductos de 80mm + 4 ductos de 45mm
4H8	4 ductos de 80mm + 4 ductos de 45mm

La siguiente figura muestra la configuración de la canalización tipo 7H4.

Figura 42 - Ejemplo de "Canalizaciones" usadas como zanjas + conductos tipo 7H4



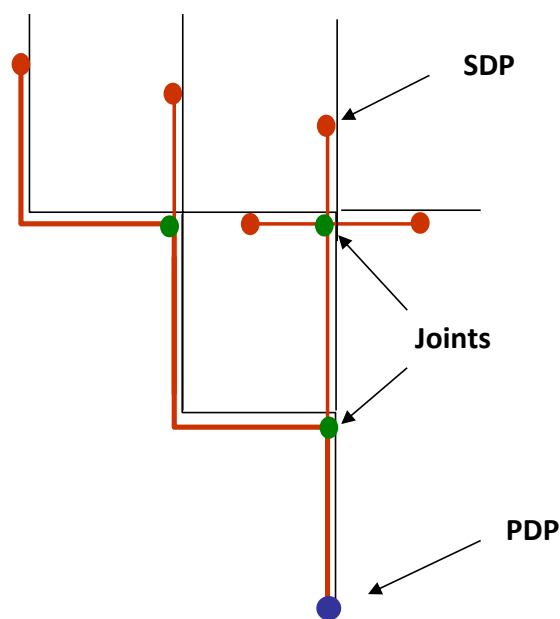
El tamaño de las canalizaciones está dimensionado por la superficie de los cables que deben pasarse. Se considera la superficie total de los cables, y las canalizaciones están dimensionadas para ser rellenas hasta el 80% de su superficie total por la superficie total de los cables.

3.3.2.7 Cierres de empalme

Las acometidas del SDP al edificio / a la dirección se consideran en un solo cable dedicado, por lo tanto, no se requiere un cierre de empalme entre el SDP y el edificio.

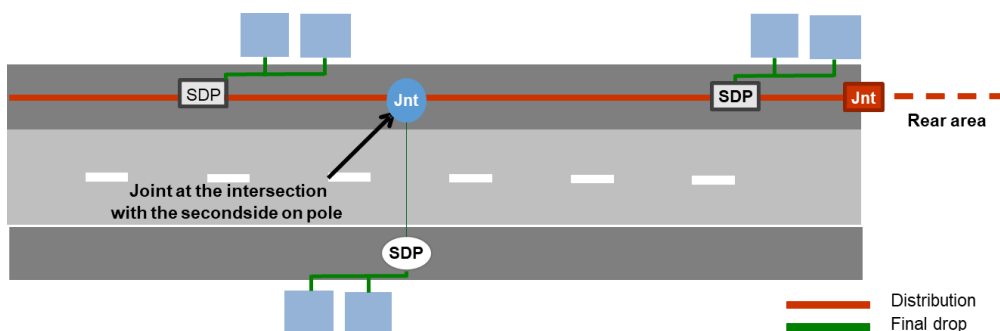
Desde el SDP hasta el PDP, se utiliza un cierre de empalme cada vez que se deben agregar dos cables como se muestra en la siguiente figura. Si la sección es inferior a 15 metros, no se instala ninguna junta.

Figura 43 - Juntas y agujeros de unión



Un cierre de empalme también se despliega en la intersección con el segundo lado. Estos cierres de empalme se despliegan en postes cuando la sección es aérea y en pozos de registro cuando está bajo tierra.

Figura 44 - Cierres en cruces



3.3.2.8 Bocas de alcantarillas (Pozos)

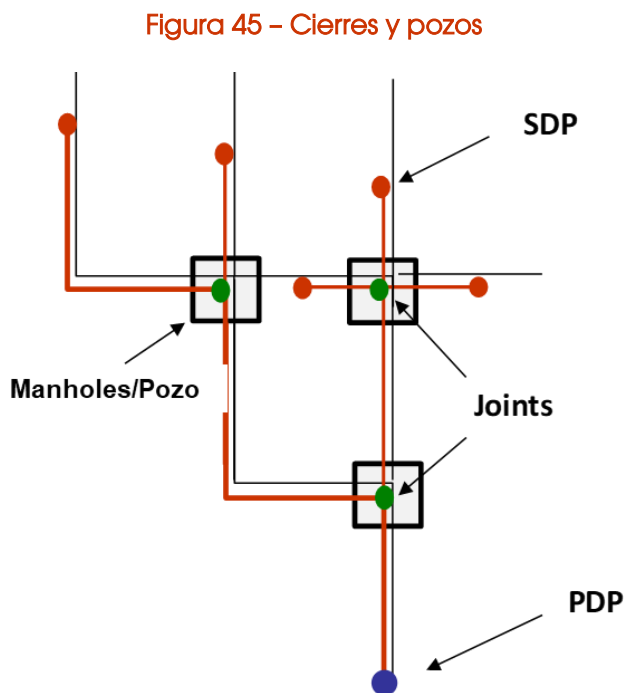
Un Pozo es una caja subterránea donde se instalan los cierres de empalme y se puede acceder fácilmente.

En el modelo, esta categoría de activos incluye un tipo de cámaras que se implementa en una red. En el cálculo se utiliza un costo unitario de pozo único y representa una configuración promedio.

Se determina el número de pozos de visita, de modo que la cantidad de equipos subterráneos, por ejemplo, comunes y transversales, podría ser de libre acceso.

Solo se despliega una boca de alcantarilla / "Pozo" por posición de junta, independientemente del número de uniones desplegadas en la misma posición.

Los pozos de registros se asignan siguiendo las mismas claves de asignación que los cierres de empalme.



3.3.2.9 Postes

Según las respuestas del AEP, la red primaria se construye principalmente utilizando infraestructura subterránea, mientras que la red secundaria y la acometida se implementan principalmente por aéreo.

Esto es consistente con el hecho de que la red primaria generalmente contiene una cantidad importante de cables de gran tamaño, ya que agrega los cables de la acometida y la red secundaria. Como la capacidad de los postes es limitada, no permite acudir cables de gran tamaño, por lo que la red principal se despliega completamente bajo tierra.

En la red secundaria y en la acometida, la red aérea está permitida si los cables en tránsito en la sección son más bajos que la capacidad máxima permitida.

La capacidad máxima permitida por aéreo es la combinación de dos parámetros de entrada:

- MaxPoleCapa, que es el tamaño máximo de cables permitido en la red aérea;
- MaxNbPoles, que es la cantidad máxima de cables (cuya capacidad es MaxPoleCapa) que se permite en la red aérea.

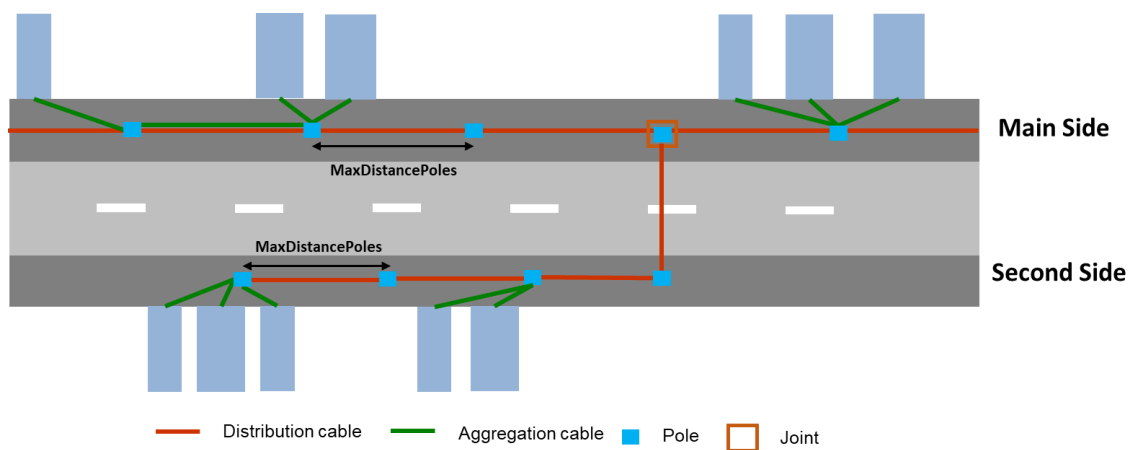
Por lo tanto, en la red primaria no se implementa red aérea mientras que en los otros segmentos se implementa cuando la cantidad de cable x su tamaño es inferior a MaxPoleCapa x MaxNbPoles.

Además, en la red aérea, los postes están desplegados en ambos lados de la sección.

Están ubicados según las siguientes reglas:

- Distancia máxima entre postes (el parámetro de control es "MaxDistancePoles");
- Equipo de cable aéreo (SDP, cierres de empalme), que debe desplegarse en los postes.

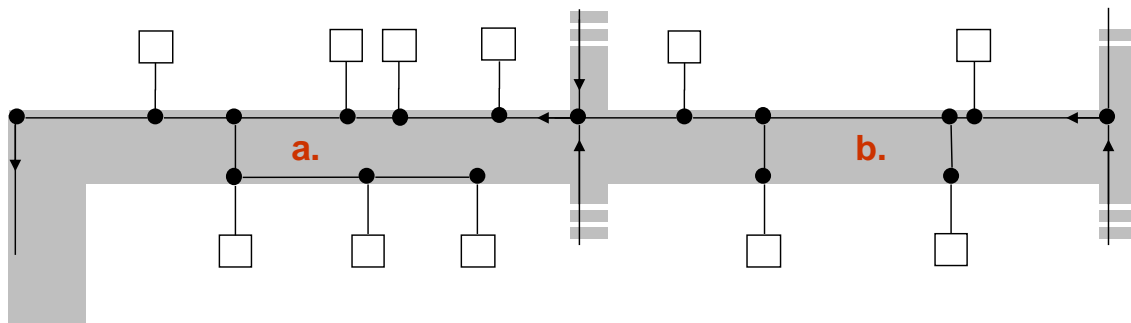
Figura 46 - Ubicación de los postes



3.3.2.10 Cálculo de longitud de zanjas / "canalizaciones"

Cuando se deben cavar zanjas / "canalizaciones" en ambos lados de la carretera, hay dos configuraciones principales para la longitud de las zanjas.

Figura 47 - Configuraciones de secciones de camino



El primer caso (a) corresponde a una situación en la que se cavan zanjas en ambos lados de la carretera, y luego se cruza la carretera una vez. El caso (b) corresponde a una situación donde se cavan zanjas en el lado principal de la carretera y luego, el camino se cruza una vez para cada dirección en el segundo lado.

Esto se calcula con el fin de minimizar la longitud de las zanjas excavadas, mediante el siguiente proceso:

1. Identificar en ambos lados la dirección más cercana a la CO y la dirección más alejada de la CO.
2. Identificar el número de direcciones en ambos lados.
3. Calcular para ambos lados la longitud requerida para conectar todas las direcciones al otro lado usando el caso (a), y el caso (b) (en el SQL referido como `Left_OneCrossLength` e `Left_ManyCrossLength`).
4. Identificar el lado principal, identificando la combinación más pequeña longitud izquierda + longitud derecha usando el valor descrito arriba (ver Tabla a bajo, determinando cuál de `a1`, `a2`, `b1` o `b2` es la distancia más pequeña) e identificando la estrategia de zanja (una cruz o muchas cruces) seleccionando la que minimiza la longitud. 4 longitudes están definidas:
 - a. `Left_OneCrossLength`: longitud de vincular todos los edificios en el lado izquierdo (distancia entre el último y el primer edificio) + cruzar la carretera una vez
 - b. `Left_ManyCrossLength`: longitud de cruzar la calle una vez por cada edificio en el lado izquierdo
 - c. `Right_OneCrossLength`: longitud de vincular todos los edificios del lado derecho + cruzar la calle una vez
 - d. `Right_ManyCrossLength`: longitud de cruzar la calle una vez por cada edificio en el lado derecho

Cuadro 14 - Determinación de la estrategia de zanjas

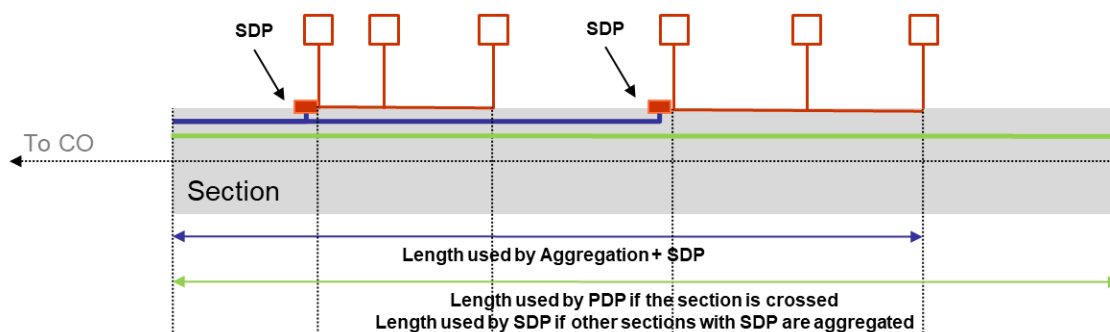
	1 (right is main side)	2 (left is main side)
A (One cross)	Left_OneCrossLength + Right length if main side	Right_OneCrossLength + Left length if main side
B (Many cross)	Left_ManyCrossLength + Right length if main side	Right_ManyCrossLength + Left length if main side

La longitud de la zanja en el segundo lado es entonces la seleccionada (la seleccionada en la Tabla arriba).

Debe tenerse en cuenta que el ancho de la carretera está ponderado por un factor con el fin de tener en cuenta el costo adicional de la construcción de túneles en comparación con las zanjas de los caminos. Este factor se calcula como la relación entre el costo de "canalizaciones en Arroyo con Tráfico Pesado" y las "Canalizaciones en Banqueta" utilizadas en el borde de la carretera.

En el lado principal, la longitud es la longitud generada al agregar las casas al siguiente SDP y el SDP al comienzo de la sección, o la longitud de la sección si la ruta es utilizada por una ruta 'PDP al CO' o si la sección agrega algunas otras secciones con los SDP.

Figura 48 - Longitud de la zanja utilizada por los diferentes niveles de la red



3.3.2.11 Asignación de longitud de zanja

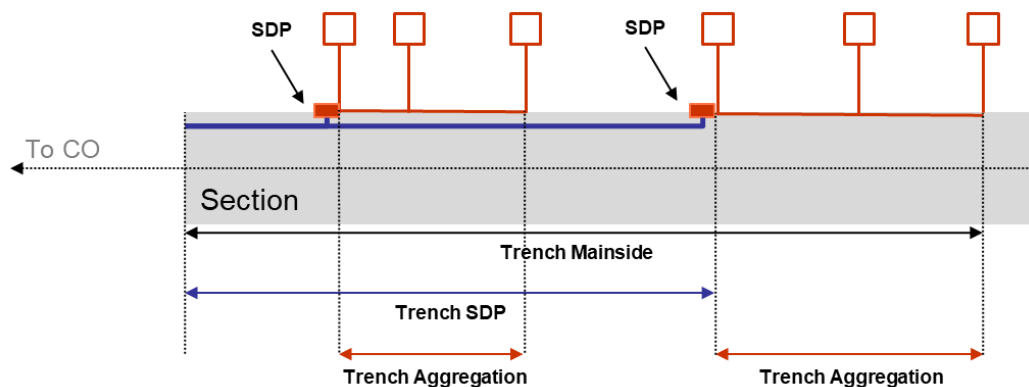
La longitud de zanja en el segundo lado se asigna entre la acometida y la red secundaria con base en las siguientes reglas:

- Si no hay ningún SDP instalado en el segundo lado, todo se asigna a la acometida;
- Si se instala un SDP en el segundo lado, se calcula la longitud de las zanjas utilizadas por la longitud del SDP, se calcula la longitud de las zanjas utilizadas por la acometida. La longitud total de la zanja se asigna en función de las proporciones respectivas de longitud.

Para el lado principal, se usa el mismo principio. Las distancias utilizadas se calculan de la siguiente manera:

- Si un enlace de red primaria usa la sección, la longitud de la red primaria es la longitud de la sección.
- Si la sección agrega una sección que tenía un SDP:
 - si la sección contiene un PDP, se utiliza la longitud del SDP al PDP
 - de lo contrario, se utiliza la longitud de la sección.
- Si la sección no agrega ninguna sección que tenga un SDP y tenga al menos un SDP:
 - Si la sección contiene un PDP, se utiliza la longitud máxima entre el primero y el último SDP y entre el SDP y el PDP;
 - Si la sección no contiene un PDP, se utiliza la longitud entre el último SDP y el comienzo de la sección.
- Si la sección no agrega ninguna sección que tenga un SDP y no se instala SDP en la sección, se usa 0 para la longitud del SDP.
- Para la longitud de acometida, se utiliza la longitud de las zanjas utilizadas entre las instalaciones y los SDP (ver figura a continuación).

Figura 49 - asignación de longitud de zanjas



Para la red de cobre, se considera que el 10% de las canalizaciones se comparten con la red de transporte.

3.3.3 Despliegue de la red de fibra

Los principios seguidos para implementar la red son globalmente similares a los de la red de cobre con pequeños ajustes:

- Se supone 1 fibra por local (según lo establecido por el AEP);
- Se usan cables de fibra en lugar de cables de cobre;
- Se utilizan DP de fibra en lugar de DP de cobre;
- Se utilizan subductos de fibra

Para los cables SDP y PDP, las reglas de cierres son las mismas que para la red de cobre.

Dado que se considera la tecnología PON, el equipo SDP es un divisor, que agrega 8 fibras.

En el nivel SDP, el número de líneas requeridas para pasar al PDP es el número de líneas agregadas divididas por 8. En el nivel PDP, el número de líneas requeridas para pasar a la CO el número de líneas agregadas divididas por 8 (1: 8 se usa como una relación de división para ambos niveles de división).

Para la red de fibra, se considera que el 10% de las canalizaciones se comparten con la red central.

3.3.3.1 Subductos

Dado que la red de fibra utiliza canalizaciones (como la red de cobre) en lugar de zanjas + conductos, no se consideran grandes conductos.

Para la fibra, los subductos se utilizan para proteger los cables de fibra, que a su vez están incrustados en canalizaciones.

Se consideran dos subductos de tipo, el tamaño está determinado por la superficie de los cables de fibra que deben pasarse. Se considera la superficie total de los cables, y los conductos están dimensionados para que se llenen hasta el 80% de su superficie total por la superficie total de los cables.

3.3.3.2 Cierre de empalme

Las acometidas del SDP al edificio / dirección se consideran un solo cable dedicado; por lo tanto, no se requiere un cierre de empalme entre el SDP y la construcción / dirección.

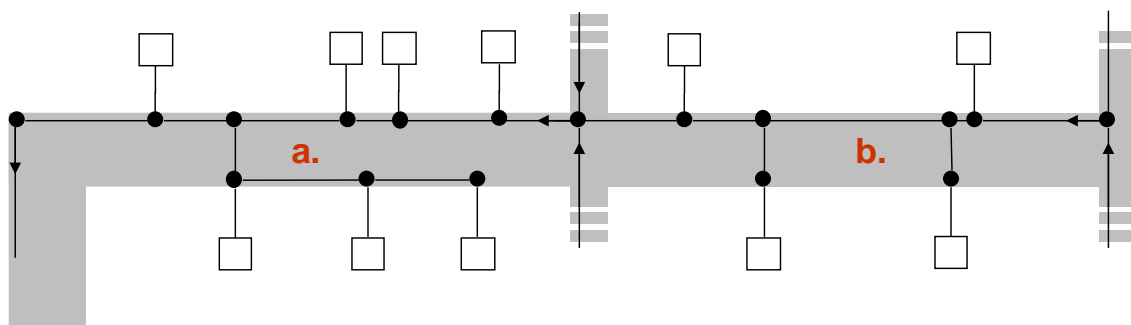
Desde el SDP hasta el PDP, se utiliza un cierre de empalme cada vez que se deben agregar dos cables.

Se instala un pozo de registro en cada cierre y cruce donde se instala un cierre. Un pozo se puede compartir para múltiples cierres.

3.3.3.3 Cálculo de la longitud de zanjas / "canalizaciones"

Cuando las zanjas deben ser excavadas en ambos lados de la carretera, hay dos configuraciones principales para la longitud de las zanjas.

Figura 50 - Configuraciones de secciones de camino



El primer caso (a) corresponde a una situación en la que se cavan zanjas en ambos lados de la carretera, y luego se cruza la carretera una vez, y el caso (b) corresponde a una situación donde se cavan zanjas en el lado principal de la carretera y luego, el camino se cruza una vez para cada dirección en el segundo lado.

Esto se calcula con el fin de minimizar la longitud de las zanjas excavadas, mediante el siguiente proceso:

1. Identificar en ambos lados la dirección más cercana a la CO y la dirección más alejada de la CO.
2. Identificar el número de direcciones en ambos lados.
3. Calculando para ambos lados la longitud requerida para enviar todas las direcciones al otro lado usando el caso (a), y el caso (b) (en el SQL referido como Left_OneCrossLength e Left_ManyCrossLength).
4. Identificar el lado principal, identificando la combinación más pequeña longitud izquierda + longitud derecha usando el valor descrito arriba e identificando la estrategia de zanja (un cruce o muchas cruces).

La longitud de la zanja en el segundo lado es entonces la seleccionada.

Debe tenerse en cuenta que el ancho de la carretera está ponderado por un factor con el fin de tener en cuenta el costo adicional de la construcción de túneles en comparación con las zanjas de los caminos. Este factor se calcula como la relación entre el costo de "canalizaciones en Arroyo con Tráfico Pesado" y las "Canalizaciones en Banqueta" utilizadas en el borde de la carretera.

En el lado principal, la longitud es la longitud generada al agregar las casas al próximo SDP, o la longitud de la sección si la ruta es utilizada por una ruta PDP al CO.

3.4 Evaluación de los costos

Esta sección describe los cálculos de costos usados dentro del acceso LRAIC y los modelos de costos de la red central.

Los cálculos de costos determinan las inversiones requeridas para construir las diferentes redes. Las inversiones se anualizan utilizando un cálculo de anualidades inclinadas, cuyos resultados se utilizan para determinar el perfil de recuperación del costo de capital para cada uno de los servicios modelados.

3.4.1 Insumos de costos unitarios

Los costos considerados como inversiones son los correspondientes a la compra de activos durables que se espera estén en uso por varios años. Los costos de operación son costos recurrentes.

Esta sección resume los principios generales utilizados para establecer los costos unitarios. Las entradas detalladas de costos unitarios se enumeran en el anexo.

3.4.1.1 Inversión

El costo unitario de capital para un elemento de red corresponde al costo incurrido para:

- Plan de despliegue del activo de red;
- Comprar una unidad de equipo;
- Instale esta unidad de equipo.

Los insumos de costos unitarios en el modelo se basan principalmente en la última información disponible del AEP (es decir, datos de 2018 si están disponibles) que es más probable que reflejen el poder de negociación de un operador que despliega una red nacional en México.

Como consecuencia, estos costos unitarios no corresponden a las listas de precios de los fabricantes, sino a las facturas del AEP (es decir, incluidos los descuentos).

Estos costos han sido ampliamente auditados y comparados con:

- El modelo LRAIC anterior;
- Datos de referencia;
- Datos suministrados por los operadores alternativos.

3.4.1.2 Tendencias de precios

Para evaluar las tendencias de los precios utilizados en la fórmula de depreciación, se han utilizado los insumos provistos por el AEP, a partir de la información de referencia o de los modelos anteriores.

Para el modelo de acceso, el AEP establece la tendencia del precio para todos los activos en 4.5%. Este valor se toma en consideración en el modelo actualmente.

3.4.1.3 Gastos operacionales (OPEX)

Los gastos operativos para un elemento de red corresponden al costo incurrido, por ejemplo, para:

- El mantenimiento del equipo;
- El soporte anual del proveedor;
- El costo de alquiler del espacio requerido;
- El consumo de energía;
- El enfriamiento;
- Etc.

En el modelo, los gastos operativos se consideran como un porcentaje global relacionado con el mantenimiento de la red.

Además de eso, se toma en consideración un costo de reparación de la falla para considerar el costo de la reparación de la falla que ocurre en la red. El volumen de falla se identifica utilizando un índice LFI (Índice de fallas de línea) estimado según los datos del AEP.

Se utiliza un costo de reparación por falla para evaluar el costo total de OPEX debido a la reparación de fallas, este costo es diferente según la red considerada.

Finalmente, se agrega un costo de alojamiento para tomar en consideración el costo del alquiler del espacio de CO (Centrales).

3.4.2 Vida útil de los activos

El modelo de costo de acceso y redes centrales utiliza los siguientes valores para los tiempos de vida útil de los activos de red:

Cuadro 15 - Vida útil de activos

Ntw.	Categoría del activo	Vida útil
Access	Canalizaciones, Pozos	23
Access	Sub-ducts for Fibre	10
Access	Postes	22
Access	Copper cables and joints	14
Access	Fibre cables and joints	17
Access	Distribution frames, distribution points, splitters	14
Access	Network termination points	14
Access	MDF/ODF	14

3.4.3 Costo promedio de capital ponderado (WACC)

El costo del capital mide la oportunidad o el costo alternativo de las fuentes de capital (deuda y capital) invertidas en la red.

Considera que el rendimiento de los activos de la empresa debe ser igual al rendimiento total esperado por sus accionistas y acreedores de la deuda, ponderado por su contribución respectiva al financiamiento de la empresa.

El cálculo de la WACC ha sido realizado recientemente por IFT.

IFT considera que el costo de capital calculado debe usarse en el modelo, su valor se establece en 8.34%⁴².

El modelo utiliza un valor único de costo de capital (WACC) para todas las actividades fijas (es decir, tanto para la red de fibra como para la de cobre). El parámetro WACC se presenta en la hoja de cálculo "Tablero".

3.4.4 Cálculos de anualidad

El enfoque de depreciación de anualidades inclinadas se implementa en el modelo LRAIC. La siguiente fórmula se usa:

⁴² De conformidad con el valor para dicho parámetro, propuesto por el IFT a través en el documento "ANTEPROYECTO DE LAS CONDICIONES TÉCNICAS MÍNIMAS PARA LA INTERCONEXIÓN ENTRE CONCESIONARIOS QUE OPEREN REDES PÚBLICAS DE TELECOMUNICACIONES Y LAS TARIFAS QUE RESULTEN DE LAS METODOLOGÍAS DE COSTOS QUE ESTARÁN VIGENTES DEL 1 DE ENERO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2019", disponible a través de la dirección electrónica: http://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/12005/documentos/anexounic_oanteproyectoctmytarifas2019engrose.pdf (ver páginas 59 a 64).

$$A_t = I \times \frac{(\omega - p)(1 + p)^t}{1 - \left(\frac{1 + p}{1 + \omega}\right)^n}$$

En esta fórmula:

- I es la inversión;
- ω es el costo de capital;
- n es la vida útil del activo;
- t es el año considerado;
- p es la inclinación;
- A_t es la anualidad del año.

3.4.5 Uso compartido y reutilización de activos

3.4.5.1 *Compartición de recursos*

La compartición de activos se refiere a la infraestructura compartida entre redes coexistentes y otros servicios.

Se podrían considerar tres tipos de compartición de infraestructura:

1. Compartición entre cobre y fibra;
2. Compartición con otros servicios;
3. Compartición con la red de transporte.

La compartición de infraestructura se captura en el modelo a través de tres parámetros al evaluar la inversión de la red de acceso local en función de los activos que se compartirán:

- Ducto compartido: que se establece en 0%, teniendo en cuenta que no se comparten realmente los conductos.

Según las respuestas de Telmex, la mejor práctica en México consiste en evitar la compartición de conductos entre el cobre y la fibra, ya que los cables de cobre podrían dañar los cables de fibra si se juntan en el mismo conducto;

- Compartición de infraestructura aérea: en base a los datos del AEP, el 15% de los postes se consideran compartidos;

- **Compartición con la redde transporte:** el modelo considera que el 10% de la red modelada de acceso se comparte con la red de transporte.

Esta tasa de compartición se aplica solo a postes, pozos y canalizaciones.

Desde el punto de vista del cálculo, estos factores se utilizan para determinar una proporción relevante de zanjas, registros, postes y conductos para que el operador los invierta efectivamente, excluyendo la parte del costo que comparte y financia / soporta otra red de telecomunicaciones / servicios públicos.

3.4.5.2 Reutilización de activos

Como descrito en la sección 2, los RCEA son aquellos activos heredados de ingeniería civil que ya están en vigencia (por ejemplo, se usan para la red de cobre) y que pueden reutilizarse para acomodar una red NGA. Esto se refiere solo a los activos de ingeniería civil (zanjas, conductos, postes, pozos de registro) y no a cables que no podrían reutilizarse a partir de redes heredadas.

De forma consistente con la sección 2, la reutilización de los activos de ingeniería civil se ha tenido en cuenta en el modelo considerando el 20% de la reutilización aplicada en los siguientes activos: postes, pozos y canalizaciones

3.4.6 Costos comunes

Además de los costos de red directos, un operador enfrenta costos indirectos de red y costos comunes que no son de red. Estos costos son potencialmente materiales y deben recuperarse. De acuerdo con la metodología tradicionalmente utilizada por las ANR para asignar estos costos, se ha implementado el enfoque EPMU.

Los modelos de costos de LRAIC incluyen dos tipos de costos comunes relacionados con el negocio y con la red.

El primer recargo incluye todo el costo (personal y material) relacionado con los equipos que no pertenecen a la red. Los costos típicos que se incluyen son los costos de pago del Director Ejecutivo, el Director Financiero, el Director de Operaciones, el Director de Tecnología, el equipo financiero, el equipo regulador, el equipo legal, el equipo de recursos humanos, etc. También incluiría la sede de la empresa.

El segundo tipo de costos comunes incluye todos los costos indirectos relacionados con la administración de la red, la planificación y optimización de la red, etc.

Estos costos han sido evaluados y luego asignados de acuerdo con los márgenes utilizados en el modelo anterior de IFT, las tasas utilizadas para cada uno son:

- **Negocio:** 8%;
- **Red:** 7.5%.

Estos márgenes se encuentran en la hoja de cálculo "Dashboard" y el cálculo se realiza en la hoja de cálculo "Servicios".

3.4.7 Salidas

En el modelo de costos de la red de acceso, el costo por línea de acceso se evalúa dividiendo el costo anual de la red por el número de líneas activas.

El costo del alquiler del espacio MDF/ODF, la reparación de fallas, así como un recargo por los costos comunes se aplica para determinar el costo total de los productos de acceso.

4 Anexos

4.1 Lista de parámetros técnicos considerados por el dimensionamiento

Nombre del parámetro	Descripción	Valores considerados
son los siguientes: CablesRatio_FDP_Cables_Per_Premises	Se refiere a la relación de cables (desde el FDP) / Número de premisas : corresponde al número de cables (pares de cobre o de fibras óptica) por premisa.	Este parámetro se ha establecido en 2 el caso de la red de cobre y 1 para la red de fibra óptica
CablesRatio_SDP_To_FDP	Corresponde a la relación del número de cables (asociado al FDP) exterior / número de cables (asociado al FDP) en interior (en la frontera de la propiedad privada)	Dicho parámetro se estableció tanto para el escenario de cobre como el de fibra.
CablesRatio_SDP_To_PDP	Corresponde a la relación de cables existente entre un SDP exterior / SDP interior.	Dicho parámetro se ha establecido en 1.1 para cobre y 1/8 para el escenario FTTH PON (proporción de división utilizada por Telmex).
CablesRatio_PDP_CopperOut_To_TotalCopperIn	Cociente de cables en PDP asociados a cobre, para calcular el número de pares de cobre salientes en función del número de pares de cobre entrantes.	Este parámetro se ha establecido en 1.1 para cobre y 0 para la red de fibra óptica.
CablesRatio_PDP_FibreOut_To_FibreIn	Cociente de cables en PDP asociados a fibra óptica, para calcular el número de fibras salientes en función del número de fibras entrantes.	Este parámetro se ha establecido en 1.1 (para Dong), 1/8 para FTTH PON y 0 en otro caso.
CablesRatio_PDP_FibreOut_To_TotalCopperIn	Cociente de cables en PDP, para calcular el número de fibras salientes en función del número de pares de cobre entrantes (en el caso del modelado VDSL)	Este parámetro se ha considera como cero en todos los escenarios.
MinSectionLengthForJoint_Core	Longitud mínima de una sección para obtener una unión final: si una sección de carretera es utilizada por una ruta Core y su longitud es mayor que el parámetro, se instalará una unión	El valor de este parámetro se ha establecido para la calibración del modelo de modo que sea coherente con la longitud máxima de un tambor de cable.
MinSectionLengthForJoint_PDP	Longitud minima de una sección para obtener una union al final	El valor de este parámetro se ha establecido para la calibración del modelo de manera que sea coherente con la longitud máxima de un tambor de cable.

MinSectionLengthForJoint_SDP	Longitud mínima de una sección para obtener una union al final	Este parámetro se ha establecido después de la calibración a 15 m para evitar la unión en secciones muy pequeñas .
MinSectionLengthForJoint_Aggregation	Longitud mínima de una sección para obtener una union al final	Este parámetro se ha establecido después de la calibración a 15 m para evitar la unión en secciones muy pequeñas
Scenario	Indica al algoritmo el escenario que se esta modelando	Corresponde a un parámetro técnico del modelo.
SDP_TriggerPerAddress_NbPremises	Se instala un nuevo SDP cada vez que se sobrepasa este umbral. Este parámetro afecta el número de SDP por sección en áreas densas	Este valor se ha establecido en 10 para el escenario de la red de cobre (según las reglas de ingeniería provistas por Telmex). Mientras que se emplea un valor de 8 para el escenario FTTH PON (tamaño del divisor),
SDP_TriggerPerSection_Premises	Número mínimo de premisas que desencadena la instalación de SDP en una sección (donde 0 o 1 significa que al menos 1 SDP por sección que tiene premisas). Este parámetro afecta principalmente el número de SDP en áreas no densas	Este valor se usa en para la red de cobre (donde un SDP está instalado en cada sección si hay un edificio presente). Se ha establecido con un valor de 4 para el escenario FTTH PON (se instala un divisor si el número de premisas agregadas en la sección es superior a 4, de lo contrario, la fibra se transfiere a la siguiente sección).
Source_Database	Corresponde a la base de datos utilizada como fuente para el escenario	Corresponde a un parámetro técnico del modelo
Technology_Aggregation	Tipo de cables del FDP al SDP (cobre o fibra)	Este parámetro se ha configurado en cobre (para el escenario de cobre) y fibra (para FTTH).
Technology_SDP_PDP	Tipo de cable del SDP al PDP (cobre o fibra)	Este parámetro se ha configurado en cobre (para el escenario de cobre) y fibra (para FTTH).
Technology_PDP_CO	Tipo de cable del PDP a la Oficina Central (cobre o fibra)	Este parámetro se ha configurado en cobre (para el escenario de cobre) y fibra (para FTTH).
Access_Use_Ducts	Independientemente de la agregación, parte de los SDP y PDP de la red usan ductos (para el dimensionamiento de zanjas)	Este parámetro se establece en 0 para cobre y 1 para fibra ya que no se usan conductos (o subductos) en las canalizaciones para el escenario de cobre. Sin embargo, para fibra, se asume que se utilizan subductos.
MaxDistancePoles	Distancia máxima entre postes	Este parámetro condiciona la instalación de postes. Está configurado en 60m de acuerdo con la información

		aportada por Telmex para redes de cobre y fibra.
MaxNbPoles	Número de postes cuya capacidad máxima es MaxPoleCapa y que se encuentran en la red aérea. La capacidad máxima aérea es el producto de ambos parámetros	El número máximo de postes que tienen la capacidad "MaxPoleCapa" que podrían admitir los postes de Telmex. Este parámetro se establece en 144 para fibra y 150 para cobre.
MaxPoleCapa	El tamaño máximo de un cable que podría ser soportado en la red aérea	Este parámetro se establece en 2 para ambos escenarios.

Por otro lado, los parámetros integrados en la tabla "Parameters_Technical" son los siguientes:

Nombre del parámetro	Descripción	Valores
MarkUp_Aerial_Cables	Este parámetro se utiliza como un marcado para que la toma aérea tenga en cuenta la longitud adicional debida a la curvatura de los cables aéreos.	Como lo expresó Telmex en sus respuestas, se debe agregar un 3.5% de longitud adicional a los cables aéreos. Por lo tanto, este parámetro se ha establecido en 1,035 para ambas redes
Canalizaciones_MaxFill	La máxima superficie interior de canalizaciones que se puede rellenar con cables antes de agregar un segundo cable	Este parámetro se ha configurado en 0.75.
Ducts_MaxFill	La superficie interna máxima de los conductos que pueden llenarse con cables antes de agregar un segundo cable.	Este parámetro se ha establecido en 0.75.
Trenches_RoadCrossToSideCostRatio	La relación del costo unitario del cruce de carreteras dividido por el costo unitario de excavación en el lado de la carretera. La longitud del cruce del camino se multiplicará por esta relación.	Este parámetro se ha establecido en 2.42 y se calculó en función de las respuestas de Telmex como una relación entre el costo de las canalizaciones "Arroyo" y "Banqueta".
Current_Source_Database	No debería ser modificado. Indica al algoritmo la última base de importación para determinar si es necesario volver a importar o no	Parámetro técnico
Current_Scenario	No debe ser modificado	Parámetro técnico

4.2 Tipos de canalizaciones empleadas en el modelo

