

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL ESCALAMIENTO DE CORE LOCAL DE SDH A DWDM PARA MOVISTAR COLOMBIA

FEASIBILITY STUDY FOR THE CORE SCALE TO LOCAL SDH DWDM AT MOVISTAR COLOMBIA

RONALD ROMERO REYES¹
ANDREA MILENA LANCHEROS PINZÓN²
JAVIER ERNESTO ZORRO MORENO³

RECIBIDO: AGOSTO 2009
APROBADO: NOVIEMBRE 2009

RESUMEN

Los estudios de factibilidad en telecomunicaciones pretenden identificar, entre otros asuntos, los beneficios que se obtendrían al migrar una tecnología de red hacia nuevas o novedosas tecnologías. La empresa telefónica de móviles Movistar no es la excepción. Actualmente, el Core local (Bogotá) de transmisión se encuentra soportado sobre tecnología SDH. La cantidad de tráfico que se transporta indica una saturación del canal, lo que ha implicado utilizar carriers externos que no garantizan fiabilidad en la prestación del servicio. Este artículo describe el estudio de la proyección en el Core local, migrando a tecnología DWDM. La metodología se basa en estudios de tráfico, escalabilidad del Core, escalabilidad a nivel comercial. Se compara el comportamiento de la red actual con el que tendría si se realizara la implementación, teniendo en cuenta diversas variables, como la disponibilidad y los parámetros de QoS.

Palabras clave

Tráfico, DWDM, SDH, red móvil, transmisión, radioacceso, dimensionamiento, costo.

Abstract

Feasibility studies in telecommunications regard the identification, among other things, the bene-

fits to be gained by migrating a network technology to new or novel technologies. The company Movistar, is not the exception. It is currently supporting local CoreORE (Bogotá) on SDH Transmission. The amount of traffic carried indicates a saturation of the channel, which involves using external carriers and does not guarantee reliability in service. This article describes the study of

1 Ingeniero en telecomunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo: rromeror@unal.edu.co
2 Ingeniera en telecomunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo: andrea.lancheros@telefonica.com.co
3 Ingeniero en telecomunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo: javier.zorro@telefonica.com.co

the projection on the local CoreORE, migrating to DWDM technology. The methodology is based on traffic studies, CoreORE scalability, scalability at the commercial level; comparing the behavior of the network to check that it has been implemented, taking into account variables such as availability and QoS parameters.

Key words

Traffic, DWDM, SDH, mobile network, transmission, radio access, sizing, cost.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los objetivos de los estudios realizados en esta investigación, están pronosticar, justificar y calcular el crecimiento de una red, tanto en aspectos de capacidad como en implementación de tecnologías de transmisión emergentes, en la búsqueda de mayor crecimiento y escalabilidad; y así, permitir la utilización de servicios elaborados para aplicaciones de exigencia permanente por los clientes de la telefonía móvil y carrier [5].

En este caso, el estudio de factibilidad pretende identificar los beneficios que se obtendrían al realizar la respectiva migración de la red hacia la tecnología DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing). Para ello, se evalúan dos tecnologías de transmisión: la que está implementada (SDH) y la que se busca implementar (DWDM). El estudio se lleva a cabo sobre la red metropolitana de la empresa de telefonía Movistar.

2. ESTADO DEL PROBLEMA

La dificultad de crear nuevos servicios a nivel de transmisión y conmutación estriba universalmente en la ausencia de métodos de medición y cálculos de proyección de tráfico, relacionados con áreas como la conmutación y la transmisión [5].

Se identifican limitaciones de múltiple naturaleza, entre ellas, las restricciones en ancho de banda, es decir, cuando la red está siendo utilizada en un porcentaje muy alto. El porcentaje por enlace utilizado se observa en la Tabla 1.

ENLACE	UTILIZACIÓN ACTUAL
WBP – Bavaria	72%
WBP – Entrerriós	76%
Entrerriós – Capital	99%
Capital – Bavaria	99%
Entrerriós – Bavaria	70%

Tabla 1. Porcentaje de utilización por enlace.

De acuerdo con la información suministrada por Movistar y según los pronósticos de crecimiento de la Comisión Reguladora de Tarifas (CRT), se espera que el aumento de usuarios de la compañía en el 2009 se ubique entre el 10% y el 12%, que es menor que el porcentaje de aumento en el año 2008 (21,9%).

También se debe tener en cuenta que tanto los nuevos como los antiguos usuarios requerirán cada vez en mayor número los servicios de valor agregado (Internet, video call, GPRS, GPS), y que cada vez serán más exigentes con la capacidad de la red. Esto genera carga a la capacidad de la red, junto con los problemas de disponibilidad y confiabilidad que ello acarrea (ver [3]).

Por último, la ampliación de la cobertura y la llegada de nuevas tecnologías de acceso al medio, como la tecnología el Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS, por sus siglas en inglés), exigirá cuatro veces más recursos en transmisión, en comparación con la actual tecnología GSM, en sus nodos más básicos. Esta implementación se iniciará a finales del 2009.

3. SELECCIÓN DEL SEGMENTO DE RED A EVALUAR

El segmento de red más afectado por la saturación de tráfico es el que comprende el Core local de Bogotá D.C. Por esta razón, el alcance del estudio está enfocado en la necesidad de aumentar su capacidad, pues es allí donde la red y sus recursos de transmisión son más críticos y su crecimiento es próximo. Aquí se encuentran los principales puntos de conmutación y la mayor cantidad de procesos en cuanto a servicios de valor agregado. Dentro de este CORE se soporta la conectividad de:

- Core GPRS (SGSN, GGSN, DNS, Border Gateway, etc.).
- Los MSS principales del país: Entrerriós y Bavaria.
- Core de datos de CDMA.
- Plataformas de servicio agregado como *voice mail, ring back tone y short messages*.
- Red corporativa.
- Implementación de UMTS; es necesario instalar una RNC (Radio Network Controller).

El segmento de red seleccionado (Core local) soporta una gran cantidad de tráfico de otros elementos de la red nacional. Este es el Core matriz que comunica también con otros operadores y sirve de carrier para operadores externos.

4. ORGANIZACIÓN ACTUAL DE LA RED

En el Core metropolitano de Movistar instalado se tienen actualmente configurados 7.500 servicios E1, servicios utilizados para interconexión (voz, datos y carrier); 77 XDM, 90 SDM y micros,

53 BG 20. Dentro de él se encuentra el Core local, conformado por 12 XDM 1000, con 268 servicios E1 que realiza ADD & DROP, y un tráfico aproximado PASS TRUE de 1.000 E1 por elemento.

4.1 TOPOLOGÍA ACTUAL DE CORE LOCAL

Desde el principio, en el desarrollo de la red de Movistar, el Core local fue planteado con una configuración redundante y en anillo para permitir una prestación del servicio permanente, previendo posibles fallas o daños en la red.

En este momento la red se encuentra configurada en una topología de anillo combinada con una topología de estrella. Presenta protecciones en el medio de transmisión (fibra), protecciones de redundancia en las tarjetas de los equipos de transmisión y protección en la ruta de transmisión. Los cuatro nodos principales —Bavaria (compuesto por 6 XDM 1000), Entrerriós (compuesto por 4 XDM 1000), Capital y WBP— se encuentran interconectados entre sí en una topología de anillo protegida con fibra y en segmento de ruta. De estos nodos parten equipos de transmisión auxiliares (Bavaria: 1, 3, 4, 5, 6; y Entrerriós: 1, 3, 4), en topología de estrella, interconectados por Patch Core de fibra en el mismo nodo donde se encuentra el equipo principal que apunta hacia el anillo. Estos equipos están interconectados por servicios alquilados a Telefónica Telecom, en cada uno de los enlaces.

Se han contratado capacidades a nivel de STM-16, limitadas debido a las restricciones del proveedor (Telecom). Estos equipos se encuentran arrendados a varios operadores, por tanto, se trata de un recurso compartido. Teniendo en cuenta este aspecto, la capacidad del servicio es limitada.

Esta capacidad de los equipos XDM está dada por la matriz de interconexión que en algunos de los casos es una HLXC 768, la cual maneja 10 gi-

gas de capacidad por *slot*, y en otros casos es una HLXC 368, que maneja 5 gigas por *slot*. Según esta información, los equipos de multiplexación soportarían una capacidad de 120 gigas, lo que

equivale a 120 STM-64. La información detallada de la topología actual, se puede observar en el diagrama de la Figura 2, que se complementa con la Figura 3.

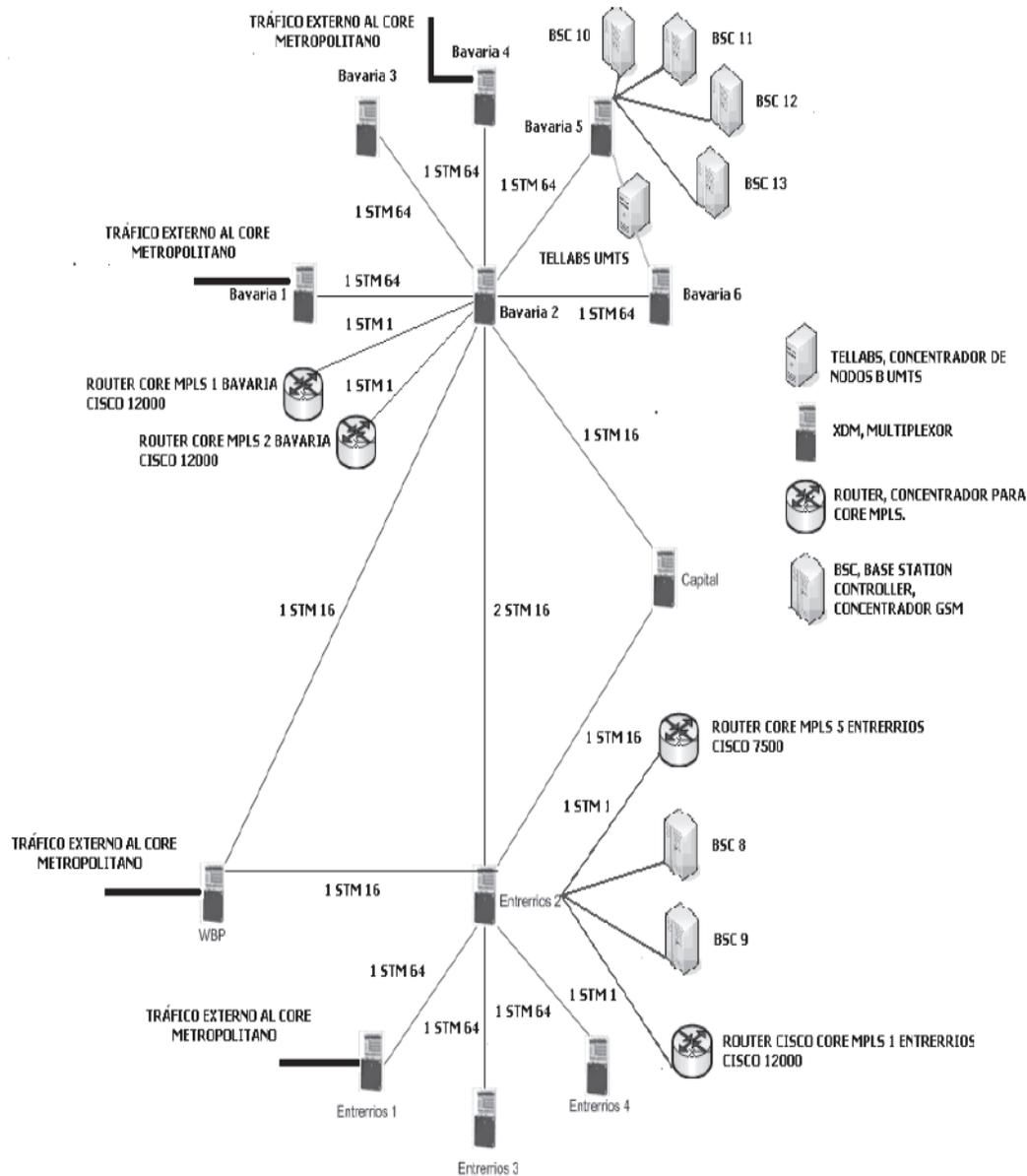


Figura 1. Topología actual Core local.

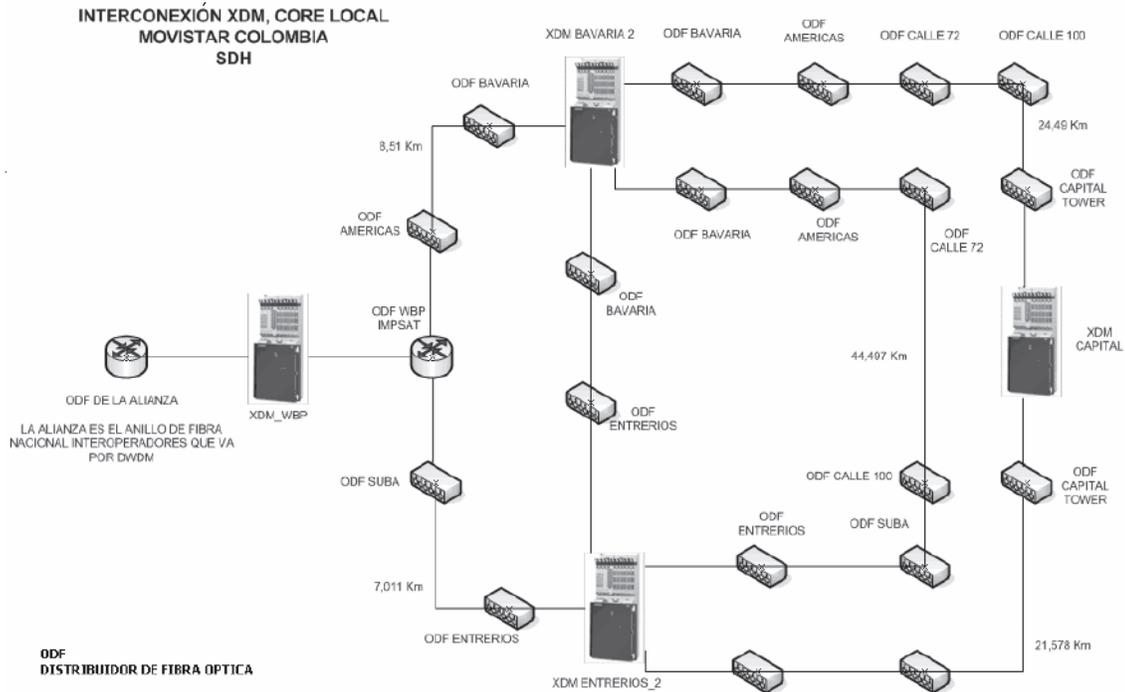


Figura 2. Interconexión XDM Core local Movistar.

5. INGENIERÍA DE TRÁFICO

Para determinar la capacidad de tráfico, es necesario calcular el número de erlangs.

5.1 DETERMINACIÓN DE LOS SERVIDORES PARA LA RED MÓVIL

Se definen como servidores los TRX (transmitter / receiver) que se encuentran configurados por cada sector, por cada celda; es decir, los TRX que cursan por cada enlace y que pueden llegar a ser utilizados al tiempo potencialmente. En este caso, los que están en cada celda que conforma la BTS.

5.2 DIMENSIONAMIENTO DE TRÁFICO EN ERLANGS DEL CORE [2]

- En la red actual cada TRX en GSM puede soportar de forma simultánea cuatro llamadas. Este tráfico se calcula teniendo en cuenta dos factores:
- La probabilidad de bloqueo a nivel de radio.
- El número de servidores de la red.

Para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$P(b) = E\eta(As) \quad (1)$$

En la ecuación 1, E = fórmula de erlang; n = número de servidores (TRX) por sector; y As = tráfico promedio por sector (tráfico ofrecido).

- Se debe determinar en cada sector el número de servidores potenciales simultáneos, teniendo en cuenta que el tráfico es la medida de ocupación de servidores que operan de manera simultánea en un sistema en erlangs.
- Número total de servidores por sector = número total de usuarios simultáneos que puede soportar el sector.

Para telecomunicaciones se debe utilizar la tabla de erlang B, y la siguiente cola: M/M/N/N, que indica una probabilidad de Poisson, función exponencial donde hay N servidores y una capacidad finita del sector. Dado que hay una probabilidad de bloqueo del 2% dada por la CRT, se debe tener en cuenta que tal probabilidad cambia dependiendo del tipo de interconexión que se vaya a analizar. Por lo tanto, se tienen las siguientes variables:

- Porcentaje de bloqueo de la red de radio acceso.
- Bloqueo = 2%, dado por la CRT.
- El ancho de banda BW se divide en canales de radiofrecuencia (RF).
- BW = 200K hz.
- Se utilizan 200 khz para *uplink* y 200 khz para *downlink*.

La frecuencia de 850 tiene los siguientes rangos:

- 880-915, la cual transporta 25 portadoras y cada una soporta 8 canales.
- 925-960, la cual transporta 25 portadoras y cada una soporta 8 canales.

Cada canal corresponde a un usuario, así que:

- $Bwt=25*8=200$ usuarios, cada usuario utiliza 2 portadoras.

- Al usuario le interesa la probabilidad de que el sistema lo reciba, por tanto, la probabilidad de bloqueo (pb) se define como la probabilidad de encontrar el sistema en el estado máximo (todos los canales ocupados). Se debe tener en cuenta que los sistemas móviles en cuanto a servicio de voz son modelados como sistemas de bloqueo, es decir, la llamada no se pone en cola. Si un usuario intenta acceder y todos los servidores se encuentran ocupados, el sistema lo rechaza.
- Por el contrario, a nivel de datos es un sistema de espera. Esto quiere decir que los paquetes se envían a través de la red, pero si todos los servidores se encuentran ocupados el sistema pone el paquete en cola hasta que este sea procesado por un servidor. Por esto, es probable que se presenten algunos retardos en la red.

5.3. CÁLCULO DEL TRÁFICO OFRECIDO POR SECTOR

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$P(b) = E\eta(As) \quad (2)$$

En esta, As = tráfico promedio por sector (tráfico ofrecido). Se determina en cada sector el número de servidores:

$N = 12$ $E12(As) = 0,02$ (verificando la tabla de erlang B). Y $As = 0.380$ erlg.

$$Acelda = As * No. sectores \quad (3)$$

Así, para una probabilidad de bloqueo del 0,02, en un escenario donde operen 12 servidores de forma simultánea, se tiene un tráfico ofrecido de 0,380 erlangs. En la Tabla 2, en la celda “Cortijo II GSM”, se muestra una simulación de los datos. De acuerdo con ella, se calcula el tráfico ofrecido que es:

$$Ac = (1 - 0,02) * As \quad (4)$$

Luego, $Ac = 10,66$ erlang. Esto se realizó con todas las celdas que son transportadas por estos enlaces.

Nombre celda	Cortijo II 3 GSM	
Sector	No. de TRX por sector (servidores)	Tráfico ofrecido por sector
No. TRX Sector 1	2	3,62
No. TRX Sector 2	2	3,62
No. TRX Sector 3	2	3,62
Trafico Total en Erlangs		10,88
Tráfico ofrecido Ac		10,66

Tabla 2. Ejemplo de cálculo en erlangs por TRX.

6. MODELADO DE TRÁFICO SOBRE MATRICES

6.1 DEFINICIÓN DE LA MATRIZ NIJ (X)

Esta convención determina una matriz que contiene la cantidad de El que se originan en el nodo i y terminan en el nodo j pasando por el nodo X . El modelo utilizado para todas las matrices se observa en la Figura 3.

		Terminan →											
		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Origen	1,1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	2,1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	3,1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	4,1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	5,1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	6,1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	7,1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	8,1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	9,1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	10,1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	11,1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	12,1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Figura 3. Convenciones para realizar matrices de tráfico.

En la Tabla 3 y en la Figura 4 se observa el resumen de los resultados obtenidos a partir del modelado de tráfico con matrices sobre Core local.

ENLACE	E1 CORE LOCAL (CALCULADOS)
Bavaria-Capital	354
Capital-Entrerriós	360
Entrerriós-WBP	18
WBP-Bavaria	18
Bavaria-Entrerriós	91
Total	841

Tabla 3. E1 Core local (calculados).

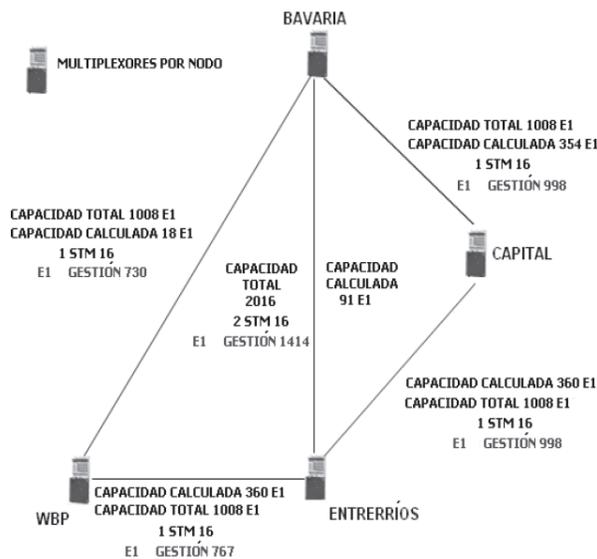


Figura 4. Descripción detallada de E1 por enlace.

7. PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO QOS

Los parámetros de calidad de servicio se tienen en cuenta también en el estudio de tráfico, ya que hacen parte de ese proceso. Los más relevantes son los siguientes:

- **Call Setup Failure:** Se define como la disponibilidad de recursos de la red en el momento del establecimiento de una llamada. Los elementos involucrados son MSS, BSC, BTS.
- **Drop Call:** Se define como la caída de un servicio. Significa la imposibilidad de acceso tras establecerse la comunicación.
- **Success Rate:** Es el porcentaje de accesos al servicio realizados y completados satisfactoriamente, frente a la totalidad de estos.
- **Troughput:** Se define como la velocidad de acceso a un servicio o la velocidad de transmisión.

En la Tabla 4 se encuentran los valores establecidos en la actualidad para la red móvil y la mejora que tendrían estos parámetros de QoS con la implementación de la solución planteada en este estudio.

	Situación actual	Propuesta
Setup Failure %	1,5	0,8
Drop %	1,0	0,5
Success Rate %	90	98

Tabla 4. Parámetros actuales de QoS vs. los propuestos.

8. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA RED

En Tabla 5 se presentan la cantidad total de E1 totales y su respectiva capacidad por cada enlace. Estos E1 son extraídos de la plataforma de gestión.

ENLACE	CAPACIDAD TOTAL EN E1	E1 GESTIÓN
Bavaria-Capital	1.008	998
Capital-Entrerrios	1.008	998
Entrerrios-WBP	1.008	767
WBP-Bavaria	1.008	730
Bavaria-Entrerrios	2.016	1.414
Total	6.048	4.907

Tabla 5. Capacidad ofrecida y capacidad utilizada por enlace.

La información correspondiente a la capacidad del Core se encuentra en la Tabla 6.

Enlace	Capacidad arrendada (MBP)	% capacidad arrendada	Capacidad del Core local (MBP)	% capacidad Core
Bavaria-Capital	1.318,9	63,9	724,9	35,1
Capital-Entrerrios	1.306,6	63,3	737,2	35,7
Entrerrios-WBP	1.534	74,3	36,8	1,8
WBP-Bavaria	1.458,2	70,6	36,8	1,8
Bavaria-Entrerrios	2.709,5	65,6	186,3	4,5

Tabla 6. Capacidad en MBP por enlace. Porcentaje de utilización del Core.

Se concluye de estos cálculos que el tráfico del Core metropolitano comprende el 13,9% de los recursos del Core local; el 67,22% corresponde a los recursos externos al Core metropolitano (servicios arrendados a operadores o a otras ciudades) sobre el tráfico total del Core local, y el 18,8% de los recursos de este Core están libres.

Teniendo en cuenta el estudio y el análisis de tráfico realizados anteriormente, se calcula uno de los parámetros más importantes de la red que es el parámetro ρ , definido como el promedio de utilización del canal. El detalle de esta información se encuentra en la Tabla 7.

$$\rho = (\text{Traf.0 ofrecido} / \text{Número.serverscadacanal}) \quad (5)$$

$$\rho = (Ac / N) \quad (6)$$

ENLACE	SERVIDORES	ρ (%)
Bavaria-Capital	4.800	71,2
Capital-Entrerrios	4.800	71,2
Entrerrios-WBP	330	63,04
WBP-Bavaria	330	63,04
Bavaria-Entrerrios	1.200	78,57

Tabla 7. Promedio de utilización del canal por enlace.

Obsérvese la semejanza con el cálculo teórico, donde el promedio del porcentaje de utilización de canal por enlace es de 69,440%.

9. DIMENSIONAMIENTO

Se discriminan los datos de tráfico de las estadísticas tomadas por celda, sector y switch, para graficar el comportamiento del tráfico y obtener la tendencia por cada uno de los sectores, a través del registro realizado durante 37 semanas.

Para organizar, compilar y mostrar la información del comportamiento de cada sector por celda se utilizó la función de *vlookup* de Microsoft Excel©. A partir de esta información clasificada se realiza una gráfica punto a punto por cada sector en cada semana, en la que se observa el tráfico cursado contra la fecha de la muestra. Posteriormente se realiza una regresión polinomial partiendo de la gráfica realizada y los datos extraídos.

Con base en la regresión y la correlación, se establece la relación de las variables. La Figura 5 muestra los datos, y en ella se observa el punto de corte que determina la saturación del Core local, teniendo en cuenta la proyección y la tendencia de esta función que representa el tráfico

actual y la máxima capacidad que soporta el Core local actualmente. La tendencia hallada permite visualizar la línea de proyección que hace posible pronosticar en qué momento la red entrará en estado de saturación.

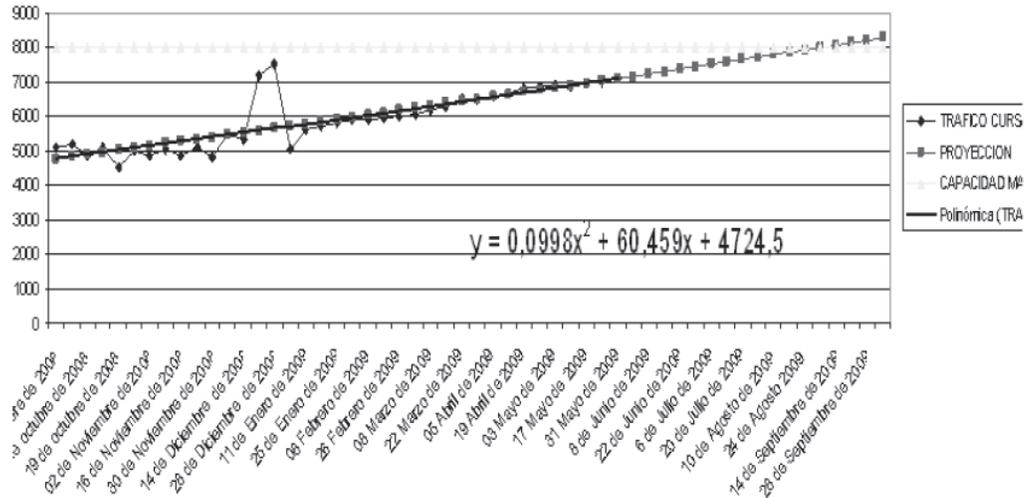


Figura 5. Gráfica de estado, proyección y tendencia del tráfico cursado.

Finalmente, a través del cálculo de tráfico de erlangs (ver [1]), se tiene que: tráfico en erlangs = paquete cursado total en bytes / BW asignado por usuario.

Se realizó la sumatoria y se obtuvo así el dato del crecimiento totalizado de los servicios de datos, voz y UMTS para las 37 semanas de los datos derivados de las estadísticas.

De los datos de la sumatoria derivada se realizó la gráfica por medio de la cual, utilizando el método de la regresión lineal, se obtuvo la tendencia del tráfico de la totalidad del Core local identificada por la siguiente función:

$$y = 0,0998x^2 + 60,459x + 4724,5 \quad (7)$$

Esta regresión nos arroja el crecimiento en erlangs de la red para las próximas semanas. De

acuerdo con los cálculos realizados anteriormente, podemos determinar que en la tercera semana de septiembre de 2009 el tráfico cursado será mayor a la capacidad actual de la red.

9.1 RELACIÓN TRÁFICO OFRECIDO Y TRÁFICO CURSADO [1]

El valor teórico del tráfico ofrecido, calculado para la solución a implementar, es de 8.200 erlangs. Por medio de las proyecciones realizadas se observa que el tráfico promedio cursado en la red es de 5.920 erlangs. Si se considera la tendencia de crecimiento que la red ha presentado durante los últimos nueve meses, el valor real del tráfico cursado la última semana del mes de mayo de 2009 es de 7.098,10 erlangs.

El comportamiento de la red es acorde con los valores calculados y, según la tendencia del tráfico cursado, la red presentará saturación cuan-

do alcance el valor de los 8.200 erlangs, lo cual se presentará en la segunda semana de septiembre. Teniendo los valores anteriores se puede calcular la congestión definida como:

$$\text{Congestión} = \text{tráfico ofrecido} - \text{tráfico cursado} \\ (\text{última semana de mayo})$$

$$\text{Congestión} = 1.102,7 \text{ erlg.}$$

Este dato indica que la red presentará saturación cada vez que se incremente el tráfico en un valor igual o mayor al umbral de los 1.102.775 erlangs, que corresponde al tráfico rechazado o congestión. Este valor no se encuentra muy lejos de ser superado, dado que el crecimiento de la red se está dando de forma progresiva por la gran demanda del servicio de datos y la implementación de la nueva tecnología UMTS.

10. SOLUCIÓN PLANTEADA

A fin de elegir la capacidad y los equipos que se requieren para el diseño final del Core local, se extendió la tendencia obtenida a dos años, tiempo que se considera prudente para un proyecto de estas proporciones. Los datos obtenidos se encuentran en la Tabla 8:

ESTADO	FECHA	TRÁFICO CURSADO (ERLANGS)
Red actual	28 de junio de 2009	7.371
Saturación	14 de septiembre de 2009	8.067,48
Proyección	8 de noviembre de 2011	16.310,9452

Tabla 8. Relación de tráfico cursado.

Para las previsiones de tráfico obtenidas según el comportamiento y la tendencia del tráfico local, el crecimiento de los servicios arrendados presenta un crecimiento en la misma proporción que tales previsiones. Esto permite que la capacidad calculada en condiciones reales del Core metropolitano se duplique, si se consideran en cuenta tráfico local y el arrendado.

ENLACE	TIPO	C(MBPS)	TECNOLOGÍA DE TX
Bavaria-Capital	Principal	2.064	SDH (STM-16)
Capital-Entrerriós	Principal	2.064	SDH (STM-16)
Entrerriós-BP	Principal	2.064	SDH (STM-16)
WBP-Bavaria	Principal	2.064	SDH (STM-16)
Bavaria-Entrerriós	<i>Back up</i>	4.128	SDH (STM-16)2

Tabla 9. Capacidad actual de la red.

La capacidad que se necesita para que el Core local no se sature en dos años se indica en la Tabla 9. En la Tabla 10 se muestra la capacidad que se espera con la solución anteriormente planteada.

ENLACE	TIPO	C(MBPS)	TECNOLOGÍA DE TX
Bavaria-Capital	Principal	4.128	SDH (STM-16)2
Capital-Entrerriós	Principal	4.128	SDH (STM-16)2
Entrerriós-WBP	Principal	4.128	SDH (STM-16)2
WBP-Bavaria	Principal	4.182	SDH (STM-16)2
Bavaria-Entrerriós	<i>Back up</i>	8.256	SDH (STM-16)4

Tabla 10. Capacidad esperada con la solución.

Esta capacidad es alta para ser llevada por otras tecnologías y los costos que acarrearía debido a la implementación serían muy altos; además, se tendrían muy pocas oportunidades de escalabilidad. La tecnología más apropiada por costos, escalabilidad y capacidad es DWDM.

La literatura indica la gran capacidad de información que puede almacenar utilizando menos recursos físicos que las otras tecnologías. Es capaz de soportar técnicas anteriores como SDH, y adicionalmente servicios emergentes como MPLS y tráfico IP. De este modo convierte el transporte de datos en una etapa de la red eficaz, compatible y con la capacidad suficiente para los recursos que demanda la incursión de los nuevos servicios. El manejo de las capacidades en un equipo DWDM es dinámico y eficiente, ya que se realiza independientemente de la gestión y puede ser segmentada hasta un nivel de 2 megas por su compatibilidad con la tecnología SDH. Esta compatibilidad de DWDM con SDH se debe a que las principales redes de telecomunicaciones están diseñadas sobre tecnología SDH, estándar vigente que permite la compatibilidad con múltiples redes y proveedores de servicio.

Por lo tanto, migrar a una tecnología no tan fuerte pero compatible no es viable desde el punto de vista presupuestal, ya que tecnologías como SDH_NG son actualizaciones de SDH, pero con capacidades definidas muy próximas según las proyecciones.

A través de un diagrama de señales, se puede observar la distribución de las capacidades y se puede establecer la cantidad de lambdas que se utilizarán. Esto permitirá saber, además, si cada uno de los equipos se comportará como ADM (add and drop multiplexer) o como OTM (optical multiplexer). Tal diagrama de señales se encuentra en la Figura 7 (ver [4]).

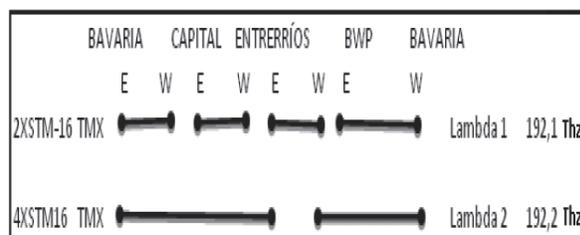


Figura 6. Diagrama de señales.

Debido al diseño, se determinó que se necesitan nodos con capacidad de transporte de 2 lambdas, ADM. Estas fueron establecidas de acuerdo al diagrama de señales. En la Figura 7 se observa cómo la primera lambda sube y baja en cada uno de los nodos, de la misma forma que se encuentra la configuración actual del Core local; la segunda lambda se ve reflejada en la configuración actual como los 2 STM16 entre Bavaria y Entrerriós, segmento que soporta la mayor capacidad.

Cada una de estas lambdas tiene la capacidad de transportar un STM64 (10 gigas) de capacidad. Teniendo en cuenta que el tráfico que se requiere para la optimización de la red es de máximo 4 STM 16 (Bavaria-Entrerriós), 1 STM 64, la capacidad configurada inicialmente es la requerida para el funcionamiento del Core local.

En la Figura 8 se observa la capacidad utilizada actualmente, la capacidad que se busca con el diseño y la capacidad hasta la cual se puede llegar con esta configuración.

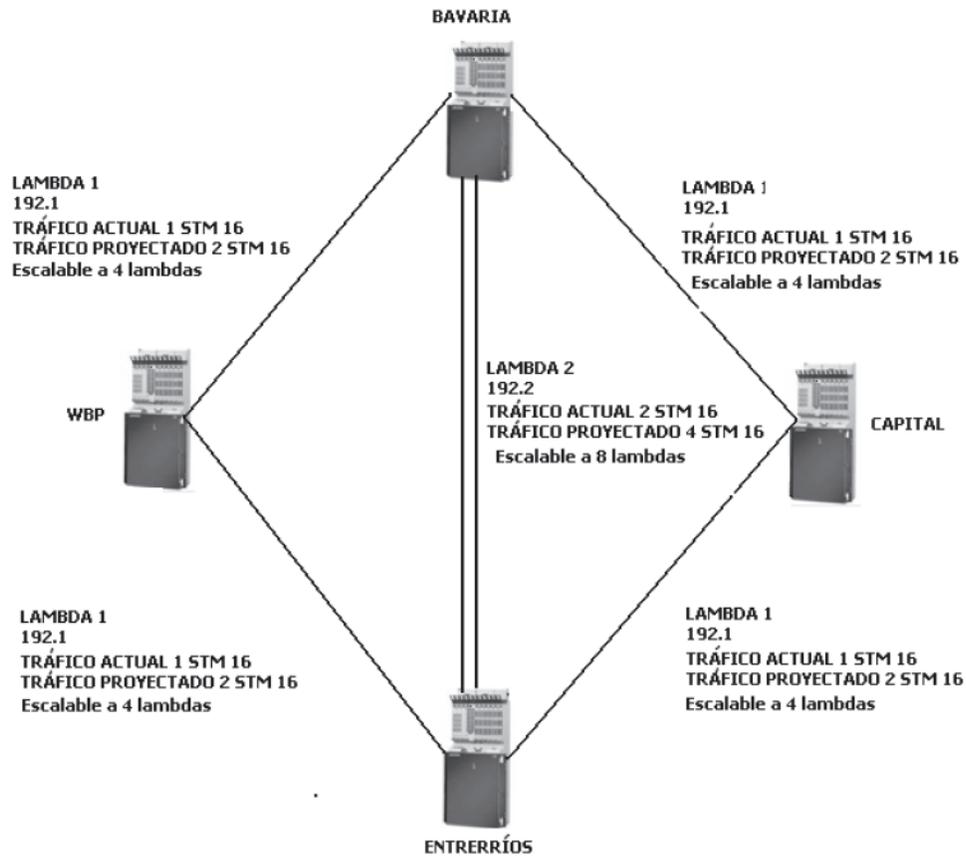


Figura 7. Esquema de capacidad actual sobre capacidad proyectada.

11. CONCLUSIONES

- La solución planteada para optimizar el segmento de Core local de la red de Movistar es viable dada la escalabilidad y la convergencia que permite utilizar la tecnología DWDM.
- Se identifica que el tiempo prudencial para realizar una proyección de una red de telecomunicaciones es a mediano y no a largo plazo.
- A medida que la penetración del servicio de telefonía móvil aumenta, los servicios demandados por los usuarios son cada vez más diversos y más exigentes.

- Fue indispensable realizar un estudio de ingeniería de tráfico que permitió establecer el comportamiento de la red.
- El servicio de datos es el que presenta el mayor crecimiento en los últimos nueve meses. Esto también se debe a la incursión de nuevas tecnologías, como UMTS.

REFERENCIAS

- [1] Sr. H. Leijon, “Extracto de la tabla de la fórmula de pérdida erlang”. Unión Internacional de Telecomunicaciones. [Norma expedida por UIT, archivo extensión .doc].

- Disponible en (5-2009): <http://www.itu.int/itudoc/itu-d/dept/psp/ssb/planitu/plandoc/erlangt-es.html>
- [2] Nokia Networks. "Systra training material radio networks Access I", 1985. Issue 2.0, pdf.
- [3] T. Halonen y J. Romer, *GSM, GPRS and EDGE Performance*, 2ª ed. Estados Unidos: Editorial Melero, 2003.
- [4] R. C. Elsenpete y T. J. Velte, *Optical networking: a beginner's guide*. McGraw-Hill, 2002.
- [5] E. Herrera, *Introducción a las telecomunicaciones modernas*, 4ª ed. México: Editorial Limusa, 2003.