



INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY

Campus Ciudad de México

Escuela de Graduados en Ingeniería y Arquitectura

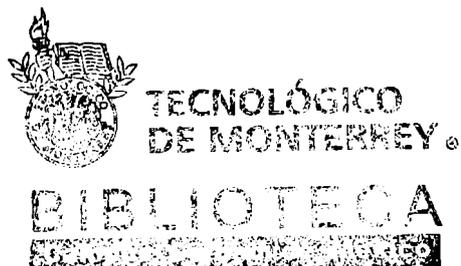
Maestría en Administración de las Telecomunicaciones

Centro de Investigación en Telecomunicaciones y
Tecnologías de la Información

“RITMMO,

MODELO DE COSTEO PARA UNA RED DE
TRANSPORTE IP MULTISERVICIO”

AUTOR: David Hernández Ramírez
ASESOR: Dr. Guillermo Alfonso Parra Rodríguez



México D.F., abril del 2005

Resumen

Un modelo de costeo para una red de transporte IP multiservicio es un trabajo de investigación ubicado en el área de la ciencia de la administración y de la ingeniería de costos. RITMMO es un modelo que estima diversos indicadores de los costos individuales de proveer múltiples servicios sobre una infraestructura de red de transporte IP. RITMMO ayuda a identificar la composición y comportamiento de los costos de la red que se toman como base para la aplicación de modelos de optimización.

El objetivo del presente trabajo de investigación es definir un modelo de costeo para una red de transporte IP multiservicio que apoye la toma de decisiones de un área de ingeniería, que realiza funciones de diseño, planeación y construcción de la red, con indicadores sobre la composición y comportamiento de los costos internos de los servicios ofrecidos. El trabajo se centra en el desarrollo de un modelo multiservicio sobre el cual se hacen modificaciones agregando y retirando servicios de acuerdo a metodologías de costos compartidos e incrementales. Los costos obtenidos en el modelo se utilizan como entrada para estudios de optimización de la red resueltos con programación lineal.

El conocimiento claro de la distribución y comportamiento de los costos dentro de los procesos de un proveedor de servicio junto con el uso de tecnología de vanguardia, permiten que la empresa ofrezca servicios con precios atractivos para el mercado superando las expectativas de los clientes potenciales, incluso antes de que ellos mismos reconozcan sus necesidades.

Durante el desarrollo del modelo se recurrió a documentación sobre metodologías de costeo, metodologías de asignación de costos y enfoques de dimensionamiento de la red. Se realizaron implementaciones del modelo para analizar el comportamiento de los costos a partir de una red propuesta y se aplicaron herramientas de software para resolver escenarios de maximización o minimización sujetos a diferentes restricciones planteados como programación lineal.

Como resultado de la tesis, el proveedor de servicio cuenta con RITMMO, una herramienta que le permite conocer el comportamiento interno de sus costos así como una guía de solución de escenarios condicionados de optimización que le ayuden a orientar sus decisiones estratégicas sobre el destino del negocio.

Contenido

Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Resumen	iii
Contenido	v
Lista de Tablas	viii
Lista de Figuras	ix
1 Modelo de Costeo para una Red de Transporte IP Multiservicio	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Problema.....	3
1.3 Objetivo	4
1.4 Hipótesis	6
1.5 Conclusiones.....	6
2 Marco Teórico	7
2.1 Introducción.....	7
2.2 Los modelos de costeo.....	9
2.3 Los costos incrementales	12
2.4 El enfoque de costeo Arriba-Abajo y Abajo-Arriba.....	14
2.5 La clasificación de los costos	15
2.6 Costeo de una red de transporte IP Multiservicio.....	17
2.6.1 Aproximación del modelo	20
2.7 La metodología de costos ABC	21
2.7.1 Enfoque tradicional	21
2.7.2 Enfoque Moderno	21
2.7.3 Enfoque ABC	22
2.8 Topología de Red.....	26
2.8.1 El modelo jerárquico clásico de tres niveles	28
2.8.2 Topologías de red redundantes.....	30
2.8.3 Una red multiservicio	30
2.8.4 La ingeniería del negocio	30
2.9 Economía de escala	31
2.10 Administración del rendimiento	32
2.10.1 Definición.....	32
2.10.2 Aspectos no resueltos	34
2.11 Optimización de recursos	34
2.11.1 Características de un problema de PL	35

2.11.2 Supuestos básicos de la PL.....	37
2.11.3 Resolución de un problema de PL.....	38
2.12 Conclusiones.....	39
3 El Modelo de Costeo RITMMO	40
3.1 Introducción.....	40
3.2 Esquema de RITMMO	41
3.3 Grupos de centros de costos	42
3.4 Topología a modelar.....	43
3.5 Catálogo de servicios.....	44
3.5.1 Servicio conmutado	45
3.5.2 Servicio ISDN	46
3.5.3 Servicio ADSL	47
3.5.4 Servicio LP	48
3.6 Dimensionamiento del ancho de banda.....	48
3.7 Tipos de nodos.....	49
3.8 Modelo para servicio conmutado	50
3.9 Modelo para servicios conmutado e ISDN.....	54
3.10 RITMMO.....	60
3.11 Implementación de RITMMO	67
3.11.1 Indicadores de RITMMO	68
3.12 Conclusiones.....	71
4 Casos de interés.....	73
4.1 Introducción.....	73
4.2 Salida del servicio ISDN	74
4.3 Costeo de un nuevo servicio. Video	75
4.3.1 Arquitectura de video	77
4.3.2 Modelado de la red de video	77
4.4 Red de cinco servicios	79
4.4.1 RITMMO con cinco servicios.....	79
4.4.2 Implementación	90
4.4.3 Indicadores de RITMMO	91
4.5 Costos incrementales del video	94
4.6 Escenarios de optimización de la red	95
4.6.1 Escenario inicial	96
4.6.2 Maximización básica del beneficio	97
4.6.3 Maximización del beneficio con restricciones	98
4.6.4 Minimización básica de la inversión	101
4.6.5 Minimización de la inversión con restricciones	102
4.7 Conclusiones.....	105
5 Conclusiones.....	107
5.1 El modelo de costeo RITMMO	107
5.1.1 Análisis de resultados	108

5.2 Escenarios de optimización	111
5.3 Revisión de objetivos e hipótesis.....	113
5.4 Perspectivas	114
5.4.1 Análisis de sensibilidad	114
5.4.2 Problemas de transporte	115
5.4.3 Administración del rendimiento	116
5.4.4 Automatización.....	116
5.5 Comentarios finales	117
Apéndice A. Implementación de RITMMO.....	119
Apéndice B. Caso de interés, salida de ISDN	123
Apéndice C. Caso de interés, video	124
Apéndice D. RITMMO con cinco servicios.....	125
Apéndice E. Costos incrementales de video	126
Apéndice F. Breve descripción de Solver	127
Parámetros y opciones.....	127
Respaldo y recuperación de modelos	128
Otras opciones de Solver	129
Apéndice G. Breve descripción de LINGO	130
Sintaxis general de LINGO	131
Descripción del modelo de maximización	132
Referencias	133
Vitae	134

Lista de Tablas

Tabla 2.1 Resumen de las metodologías Arriba—Abajo y Abajo—Arriba	15
Tabla 2.2 Taxonomía de las empresas para la administración del rendimiento	33
Tabla 3.1 Elementos y reglas de ingeniería del servicio conmutado.....	46
Tabla 3.2 Elementos y reglas de ingeniería del servicio ISDN	46
Tabla 3.3 Elementos y reglas de ingeniería del servicio ADSL	47
Tabla 3.4 Elementos y reglas de ingeniería del servicio LP.....	47
Tabla 3.5 Factores para el dimensionamiento del ancho de banda	48
Tabla 3.6 Combinaciones de nodos de acuerdo a la oferta de servicios	49
Tabla 3.7 Variables del modelo conmutado	51
Tabla 3.8 Variables complementarias para el modelo Conmutado e ISDN.....	55
Tabla 3.9 Variables complementarias para el modelado de la infraestructura multiservicio.....	67
Tabla 3.10 Indicadores. Costo por servicio por componente (Miles de pesos).....	69
Tabla 3.11 Indicadores. Composición por centro de costos (Miles de pesos).....	69
Tabla 3.12 Indicadores. Composición por cada servicio (Miles de pesos).	70
Tabla 3.13 Indicadores. Costos, precios y utilidad (Miles de pesos).	70
Tabla 4.1 Indicadores. Costos precios y utilidad (Miles de pesos).	75
Tabla 4.2 Indicadores. Costos por servicio y por componente (Miles de pesos).	78
Tabla 4.3 Indicadores. Costos precios y utilidad (Miles de pesos).	78
Tabla 4.4 Variables para el modelo de cinco servicios	79
Tabla 4.5 Variables para el modelo de cinco servicios (continuación).....	80
Tabla 4.6 Tipos de nodos de acuerdo al servicio ofrecido	91
Tabla 4.7 Indicadores. Costos por servicio y componente (Miles de pesos).....	91
Tabla 4.8 Indicadores. Porcentaje sobre el valor total del concepto.	92
Tabla 4.9 Indicadores. Composición por servicio.	92
Tabla 4.10 Indicadores. Costos precios y utilidad (Miles de pesos).	93
Tabla 4.11 Costeo incremental del servicio de video	94
Tabla 4.12 Precios y costeo incremental del servicio de video	94
Tabla 4.13 Resumen de resultados del modelo de 4 servicios	96
Tabla 4.14 Parámetros del modelo para los problemas de optimización	96
Tabla 4.15 SOF para la minimización básica	98
Tabla 4.16 SOF para la maximización con restricciones	100
Tabla 4.17 SOF para la minimización básica	102
Tabla 4.18 SOF para la minimización con restricciones	104
Tabla A.1 Costos obtenidos con el modelo	119
Tabla A.2 Extracto de la implementación para obtener totales de ancho de banda y equipos....	120
Tabla A.3 Extracto de tablas para obtener total de enlaces	120
Tabla A.4 Estimación de gestión.....	121
Tabla A.5 Factores de distribución usados en el modelo (extracto).....	121
Tabla A.6 Costos unitarios utilizados en el modelo (extracto).....	122

Lista de Figuras

Figura 2.1 Temas asociados al modelo de costeo.....	8
Figura 2.2 El modelo esquemático de precios de una empresa	10
Figura 2.3 Representación de los costos incrementales	14
Figura 2.4 Diseño de red modelo jerárquico	29
Figura 3.1 Lógica de RITMMO	41
Figura 3.2 Esquema general de RITMMO	41
Figura 3.3 Topología genérica a modelar.....	44
Figura 3.4 Modelo base de 4 servicios	45
Figura 3.5 Combinaciones de nodos	50
Figura 3.6 Red para un modelo de costeo, servicio conmutado.....	50
Figura 3.7 Red para servicio conmutado e ISDN.....	55
Figura 3.8 Red básica con cuatro servicios	60
Figura 3.9 Topología para aplicación del modelo base.....	68
Figura 3.10 Comparativo de indicadores RITMMO con infraestructura multiservicio	71
Figura 4.1 Red exclusiva de video	76
Figura 4.2 Arquitectura general de la red de video	77
Figura 4.3 Comparativo de indicadores del modelo de cinco servicios	93
Figura 4.4 Comparativo de indicadores del modelo de cinco servicios. Incremental	95
Figura 4.5 Pantallas de Solver para la maximización con restricciones.....	99
Figura 4.6 Programa en LINGO para la maximización con restricciones.....	100
Figura 4.7 Solución generada por LINGO para la maximización con restricciones.....	101
Figura 4.8 Pantalla de Solver para la minimización con restricciones.....	103
Figura 4.9 Programa en LINGO para la minimización con restricciones	104
Figura 4.10 Solución generada por LINGO para la maximización con restricciones.....	105
Figura A.1 Parámetros y opciones de Solver	128
Figura A.2 Pantalla inicial de LINGO.....	130
Figura A.3 Ventana de status de LINGO	131
Figura A.4 Reporte de solución de LINGO.....	132

CAPÍTULO 1

Modelo de Costeo para una Red de Transporte IP Multiservicio

1.1 Introducción

La rápida evolución de Internet requiere un reformateo fundamental de los modelos de costos usados por los proveedores de servicio de Internet (Internet Service Provider, ISP) que les permita comprender su administración interna de costos y fundamentar solidamente los precios y el cobro con una orientación de servicio al cliente.

La carencia de procesos claros o algoritmos que identifiquen los centros de costos dentro de la empresa, la interrelación de los mismos y su comportamiento de acuerdo al volumen de la demanda y en función del tiempo, dejan en desventaja a un proveedor ante su competencia. El uso de tecnología de punta como única estrategia para establecer una ventaja competitiva es efímera, ya que la misma tecnología puede ser adquirida por la competencia.

La empresa debe voltear hacia sus capacidades internas como la eficiencia en los procesos para establecer ventajas competitivas sostenibles. El uso de un modelo de costeo ayudará a la empresa a tomar decisiones estratégicas del negocio con mayor certeza sobre el resultado esperado. La incertidumbre ocasionada por la carencia de información o indicadores sin fundamentos colocan al proveedor en una posición vulnerable ante sus competidores.

Las redes de transporte IP típicas cuentan con nivel de acceso donde se conectan los clientes, nivel distribución para concentrar los puntos de acceso, y nivel dorsal para unir toda la red del ISP y conectar los enlaces hacia la red mundial Internet. Sobre esta infraestructura, los ISPs ofrecen más de un servicio, buscando hacer más rentable la inversión con familias de servicios con características comunes como tecnología o recursos utilizados para generarlos. Toda esta combinación de equipos, servidores y enlaces de telecomunicaciones entre muchos otros elementos, contribuyen al costo de los servicios, y mientras en el nivel de acceso la asociación costo-servicio es fácilmente identificable, es más complejo determinar esta asociación en el nivel dorsal y se dificulta identificar cuánto de los costos de los niveles superiores o de Internet, por citar algunos ejemplos, corresponde a cada uno de los servicios.

La apertura en el sector de telecomunicaciones trajo la competencia. Si bien el mercado de proveedores de redes de transporte IP se ha contraído, el cliente utiliza su poder negociador con la posibilidad de cambiarse de un proveedor a otro, los proveedores de los ISPs utilizan su poder negociador con los precios de sus equipos o redes de enlaces de telecomunicaciones. El conocimiento que la empresa tenga de su estructura interna de costos puede ayudarle en el estudio de cambios en el catálogo de servicios o decisiones por la variación en la inversión o rentabilidad esperada haciéndolo más eficiente y estableciendo una ventaja competitiva sostenible más difícil de copiar.

1.2 Problema

Esta tesis se enfoca en el problema relacionado con la identificación de la estructura interna de los costos, su interrelación y comportamiento para una red de transporte IP multiservicio. Al carecer del conocimiento detallado de los costos, se desconoce la contribución que cada servicio hace realmente a los ingresos de la empresa, la rentabilidad individual de cada componente del catálogo del proveedor y se carece de una base veraz y oportuna para determinar la inversión necesaria y el costo por ofrecer un nuevo servicio. La determinación precisa y oportuna de los costos asociados a los servicios provistos en una red de transporte IP multiservicio es una actividad compleja que actualmente carece de veracidad y oportunidad.

Las políticas de precios del proveedor no pueden realizarse por *benchmarking* en la industria, esto hará de la empresa un seguidor en lugar de un innovador. La mejor política un proveedor es aquella que establece sus precios a partir de la información obtenida con un modelo de costos propio.

El costeo de servicios de manera individual pierde la perspectiva del impacto que se da en todo el catálogo del proveedor. Por otra parte, el análisis de los costos totales contra los ingresos totales por todos los servicios ofrecidos, anula la posibilidad de conocer los centros de costos estratégicos y aquellos elementos que resultan más sensibles en el costo de un servicio. El modelo de costeo es una herramienta que le permitirá al proveedor identificar la posible presencia de subsidios entre los servicios, esta condición no es mala si es resultado de una decisión de negocio, pero es un problema si sucede de manera inconsciente.

A partir de los indicadores obtenidos usando un modelo de costeo, el proveedor puede plantearse diversos escenarios condicionados, cuál es la combinación de clientes que mayores beneficios ofrece a partir de un nivel de participación en el mercado de cada servicio, cuál es la mezcla de servicios ofrecidos que garantizan disminuir los costos manteniendo el mismo nivel de rentabilidad. Estos escenarios se definen como problemas de mezclas dentro del área de investigación de operaciones y su solución con base en la programación lineal apoyada en herramientas de cómputo es relativamente fácil y rápida.

1.3 Objetivo

El presente trabajo de investigación tiene el siguiente objetivo:

Desarrollar un modelo de costeo para una red de transporte IP multiservicio, que ayude en la toma de decisiones estratégica del negocio con indicadores sobre la composición y comportamiento interno de los costos de los servicios ofrecidos.

El modelo de costos es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones con información real y oportuna de los costos de la red de transporte IP adaptable a las necesidades del negocio.

La información obtenida con el modelo de costos es un insumo para escenarios de optimización con funciones objetivo de maximización o minimización que se resuelven por medio de programación lineal obteniendo soluciones óptimas factibles que satisfagan las restricciones definidas por el proveedor.

Objetivos particulares:

- Identificar el funcionamiento de cada uno de los servicios ofrecidos por un proveedor de servicios sobre una red de transporte IP.
- Identificar los elementos de red requeridos para generar los servicios.
- Identificar los elementos relacionados directamente con cada uno de los servicios (Costos específicos).
- Identificar los elementos relacionados con más de un servicio (Costos compartidos).
- Identificar metodologías adecuadas de distribución de los costos compartidos.
- Definir el algoritmo del modelo de costeo.
- Definir escenarios de optimización de acuerdo a las premisas del negocio.

La evolución de la empresa la obliga a mantener actualizada su cartera de servicios en la búsqueda de una innovación constante que le permita mantener su ventaja competitiva de manera sostenible. Dentro de la historia de la empresa hay servicios que el mercado deja de demandar y nuevas necesidades que satisfacer, por lo que es necesario que el proveedor este conciente de la afectación en costos que representa la entrada o salida de un servicio aún antes de tomar tales decisiones.

El modelo de costos debe evolucionar de acuerdo al negocio por lo que su algoritmo debe aceptar la integración de nuevos servicios con todos los factores de participación en los costos asociados a él, así como la eliminación de servicios cuyo ciclo de vida se haya completado por así convenir a la empresa.

1.4 Hipótesis

Hipótesis 1

Los costos de ofrecer varios servicios de datos sobre una infraestructura de transporte IP multiservicio es menor que la suma de los costos en que se incurriría si cada uno de los servicios se ofreciera sobre redes independientes.

Hipótesis 2

El costeo incremental en una red de transporte IP multiservicio estima costos menores que el costeo distribuido para nuevos servicios.

1.5 Conclusiones

La información del comportamiento y composición interna de los costos ayudará al proveedor de servicios a conocer los centros de costos estratégicos, los subsidios entre servicios, la rentabilidad de la compañía y el posible impacto por las decisiones de integrar o retirar servicios del catálogo. Los escenarios de optimización ayudarán al proveedor a determinar la mezcla adecuada de infraestructura para satisfacer restricciones de negocio para maximizar los beneficios o minimizar los costos.

La información obtenida con el modelo de costos y con la optimización representará una herramienta poderosa para planeación del negocio y redundará en un aumento en la eficiencia de los procesos de la empresa haciendo que el cliente perciba un mayor valor en los servicios que adquiere.

CAPÍTULO 2

Marco Teórico

2.1 Introducción

Un proveedor de servicios requiere de un modelo de costeo que le ayude a tomar decisiones en la gestión del negocio. La información requerida para el diseño de un modelo de costeo proviene de manera natural de los registros contables de la empresa, sin embargo, otro insumo importante lo constituyen las políticas propias de cada empresa para la distribución de los costos generados en diferentes proporciones por un grupo de servicios. Estas políticas, deben utilizar metodologías que ayuden a evitar la subjetividad o arbitrariedad en el prorrateo de los costos que podría resultar en subsidios por omisión entre los servicios que componen el catálogo, redundando en una falsa rentabilidad de los servicios que podría ocasionar pérdidas graves para el negocio por decisiones sobre bases engañosas.

El análisis de los costos involucrados en la generación de un servicio puede realizarse desde la perspectiva de la demanda del mercado, metodología Abajo-Arriba; o bien iniciar con las premisas de negocio de la alta dirección, metodología Arriba-Abajo; en ambos casos participan conceptos como la economía de escala, donde el proveedor obtendrá mayores

beneficios a partir de la oferta masificada de un servicio, y costos incrementales por tratarse de inversión en una infraestructura de telecomunicaciones existente.

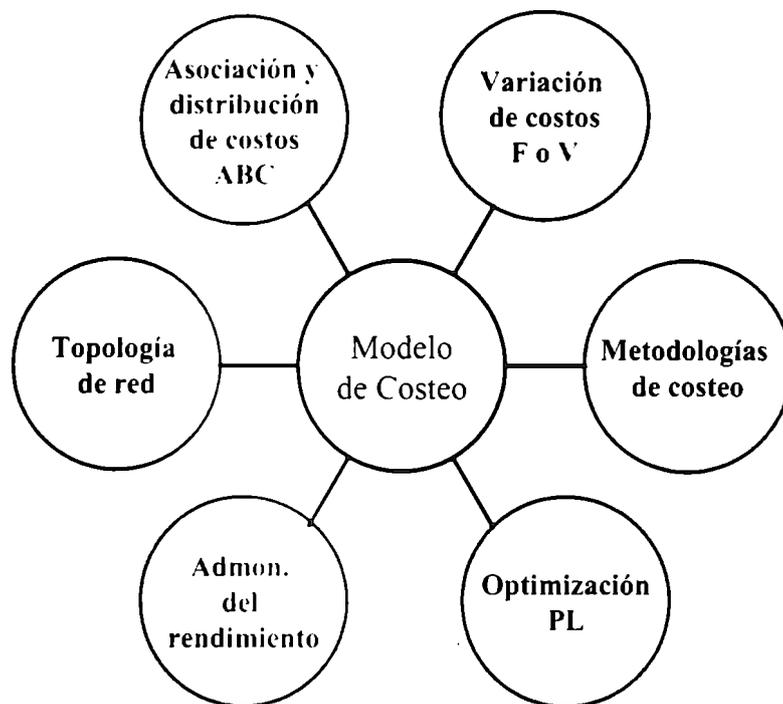


Figura 2.1 Temas asociados al modelo de costeo

La topología física de la red es un factor importante para la definición del modelo, la definición de regiones con características similares permite definir el modelo para una región y replicarse de acuerdo a toda la cobertura del proveedor de servicio estableciendo una estructura modular.

El catálogo de servicios del proveedor debe ser una definición conjunta de las áreas comerciales y técnicas, las primeras deben proporcionar una descripción clara del servicio que se ofrecerá a los clientes, políticas de crecimiento y pronósticos de venta, el área técnica debe definir las reglas de dimensionamiento para contar con una red que satisfaga las expectativas definidas y considere la evolución permanente de servicios.

La administración del rendimiento es una propuesta de segmentación del mercado para las empresas de servicios que se ha aplicado exitosamente en la industria hotelera y de aerotransporte. Haciendo una analogía entre la capacidad de hospedaje, la capacidad de pasajeros de un avión y el ancho de banda de un enlace de telecomunicaciones, resulta interesante plantear el escenario para un análisis de administración del rendimiento para un proveedor de servicios de transporte IP. La asignación de capacidad de ancho de banda adecuada para el cliente adecuado en el momento adecuado, establece las bases para segmentar el mercado y ofrecer servicios con costos diferenciados para los diferentes grupos de clientes.

2.2 Los modelos de costeo

Internet comenzó siendo una red pequeña en comparación con la penetración que tienen servicios como la televisión y el teléfono, sin embargo, es claro que se ha unido como un aspecto fundamental de la infraestructura de telecomunicaciones de la sociedad, la convergencia tecnológica permite ofrecer transporte de datos y en un futuro cercano en nuestro país, telefonía sobre IP y todos los servicios de valor agregado asociados, así como servicios de televisión de paga a través del par de cobre que conectan los hogares hacia las redes telefónicas actuales.

La rápida evolución de las redes de transporte IP requiere un reformateo fundamental de los modelos de costos usados por los proveedores de servicio de Internet (Internet Service Provider, ISP) con la finalidad de aumentar la eficiencia, facilitar su administración de costos interna y para fundamentar sólidamente el cálculo de las tarifas y cobro con una orientación al servicio. De acuerdo a Reichl [9], la forma tradicional del modelado de los costos en una red de comunicaciones no es funcional y la inclusión de servicios debe considerarse de manera explícita.

El modelo de costeo para un ISP busca identificar los parámetros relevantes y su relación mutua que contribuye a los costos por proveer un servicio de red a una variedad de usuarios.

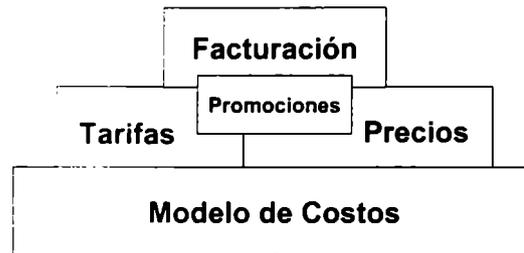


Figura 2.2 El modelo esquemático de precios de una empresa

En un mercado competitivo, el modelado de costos es útil en dos formas: primero, un modelo de costeo adecuado sirve al proveedor de servicios con respecto a la administración de los costos internos como una ayuda a la comprensión de los mismos y tendrá una influencia crítica en las decisiones de mercadotecnia y de los procesos operativos; segundo: el modelo de costeo provee una base sólida para el cálculo de precios y cargos por servicios de valor agregado como redes virtuales privadas y niveles de calidad de servicio.

La Figura 2.2 muestra esquemáticamente como se apoyan los aspectos relacionados con facturación del servicio al cliente sobre un modelo de costeo. El modelo de costeo de la empresa es la base para poder definir un catálogo de precios de los servicios ofrecidos. Sin el conocimiento de los costos, la empresa carecerá de certidumbre sobre el precio adecuado para un servicio y por consecuencia del nivel de rentabilidad que representa ofrecerlo al mercado. El precio es un aspecto comercial y es una decisión de negocio que puede verse modificada por las promociones o estrategias comerciales definidas por el proveedor. Por otra parte y al mismo nivel de los precios de acuerdo a la figura, las tarifas registradas ante las autoridades correspondientes encuentran una justificación en los costos en que incurre un proveedor por ofrecer el servicio de manera eficiente considerando todas las actividades e insumos requeridos en toda la cadena del

proceso. En la cima de la estructura se encuentra el proceso de facturación que toman los datos de las políticas comerciales y el uso del servicio por parte del usuario para obtener un reporte fundamentado.

El concepto de modelo implica que los algoritmos que serán usados para determinar el costo serán formulados en forma general, permitiendo usar los procedimientos definidos para un número ilimitado de casos que pueden diferir entre uno y otro con respecto a las variables que lo soporten.

Los sistemas de contabilidad que se aplican en la actualidad deben reorientarse para cubrir tres funciones de acuerdo a lo que menciona Kaplan [7]: valuación de inventarios, control de las operaciones y medición de los costos individuales de los productos. En el último punto, que es de relevante importancia para éste trabajo, Kaplan [7] menciona que “los estándares tradicionales de sistemas de costos están diseñados para medir los inventarios y no para medir los costos de los productos de manera exacta”.

Para Kaplan [6] no hay un modelo de costeo general ya que “cada compañía debe diseñar métodos que hagan sentido para sus productos y procesos particulares”. Una compañía que opera en un ambiente altamente competitivo está obligada a seleccionar los procesos necesarios para proveer un servicio al costo mínimo es decir, de manera eficiente asegurando que ningún recurso que no sea absolutamente necesario sea utilizado en el proceso de producción.

La propuesta de modelo costeo de la infraestructura de la red de transporte se establece en relación a los elementos y los servicios. La red se descompone en los elementos definidos por la funcionalidad que proveen tales como enrutamiento y conmutación (*switching*). El costo basado

en el elemento tiene la ventaja de que, en una forma simple y verificable, los costos de los servicios pueden ser pareados con la funcionalidad definida para los elementos usados.

2.3 Los costos incrementales

En el ambiente de las telecomunicaciones las entidades reguladoras¹ han definido reglas como las metodologías de costos incrementales con la finalidad de crear un escenario que invite a los inversionistas a participar de un mercado para promover la competencia en beneficio del cliente final. Los competidores entrantes tendrán que pagar por usar la infraestructura de conectividad pero exclusivamente por los costos que estén relacionados a esta.

Tar-Mahomed [5] define una serie de principios de eficiencia y de costos incrementales descritos a continuación:

- **Costos marginales de corto plazo** (*Short Run Marginal Cost, SRMC*). El costo de atender una demanda adicional sobre un período corto de tiempo que no requiere una cantidad adicional de capacidad.
- **Costos incrementales de largo plazo** (*Long Run Incremental Cost, LRIC*) Costo de proveer un gran número de unidades adicionales de un servicio sobre un período de tiempo en el cual la capacidad adicional será necesaria. LRIC puede ser usado para muchas decisiones de negocio relacionadas con servicios existentes.

1

- Modificación al Título de Concesión de Telmex, S.A. de C.V.. Capítulo 6 Regulación tarifaria y equilibrio financiero. Sección 6.6 Estudio de Costos incrementales por servicio.
- Metodología de separación contable por servicio aplicable a los concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones. 1° de Diciembre de 1998.

- **Costos incrementales de largo plazo totales de servicio** (*Total Service Long Run Incremental Cost, TLSRIC*). Costo de proveer un servicio para la demanda total comparado con no proveer en absoluto el servicio (demanda cero). Incluye los costos fijos directos en los cuales no se incurriría si el servicio no se ofrece, además de los costos directos variables y los costos de capacidad. TLRIC puede ser usado para la mayoría de las decisiones de negocio que consideren completamente nuevos servicios.
- **Costos de elementos totales de largo plazo** (*Total Element Long Run Incremental Cost, TELRIC*). Constituyen una evolución de los costos anteriormente descritos y fue definida por la *U.S. Federal Comisión (FCC)* como los TLRIC para elementos de red que no se pueden desagregar o dividir en partes y deben considerarse como una unidad.

Dado que LRIC considera los costos incrementales de agregar o retirar servicios y un esquema de largo plazo, resulta evidente que es el método más adecuado para el estudio de redes multiservicio. El proveedor tomará la decisión de hacerlo cuando los costos incurridos en el largo plazo por la decisión de producir son al menos cubiertos por los ingresos alcanzados.

Los costos de un incremento son los costos en que una compañía incurre para proveer un nuevo servicio considerando que ya existe una cartera de servicios. Incluye todos los costos directos o indirectos asignables al servicio, esto es, se incluyen aquellos que son resultado de indivisibilidades en la producción del incremento. Pineda [1] menciona que el procedimiento LRIC indica cuánto costará a una compañía incrementar su nivel de producción a partir de un nivel de producción actual para proveer un nuevo servicio.

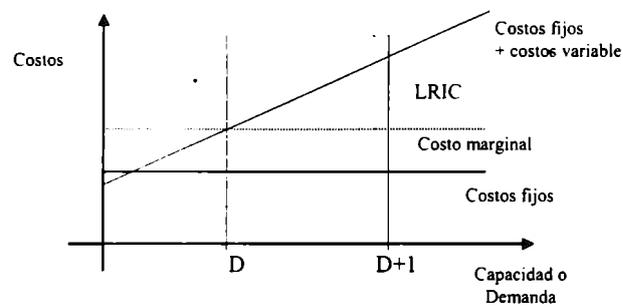


Figura 2.3 Representación de los costos incrementales

En la Figura 2.3, LRIC toma en cuenta sólo los costos relacionados con el incremento de la demanda a partir de un nivel presente. Cuando se tiene una base instalada de capacidad para satisfacer una demanda D la empresa se sitúa en el punto D con su combinación de costos fijos y variables. Cuando la demanda se modifica situándose en el punto $D+1$, los costos se elevan para satisfacer tal requerimiento sea por incremento en la demanda o un nuevo servicio, estos costos se consideran incrementales.

2.4 El enfoque de costeo Arriba-Abajo y Abajo-Arriba

Tar-Mohamed El proceso de comprensión de la forma en que los costos son generados dentro de la estructura de la red de transporte y consumidos o asignados a los servicios que se proveen, no debe considerarse trivial y requiere de procesos estructurados.

Para Tar-Mahomed [5], la aproximación Arriba-Abajo inicia desde el libro general de contabilidad y divide los costos en los elementos que conforman el servicio ofrecido, de acuerdo al modelo del servicio, a través de orígenes de costos y sin tomar en cuenta el monto de servicio entregado, esto es la demanda. Por otra parte, la aproximación Abajo-Arriba hace referencia a la demanda de servicios como punto inicial, para adaptar una red que sea adecuada para la demanda (requiere por lo tanto un modelo de la red así como las reglas de dimensionamiento para

determinar los elementos de red), y así, proveer la agregación del costo de los servicios por el costo de los elementos de red usados por el servicio. En ambos casos, los costos de los servicios se calculan sumando el costo de los elementos usados para proveer un servicio. Esto es una aproximación basada en el elemento lo que permite dar seguimiento al servicio dentro de la red en cada elemento que contribuye a su liberación al cliente. El entorno competitivo del sector hace de la metodología basada en la demanda el enfoque más adecuado para el costeo de las redes transporte IP multiservicio.

Aspectos	Arriba—Abajo	Abajo—Arriba
Positivos	<ul style="list-style-type: none"> • Basado en costos reales presentes • Asignación total de costos • Articulado 	<ul style="list-style-type: none"> • No requiere o es mínimo el requerimiento de información confidencial • Orientado a la eficiencia • Transparencia
Negativos	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere información confidencial • Incluye algunas ineficiencias • Orientado a la historia de la compañía 	<ul style="list-style-type: none"> • El modelado de gastos de operación es mínimo • El optimismo excesivo puede ser peligroso

Tabla 2.1 Resumen de las metodologías Arriba—Abajo y Abajo—Arriba

2.5 La clasificación de los costos

Los costos relacionados a los procesos que el proveedor de servicios ofrece son variados por lo que es importante describir una clasificación general:

- **Costos específicos.** Son los costos que pueden ser relacionados directamente con el aprovisionamiento de un servicio.
- **Costos comunes:** No existe una relación directa entre los costos y los servicios ya que hay elementos cuya funcionalidad se comparte entre dos o más servicios. Para estos costos cada empresa debe definir sus propias reglas de distribución. Cuando se dividen los costos comunes se llama costos distribuidos.

- **Costos compartidos.** Son aquellos en los que se incurre cuando los procesos de aprovisionamiento generan simultáneamente dos o más servicios en proporciones fijas. Los costos compartidos se relacionan con una familia de servicios de manera evidente.
- **Costos fijos.** Son costos que no varían con el volumen de la producción, al menos en el corto plazo. Tales costos deben ser cubiertos independientemente de la cantidad de servicios ofrecidos empresa. Por ejemplo la renta de un edificio.
- **Costos variables.** Totalmente contrario a los fijos, su monto dependerá directamente, no necesariamente de forma proporcional, de la demanda del servicio o nivel de producción.

Cuando una empresa ofrece múltiples servicios o sirve a varios mercados normalmente incurre en costos compartidos y comunes. Estos costos compartidos junto con las economías de escala permiten inferir que el ofrecimiento de múltiples servicios sobre la misma infraestructura de red sea menor que la suma de los costos de ofrecer varios servicios sobre redes separadas.

Para que una empresa mantenga su integridad financiera, es necesario que los precios de sus servicios permitan cubrir los costos comunes de toda la empresa, destaca entonces que los criterios de asignación de los costos comunes representan un punto clave ya que la asignación arbitraria o incorrecta de éstos, puede llevar a una decisión de costeo ineficiente que conlleve a empeorar la situación de la empresa. No debe utilizarse el costeo totalmente distribuido y debe apegarse a la metodología de costos incrementales.

La suma de los costos fijos y los costos variables dan el costo total de la producción, entonces el costo total es la suma de todos los costos incurridos por la empresa para generar cierto volumen de producción.

Las funciones de costo simple se definen de la siguiente forma:

$$C = \text{Costos}_{\text{ fijos}} + \text{Costos}_{\text{ variables}} * \text{nivel}_{\text{ de}_{\text{ producción}}} \quad (2.1)$$

Hay costos fijos específicos como el equipamiento asociado a un servicio en particular así como costos variables comunes como los salarios del personal de soporte.

De acuerdo con Pineda [1], los costos de operación y mantenimiento se relacionan más con los costos específicos que con los costos indirectos, compartidos y comunes. Su impacto es fácil de evaluar dado que los aspectos contables se diferencian de la operación específica, siendo los de capital más relacionados a los indirectos. Dentro de las capacidades de diferenciación, ayuda la distinción contable entre actividades específicas de la operación. Los costos incrementales son fijos o variables pero no comunes ni compartidos. Así, en una zona donde la construcción requerida es completa los costos fuertes iniciales pertenecerán de manera incremental a los servicios ofrecidos. En zonas más desarrolladas sin embargo, los costos de agregar facilidades o nuevos usuarios no dependen de la construcción intensiva de nueva infraestructura sino del uso de instalaciones ya pagadas u organizaciones ya existentes por lo que no representan costo incremental.

2.6 Costeo de una red de transporte IP Multiservicio

El rango de servicios ofrecido en una red de transporte IP es completamente diferente de los servicios ofrecidos en las redes tradicionales de voz. En la actualidad la combinación de aprovisionamiento de servicios de valor agregado y acceso IP representan un caso de negocios realista mientras que un acceso puro de IP se puede considerar un *commodity*.

La infraestructura técnica y el aprovisionamiento de servicios de valor agregado deben modelarse por separado, ya que diferentes servicios requieren diferentes recursos técnicos para ser provistos.

Para que un modelo de costeo de un ISP sea útil, deben identificarse de la manera más específica los parámetros de costos; esto requiere del modelado técnico de los varios componentes que un ISP utiliza para proveer los servicios incluyendo:

- Equipo: módems, enrutadores, conmutadores, servidores, redes LAN y WAN, enlaces a Internet.
- Programas: protocolos de enrutamiento, tablas de enrutamiento y resolución de nombres.
- Herramientas de gestión de la red: administración de cuentas, administración de fallas, administración de seguridad.
- Otros costos: personal, soporte y mantenimiento, edificios y facilidades en general.

Existen casos donde los equipos adquiridos incluyen funcionalidades que no fueron la razón de la compra y que por lo tanto son “gratis” para diferentes servicios, estas ventajas no deben considerarse costos para un nuevo servicio.

Una vez especificados los parámetros que influyen en el costo de un ISP se debe realizar un análisis de sensibilidad. Dado que el número de parámetros es muy grande se deben identificar los costos cruciales de los negociables. Identificando los parámetros que son similares para diferentes tipos de servicios se podría reducir el número de parámetros relevantes.

Con la aplicación del modelo a un ISP se estimará el costo “real” de proveer cada servicio, sin embargo, el grado de exactitud del modelo dependerá de la disponibilidad de detalles del ISP considerado bajo la premisa de que entre menos parámetros deban ser estimados, más flexible podrá ser el modelo. Si el modelo de costeo se aplica en la determinación del costo por la implementación de un nuevo servicio considerando los servicios ya existentes en la red de transporte IP con los que compartirá la infraestructura, se obtendrá una estimación del precio piso que ayude a definir un precio comercial para un nivel de rentabilidad esperado.

La metodología del modelo de costeo debe contener las consideraciones necesarias para la evolución de los costos de los componentes de la red en función del tiempo $f(t)$ tales como la depreciación y la demanda.

Los requerimientos del modelo de costeo debe basarse en:

- Teorías económicas relevantes
- Un análisis de los componentes (técnicos y no técnicos) de un ISP
- Un análisis de los servicios ofrecidos
- Inventario de un ISP

El modelo de costeo debe producir

- Un modelo transparente para comprender los costos del ISP
- Una herramienta simple y práctica para aplicar el modelo

El problema de obtener el valor de los costos relacionados a un servicio o conjunto de servicios no está autodefinido. En la medida que se hacen aproximaciones a la evaluación de costos, puede surgir la confusión ya que se encuentran elementos con más de un valor de costo asociado. Para definir el nivel de costos en una manera sistemática, se deben introducir algunas restricciones ambientales o de contexto.

2.6.1 Aproximación del modelo

La aproximación básica empieza con los elementos de red (ER) los cuales son utilizados por los servicios parcial o totalmente. El costo de un servicio por ER se determina de acuerdo a la carga que pone el servicio en el equipo: por supuesto, esto requiere que se hagan mediciones o estimaciones adecuadas en el ER.

Pasos a seguir para determinar los costos:

1. **Demanda.** Se debe determinar la demanda en términos del cliente del servicio a ser provisto, penetración, megabits de ancho de banda.
2. **Dimensionamiento.** Tamaño y modificaciones de la red para satisfacer la demanda establecida de acuerdo a las reglas de planeación de la red.
3. **Costo.** El costo de cada componente se obtiene de los precios de lista.
4. **Depreciación.** Se aplica una política de saldo para obtener el costo anual por componente.
5. **Elementos funcionales.** Los componentes se agrupan en acceso, distribución, dorsal, Internet.
6. **Sumarización** de los costos de los componentes de cada elemento.
7. **Costo relacionado a la demanda.** Para relacionar el costo del elemento a la demanda que lo genera se aplica una directriz. Esto se hace refiriéndose al modelo de servicio el cual se

obtiene del proceso de ingeniería de dimensionamiento y analizando la forma en que los recursos son usados.

8. **El costo del servicio** es obtenido sumando los elementos que lo constituyen.

2.7 La metodología de costos ABC

De acuerdo con Romero [4], Los métodos antiguos de costeo que aplicaban en esquemas de producción de un solo producto ya no son los más adecuados para las fábricas que, con la finalidad de aumentar la rentabilidad incluyen varios servicios dentro de su línea de producción, donde no es posible basarse en los costos de mano de obra directa para determinar el monto total de un producto ya que los aspectos directos solo representan un porcentaje mínimo del total; este criterio aplica para los ISP con más de un servicio compartiendo parte de la infraestructura de la red de transporte.

2.7.1 Enfoque tradicional

El enfoque tradicional asigna los gastos de fabricación a los productos utilizando alguna medida del volumen de producción de los departamentos productivos, siendo las medidas más frecuentemente usadas las horas de mano de obra directa y sus costos.

2.7.2 Enfoque Moderno

Algunas compañías se han dado cuenta de la obsolescencia de utilizar las horas de mano de obra directa como base de asignación en un medio ambiente productivo moderno; en su lugar han implementado las horas máquina como una base de asignación más apropiada para un medio ambiente productivo altamente automatizado, donde el comportamiento de costo de mano de obra directa representa un porcentaje insignificante del costo total del producto. Otras empresas

también están experimentando en el uso simultáneo de varias bases de asignación relacionadas con el volumen productivo. Los proveedores de red de transporte IP se apegan a este criterio ante la imposibilidad de determinar los costos de un servicio con los datos de la cantidad de horas dedicadas por los ingenieros a cada servicio.

Un método tradicional con dos bases de asignación relacionadas con el volumen, una tasa en función de los materiales y otra tasa por hora-máquina, representa un enfoque tradicional más moderno en el sentido de que se refina el prorrateo de los gastos indirectos de fabricación a los productos, tratando de utilizar medidas de volumen de actividad más relevantes.

Con ese método alternativo, los gastos indirectos de fabricación por manejo de materiales son asignados a un centro de costos separado y son cargados a los productos con base en el costo del material directo. Este refinamiento es particularmente importante cuando difiere el contenido de material de los productos.

2.7.3 Enfoque ABC

El método ABC de acuerdo con Romero [4], requiere que primero se recolecte información directamente de la línea de montaje, los ingenieros de configuración e instalación de equipos para el caso de los ISP. A continuación se deben examinar las demandas hechas por cada uno de los productos de recursos indirectos cuidando tres aspectos:

1. Enfocarse en los recursos caros.
2. Hacer énfasis en los recursos cuyo consumo varía significativamente por producto y tipo de producto, observando la diversidad.

3. Enfocarse en los recursos cuyos patrones de demanda no se correlacionan con medidas tradicionales de asignación como trabajo directo, tiempo de procesamiento y materiales.

El método ABC identifica las diferentes actividades que explican el comportamiento de los gastos comunes y compartidos de fabricación a los productos dependiendo de lo estos hayan consumido de las diferentes actividades para su elaboración. Adicionalmente, el método ABC provee el enfoque de largo plazo requerido.

De acuerdo con Kaplan y Cooper [6] solo hay dos tipos de costos que deben excluirse del método ABC: primero, el costo de capacidad en exceso no debe ser cargada a un solo producto; segundo, los costos de investigación y desarrollo no deben aplicarse solo a una línea nueva de productos.

ABC no está diseñado para generar decisiones de forma automática, provee de información precisa acerca de la producción, actividades de soporte y costo de los productos para que los gerentes puedan fijar su atención en los productos y procesos con más argumentos para incrementar los rendimientos.

Para obtener costos lo más exactos posibles es necesario una correcta asignación de todos los costos incurridos en la elaboración de un producto. Por tanto, es una necesidad vital asignar correctamente los gastos indirectos de fabricación a los diferentes productos que manufactura una empresa. Lo anterior es crítico para las empresas multiproductos, sobre todo cuando fabrican productos heterogéneos, productos que exigen un esfuerzo y reciben una atención desigual en su producción: en otras palabras, cuando demandan diferentes cantidades de los recursos de apoyo en su producción.

Para Romero [4], el método ABC consiste en asignar los gastos indirectos de fabricación a los productos siguiendo los pasos descritos a continuación:

1. Identificando y analizando por separado las distintas actividades de apoyo que proveen los departamentos indirectos.
2. Asignando a cada actividad los costos que le corresponden creando así agrupaciones de costo homogéneas; homogéneas en el sentido de que el comportamiento de todos los costos de cada agrupación es explicado por una misma actividad.
3. Ya que todas las actividades han sido identificadas y sus respectivos costos agrupados, entonces se deben encontrar las medidas de actividad (MA) que mejor expliquen el origen y la variación de los gastos indirectos de fabricación.

Las MAs son medidas competitivas que sirven como conexión entre las actividades y sus gastos indirectos de fabricación respectivos y que se pueden relacionar también con el producto terminado. Cada Medida de actividad debe estar definida en unidades de actividad perfectamente identificables.

Dichas MAs son conocidas como *Cost Drivers* (interpretado como orígenes del costo) y son causantes de que los gastos indirectos de fabricación varíen. Es decir, mientras más unidades de actividad del Cost Driver específico identificado para una actividad dada se consuman, entonces mayores serán los costos indirectos asociados con esa actividad.

4. Ya identificados los *Cost Drivers* apropiados para cada tipo de actividad, se debe calcular el costo unitario de proveer cada actividad al proceso productivo. Dicho costo se obtiene

- dividiendo el total de costos de una actividad dada entre el número de unidades de actividad consumidas de la medida de actividad u origen de costo identificado.
5. Se debe identificar el número de “Unidades de Actividad” consumidas por cada artículo en su producción.
 6. Finalmente, para asignar los gastos indirectos de fabricación a los productos, todo lo que se tiene que hacer es multiplicar el costo unitario de proveer cada actividad por el número de Unidades de actividad requeridas para cada producto en su elaboración.

El objetivo de ABC es hacer consciente a la alta gerencia y en general a toda la organización, del papel tan importante que juegan los departamentos indirectos dentro del proceso productivo y de cómo los gastos indirectos de fabricación incurridos en dichos departamentos contribuyen al éxito de toda la empresa. Con el enfoque ABC se pretende demostrar que los costos de los departamentos de servicio son causados por sus respectivas cargas de trabajo y no por el volumen productivo, y que las cargas de trabajo de los departamentos para los productos pueden diferir significativamente del volumen de producción.

La clave del ABC está en obtener la Medida de Actividad que mejor explique el comportamiento de todos y cada uno de los gastos indirectos de fabricación.

A pesar de que con el método ABC se puede lograr un costeo de productos mucho más preciso, se debe notar que nunca se logra obtener el costo exacto de los productos. Así que el mensaje es que es preferible estar un poco equivocados con respecto al costo exacto de cada producto que completamente erróneos. Kaplan [7] menciona que “el objetivo más importante de un sistema de costos de productos, es estimar el costo de largo plazo para fabricar cada producto vendible, en la línea de productividad de la compañía”.

Todos los costos en el largo plazo son variables, lo realmente importante es saber con respecto a qué cada uno de los costos es variable. Si lo que explica su variabilidad es el volumen productivo entonces serán variables en el sentido tradicional: más unidades producidas implican mayor costo. Kaplan [6] sugiere responder a la siguiente pregunta ¿Qué factores ocupan el tiempo y atención del personal en los departamentos indirectos?. Al investigar estas demandas se identificarán los “orígenes de costo” apropiados, los cuales pueden ser el número de instalaciones, el número de órdenes recibidas, etc.

2.8 Topología de Red

El modelo de costeo que se propone considera la premisa de una red jerárquica, donde la filosofía de dividir y conquistar aplica para la distribución de funciones entre los distintos niveles de una red de datos. Cada nivel puede enfocarse en funciones específicas permitiendo a los administradores de la red la elección de los sistemas y características adecuadas para el nivel.

Una topología de red jerárquica de acuerdo a Oppenheimer [10] es:

- Un nivel dorsal con enrutadores de alto nivel y conmutadores optimizados para la disponibilidad y desempeño
- Un nivel de distribución de enrutadores y conmutadores que implementan políticas de filtrado y de enrutamiento.
- Un nivel de acceso que conecta a los usuarios por medio de enrutadores, conmutadores, concentrados y otros dispositivos.

Las principales ventajas de un diseño jerárquico son el manejo de los paquetes de *broadcast*² y la carga de trabajo que los enrutadores requieren para comunicarse con otros enrutadores y procesar gran cantidad de notificaciones de rutas. Una metodología de diseño de red jerárquica permite diseñar topologías que limitan el número de enrutadores comunicándose.

Utilizar un modelo jerárquico puede ayudar a minimizar los costos. Se puede comprar el dispositivo de *internetworking* apropiado para cada nivel de la jerarquía, evitando así gastar dinero en características innecesarias para un nivel. También, la naturaleza modular de un diseño de modelo jerárquico permite una planificación de capacidad de red más exacta dentro de cada nivel de la jerarquía reduciendo así el desperdicio de ancho de banda. La responsabilidad y los sistemas de administración de la red pueden ser distribuidos en los diferentes niveles de una arquitectura de red modular para controlar la administración de los costos.

La modularidad permite mantener un diseño simple y fácil de entender. La simplicidad minimiza la necesidad de entrenamiento extenso para el personal de operación de la red y acelera la implementación de un diseño. El aislamiento de fallas se mejora debido a que los técnicos pueden reconocer los puntos de transición en la red permitiéndoles aislar los posibles puntos de falla.

El diseño jerárquico facilita los cambios. En la medida que los elementos de una red requieren cambiar, el costo de hacer una actualización se limita a un pequeño subconjunto dentro

² En las redes planas grandes los paquetes de broadcast sobrecargan a los CPUs. Un paquete broadcast interrumpe al CPU de cada dispositivo dentro del dominio de broadcast y demanda tiempo de procesamiento en cada dispositivo que contiene protocolos que comprendan el broadcast.

de toda la red. En una topología de red plana o en un esquema de malla, los cambios tienden a impactar a muchas redes debido a la complejidad de las interconexiones.

Cuando la escalabilidad es un objetivo primordial, la topología jerárquica es recomendable debido a que la modularidad en un diseño permite replicar los bloques en la medida que la red crece.

2.8.1 El modelo jerárquico clásico de tres niveles

Cada nivel del modelo jerárquico tiene un rol específico como lo explica Oppenheimer [10]. El dorsal provee transporte óptimo entre los sitios. El nivel de distribución conecta los servicios de la red al nivel de acceso e implementa las políticas relacionadas con la seguridad, la carga de tráfico y el enrutamiento. El nivel de acceso se compone de los enrutadores y otros equipos que recibirán las conexiones provenientes de las localidades de los clientes.

Debido a que el nivel dorsal es crítico para la interconexión entre las diferentes regiones y hacia el Internet debe diseñarse con componentes redundantes. El nivel dorsal debe ser altamente confiable y adaptarse rápidamente a los cambios. La configuración de los enrutadores de nivel dorsal debe ser optimizada para el flujo de paquetes debiendo evitarse las listas de acceso y otras características que alientan la manipulación de paquetes.

El dorsal debe tener un diámetro limitado y consistente. Los enrutadores de nivel distribución y los de nivel acceso pueden ser agregados a la red, replicando el modelo, sin necesidad de incrementar el diámetro del dorsal. Limitar el diámetro del dorsal provee un desempeño predecible facilitando la atención de problemas.

El nodo de nivel dorsal se encarga de concentrar todo el tráfico con destino a Internet proveniente de todas las regiones y se puede conectar a uno o más ISPs de nivel superior para garantizar la disponibilidad del servicio.

El nivel de distribución cumple varios roles incluyendo el control de acceso a los recursos por razones de seguridad y control del tráfico de red que atraviesa el dorsal por cuestiones de desempeño. El nivel distribución a menudo es el nivel que define los dominios de *broadcast*.

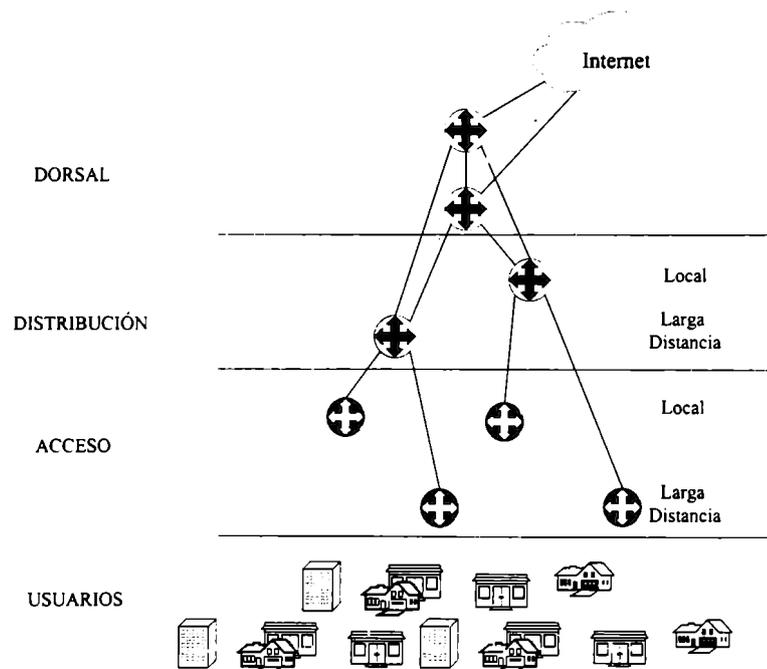


Figura 2.4 Diseño de red modelo jerárquico

El nivel distribución permite a los enrutadores de nivel dorsal conectar diversos sitios mientras se mantiene un alto desempeño. Para mejorar el desempeño del protocolo de enrutamiento, el nivel distribución puede sumarizar las rutas provenientes del nivel de acceso. El nivel distribución consiste básicamente de un equipo que concentra el tráfico de todas las localidades atendidas por un nodo de nivel acceso y se utiliza para enviar el tráfico hacia el enrutador de nivel dorsal.

El nivel acceso provee al usuario los puntos de conexiones requeridos para acceder o publicar sus servicios. Este nivel puede incluir enrutadores, conmutadores, puentes, concentradores, etcétera. Los nodos de nivel acceso se pueden componer de diferentes tecnologías para recibir las conexiones provenientes de la localidad del cliente y concentrarlos en uno o dos equipos que se comuniquen con los nodos de nivel superior.

2.8.2 Topologías de red redundantes

El diseño de red redundante elimina la posibilidad de tener un solo punto de falla en la red. El objetivo es duplicar cualquier componente requerido cuya falla provocaría la salida de servicio de aplicaciones críticas. Antes de seleccionar el diseño de solución redundante primero deben analizarse los objetivos de negocio y técnicos del servicio.

2.8.3 Una red multiservicio

Los ISPs ofrecen más de un servicio sobre la misma infraestructura para hacer más rentable la inversión ofreciendo familias de productos que se agrupan por tecnología, mercado o recursos demandados por la red. Las redes típicas de datos son de características jerárquicas con niveles de acceso, donde se conectan los clientes, niveles regionales, para concentrar los puntos de acceso, y nivel dorsal, para interconectar toda la red del ISP y conectar los enlaces hacia La red mundial Internet.

2.8.4 La ingeniería del negocio

Cada proveedor define sus propias estrategias de negocio orientadas a que la empresa se mantenga en un nivel competitivo. La calidad del servicio ofrecido es resultado de tales estrategias que para el presente trabajo se definirán como las reglas de ingeniería de la red.

Como ya se mencionó, la calidad del servicio que el proveedor busca ofrecer a sus clientes son el fundamento de la definición de las reglas de ingeniería de la red.

Estas reglas se definirán en el capítulo 3, pero se presentan a continuación algunas consideraciones generales a manera de ejemplo.

- Sobre suscripción del cliente. La definición de cuantos clientes corresponden a cada unidad de servicio está definida dentro de las mejores prácticas de la industria pero dependen principalmente de los objetivos comerciales del proveedor. Un ejemplo claro de estas reglas es el número de usuarios que contratan el servicio por cada módem de conexión con que cuenta el ISP: entre más clientes (mayor el factor de sobre suscripción) mayores ganancias obtendrá el proveedor pero la calidad del servicio disminuirá.
- El dimensionamiento del ancho de banda de los clientes. Dependiendo del servicio que se ofrezca será la demanda de ancho de banda del cliente, los clientes con servicio conmutado requerirán, debido a la tecnología, menor ancho de banda que los usuarios de línea privada.
- La apertura de un nuevo nodo. Cada proveedor definirá cuándo deberá abrir un nodo en una región dependiendo de la demanda histórica y de los pronósticos de crecimiento realizados por las áreas comerciales.

2.9 Economía de escala

Según Hitt [8], las economías de escala son las mejoras marginales de la eficiencia que la empresa registra a medida que aumenta de tamaño. Por lo tanto, a medida que aumenta la cantidad de producto fabricado durante un cierto periodo, los costos de la producción de cada

unidad disminuyen. Este concepto aplica para los servicios ofrecidos sobre una red de transporte IP, el proveedor toma la decisión de establecer un punto de presencia a partir de la información de la demanda pronosticada, los precios comerciales establecidos obedecen a la demanda esperada.

2.10 Administración del rendimiento

Administración del rendimiento (*Yield management*) [11] es un método para administrar la capacidad de rentabilidad, el término es fácilmente aplicable a otras industrias alterándolo por el rendimiento por unidad disponible de inventario basado en tiempo.

Administración del rendimiento es un método que puede ayudar a una firma a vender la unidad de inventario adecuada al tipo adecuado de cliente, en el tiempo adecuado y en el precio adecuado. La administración del rendimiento guía las decisiones de como asignar unidades no diferenciadas de capacidad a la demanda disponible de tal forma que se maximice la rentabilidad o los ingresos. El problema se convierte en determinar cuánto se debe vender a qué precio y a qué segmento de mercado.

2.10.1 Definición

Administración del rendimiento es la aplicación de sistemas de información y estrategias de precios para asignar o distribuir la capacidad adecuada al cliente adecuado en el momento adecuado (Kimes, 1989; Weatherford and Bodily, 1992). En la práctica, la administración del rendimiento ha significado la fijación de precios de acuerdo a una predicción de niveles de demanda, por lo que clientes sensibles al precio que están deseosos de comprar fuera de horarios pico puedan hacerlo a precios favorables, mientras que los clientes insensibles al tráfico que

quieran comprar en el tiempo pico puedan hacerlo. La aplicación de la administración del rendimiento ha sido más efectiva cuando se aplica a operaciones que tienen las siguientes características: capacidad relativamente fija, demanda predecible, inventario perecedero, estructura adecuada de precios y costos, y demanda que es variable e incierta.

Las industrias que utilizan la administración del rendimiento deben poseer una estructura que caracteriza costos fijos relativamente altos y muy pocos costos variables. Al igual que las empresas de hoteles y aerolíneas, otras empresas con capacidad restringida deben generar suficientes ingresos (*revenue*) para cubrir los costos variables y desplazar (*offset*) algunos costos fijos. Los relativamente pocos o bajos costos variables asociados con muchas industrias de capacidad restringida permiten un poco de flexibilidad en los precios y dan a los operadores la opción de reducir los precios durante los tiempos de baja demanda.

		Precio	
		Fijo	Variable
Duración	Predecible	Q1 Cinemas, Estadios, arenas, centros de convención	Q2 Hoteles, aerolíneas, Renta de autos, líneas de cruceros.
	Impredecible	Q3 Restaurantes, Campos de gol ISP	Q4 Hospitales, cuidado continuo

Tabla 2.2 Taxonomía de las empresas para la administración del rendimiento

Los ISP aplican un cargo fijo pero se enfrentan a una duración de uso de parte del cliente relativamente impredecible.

- Q1. Aplicación de precio fijo a un producto con duración predecible
- Q2. Aplicación de precio variable para un producto con duración establecida o predecible.

- Q3. Aplicación de precios fijos ante tiempo de utilización o duración relativamente impredecible.
- Q4. Aplicación de precios variables sin conocimiento de la duración de uso.

Q2 es el cuadrante más exitoso ya que las industrias de ese sector pueden administrar la capacidad y la duración de los clientes.

2.10.2 Aspectos no resueltos

La compañía debe tener la habilidad de segmentar el mercado basado en el deseo de pagar, información histórica de demanda y patrones de reservación, buen conocimiento de asignación de precios, una política bien desarrollada de reservaciones (*overbooking*), un buen sistema de información y tener presente que aún hay aspectos no resueltos en esta metodología:

- Los pronósticos, el mejor y más apropiado uso.
- Integración de sistemas de información.
- Asignación de precios (*pricing*)
- Satisfacción del cliente
- Sistemas de incentivos

2.11 Optimización de recursos

En cualquier empresa, muchas de las decisiones que se toman tienen como objeto hacer el mejor uso posible (optimización) de los recursos de la misma. La programación lineal (PL) se engloba en la investigación de operaciones y es una técnica matemática diseñada para ayudar a los directivos en la planificación y toma de decisiones referentes a la asignación de los recursos.

Taha [3] dice que la investigación de operaciones “es una ciencia y un arte. Es una ciencia por las técnicas matemáticas que presenta, y es un arte porque el éxito de todas las fases que anteceden y siguen a la resolución del modelo matemático depende mucho de la creatividad y la experiencia del equipo de investigación de operaciones”. El equipo al que hace referencia es un grupo de expertos de varios temas que en conjunto buscan soluciones al problema bajo estudio abarcando ramas incluso del comportamiento humano como individuo y dentro de una sociedad.

Para el caso de un proveedor de servicios de transporte IP los recursos se representan como sigue:

- Cantidad de puertos o módems para recibir a los clientes.
- Infraestructura de enlaces para transportar los requerimientos de los clientes.
- Personal de soporte remoto y en sitio.
- Personal administrativo de apoyo a la operación.
- Instalaciones

2.11.1 Características de un problema de PL

Las técnicas de PL han sido ampliamente utilizadas en campos diversos como el militar, industrial, financiero, de marketing, e incluso agrícola. Sin embargo, todos los problemas de PL tienen cuatro propiedades comunes como lo indica Faulín [2]:

1. Pretenden optimizar (maximizar o minimizar) alguna cantidad (función objetivo). Así, por ejemplo, el principal objetivo de un banquero sería maximizar beneficios, mientras que el

- principal objetivo de una empresa transportista podría ser minimizar los costes de los envíos.
2. Habrá que tener en cuenta las restricciones que limitan el grado en el cual es posible modificar las variables que afectan a nuestra función objetivo. Así, a la hora de decidir cuántas unidades de cada bien se han de producir, deberemos considerar, entre otras, las limitaciones de personal y maquinaria de que disponemos.
 3. El problema debe presentar distintas alternativas posibles: si una compañía produce cuatro bienes diferentes, la dirección puede usar PL para determinar las cantidades de recursos que asigna a la producción de cada uno de ellos (podría optar por hacer una asignación ponderada, dedicar todos los recursos a la producción de un único bien abandonando la producción del resto, etc.).
 4. En PL, la función objetivo debe ser una función lineal, y las restricciones deben ser expresables como ecuaciones o inecuaciones lineales.

Las funciones objetivo para el caso del proveedor de servicios podrían ser:

- Minimización de los costos en la oferta de servicios. Se busca encontrar la cantidad de elementos que componen el modelo de costeo de tal forma que se minimice los costos de ofrecer uno o varios servicios. Un planteamiento simplista de las restricciones puede provocar que el modelo arroje que del catálogo de servicios que ofrece el proveedor las condiciones se cumplen con la oferta exclusivamente del servicio que representa menos costos descalificando a los demás servicios.
- Maximización de los ingresos. Se busca encontrar la combinación ideal de servicios que represente el máximo de rentabilidad para la empresa de acuerdo a un recurso limitado

que es el ancho de banda de los enlaces de transporte. Es importante no limitar los servicios ofrecidos a la capacidad de los enlaces ya que esta debe crecer en relación a la cantidad de servicios demandados. Las restricciones de esta función objetivo deben considerar los precios establecidos por el proveedor para conocer la rentabilidad de cada servicio.

- Maximización del uso del ancho de banda. Se busca encontrar la combinación ideal de servicios para aprovechar al máximo el inventario de ancho de banda de la infraestructura de enlaces de telecomunicaciones.

2.11.2 Supuestos básicos de la PL

Desde un punto de vista técnico, hay cinco supuestos que debe cumplir todo problema de programación lineal de acuerdo con Faulín [2]:

1. Los coeficientes, tanto de la función objetivo como de las restricciones, son conocidos con exactitud y además no varían durante el período de tiempo en que se realiza el estudio (supuesto de certidumbre).
2. Tanto en la función objetivo como en las restricciones hay proporcionalidad: si para la producción de un bien empleamos 5 horas de un determinado recurso (mano de obra, maquinaria, etc.), para producir diez unidades de dicho bien serán necesarias 50 horas del mismo recurso.
3. Aditividad de actividades: tanto en la función objetivo como en las restricciones, la contribución de cada variable es independiente de los valores del resto de las variables, siendo el total de todas las actividades igual a la suma de cada actividad individual. Así, por ejemplo, si se producen dos tipos de bienes, uno que reporte un beneficio de

\$20/unidad, y otro que reporte un beneficio de \$10/unidad, la producción de un bien de cada tipo supondrá un beneficio total de \$30.

4. Las soluciones del problema serán, en general, números reales no necesariamente enteros (supuesto de divisibilidad). Para aquellos problemas en los cuales sólo tenga sentido obtener soluciones enteras (cuando las soluciones se refieran a objetos indivisibles), se usarán técnicas de Programación Lineal Entera (PLE).
5. Las variables del modelo tomarán siempre valores positivos (supuesto de no negatividad), dado que no tiene sentido hablar de cantidades negativas de objetos físicos.

El planteamiento de aspectos de programación lineal se vería beneficiado por un estudio de administración del rendimiento y segmentación del mercado para fines de la definición de las restricciones de las funciones objetivo. La aplicación de la programación lineal no obliga a que se establezca una sola función objetivo para todo el modelo de costeo; es posible establecer diferentes ecuaciones para diversos módulos del modelo que posteriormente podrían ensamblarse para buscar una solución global.

2.11.3 Resolución de un problema de PL

El método gráfico de resolución tan sólo es aplicable a problemas con dos variables (X e Y). Para aquellos casos en que el número de variables del problema es superior a dos, no es posible encontrar la solución a partir de un gráfico bidimensional y, por tanto hay que usar métodos de resolución más complejos como son el algoritmo Simplex o el algoritmo de Karmarkar, estos algoritmos permiten, mediante una serie de pasos reiterativos (tablas), abordar problemas de PL por muy complicados que éstos sean. En la práctica resulta necesario utilizar algún programa de computadora (como el LINGO o la macro Solver de Excel) que agilice los numerosos y repetitivos cálculos que exigen ambos algoritmos.

2.12 Conclusiones

El modelo de costeo que se desarrollará es aproximado, la exactitud del modelo depende de la cantidad de variables que se utilicen para describir al proveedor de servicios, a mayor cantidad de elementos a considerar en los algoritmos del modelo, el proceso de adaptación a cada empresa se complicará restándole flexibilidad. La exactitud es un aspecto de gran relevancia durante la interpretación de los resultados del modelo pero Kaplan [6] hace referencia a esta exactitud cuando dice que “el mensaje es que es preferible estar un poco equivocados con respecto al costo exacto de cada producto que completamente erróneos”, volviéndose más importante la interpretación que los directivos den a la información que a la cantidad y exactitud de la misma.

La definición de un modelo de costeo requiere de un sistema contable correcto además de prácticas y políticas del negocio bien establecidas y orientadas a la estrategia competitiva del mercado. La administración del rendimiento es fundamental para las empresas que ofrecen servicios y quieren diferenciar a sus usuarios ofreciendo niveles de servicio de acuerdo al segmento del mercado aumentando la eficiencia de su base instalada. Los estudios de optimización por medio de la investigación de operaciones le permiten al proveedor establecer escenarios de maximización y minimización de beneficios y costos respectivamente con problemas de mezclas de servicios

El análisis de los costos en que incurre el proveedor de servicios a través de un modelo le permitirá ser más eficiente en sus procesos internos y podrá identificar elementos o actividades en los que se pueden disminuir los gastos reflejándose en un servicio de por lo menos la misma calidad a un precio más bajo o incrementado su margen de ganancia.

CAPÍTULO 3

El Modelo de Costeo RITMMO

3.1 Introducción

En este capítulo se presenta el algoritmo de RITMMO, un modelo de costeo para redes de transporte IP multiservicio, que se implementa con una infraestructura propuesta de noventa y seis nodos de nivel de acceso en una red jerárquica de tres niveles sobre la que se ofrecen 4 servicios de acceso a Internet: ADSL, Conmutado, ISDN y Líneas Privadas.

Inicialmente se define la metodología a seguir para el desarrollo de RITMMO así como un esquema general de agrupación de las variables involucradas. En el proceso de implantaciones evolutivas, el primer modelo que se presenta es únicamente para el servicio conmutado, a continuación se complementa con el servicio ISDN y se concluye con el algoritmo que involucra a los cuatro servicios o métodos de acceso a Internet. Cada nuevo servicio aumenta la complejidad de los algoritmos ya que se consideran factores propios de distribución de los costos compartidos de acuerdo a la naturaleza propia del servicio. RITMMO se implementa en Microsoft® Excel para observar su comportamiento. El apéndice A muestra la información utilizada para probar el algoritmo.

3.2 Esquema de RITMMO

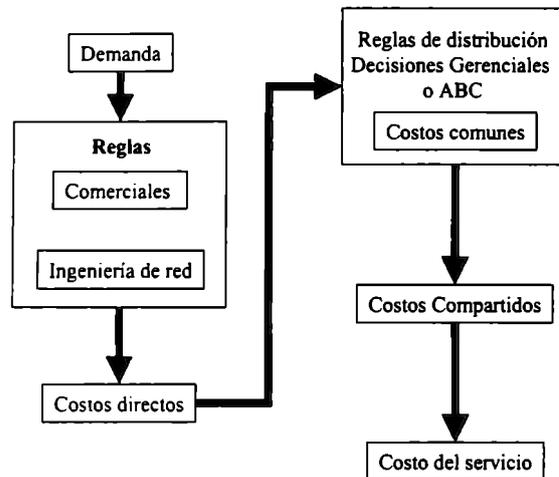


Figura 3.1 Lógica de RITMMO

RITMMO es de enfoque Abajo Arriba y con una metodología de costos incrementales de largo plazo, es decir, que el punto que origina cualquier cambio en el inventario de red es la demanda y que esta puede ser actual o pronosticada en el largo plazo.³

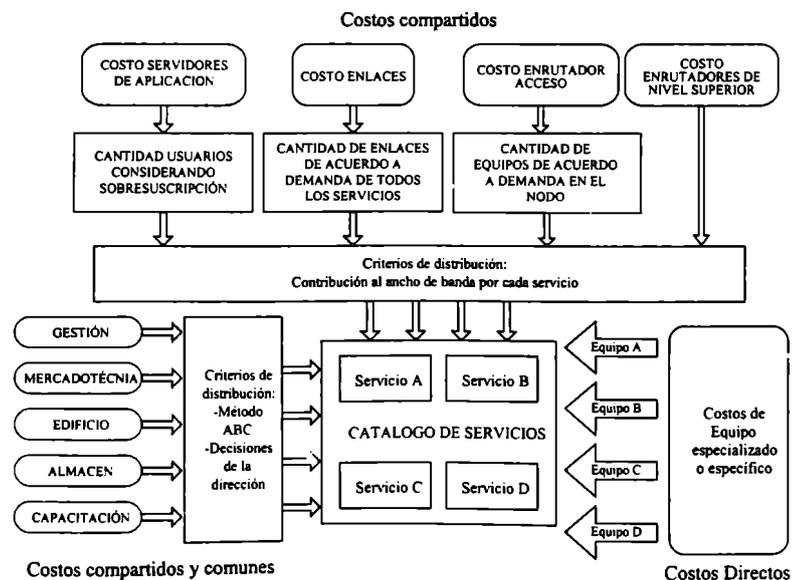


Figura 3.2 Esquema general de RITMMO

³ De acuerdo a la tecnología involucrada, para el presente trabajo, largo plazo se consideran periodos de 3 a 5 años.

RITMMO se apegan al esquema de la Figura 3.2 donde se puede apreciar que la definición del costo de un servicio se compone de múltiples costos que participan de manera diferente de acuerdo a la naturaleza de los mismos: directos, comunes o compartidos. Cada grupo de centros de costos debe contar con factores de distribución para cada servicio y no deben aceptarse distribuciones triviales que pueden resultar injustas.

3.3 Grupos de centros de costos

La selección de las variables que representan a los centros de costos que participan en la generación de los servicios, es un aspecto clave ya que la complejidad y rigidez del modelo es proporcional a la cantidad de variables participantes.

Las variables a considerar para el modelo se ubican en 4 grupos: Equipo, Transporte, Gestión y Apoyo.

- **Equipo.** Dentro de este rubro se consideran tres grandes divisiones: los equipos que están estrechamente relacionados con cada servicio, los equipos que conforman el dorsal de la red de transporte y por último los servidores de aplicación de seguridad, de resolución de nombres y optimizadores de red (*caches*). Se incluyen dentro de este grupo los conceptos de depreciación de los equipos y gastos de renta de los nodos.
- **Transporte.** El grupo de transporte incluye a los enlaces de comunicación: Enlaces hacia los nodos de distribución, enlaces hacia los nodos dorsales, enlaces entre los nodos dorsales y enlaces hacia Internet. Se incluyen los aspectos de contratación (gastos de instalación), renta y descuentos especiales por contratación a largo plazo. Algunas

consideraciones importantes para la estimación de los costos de los enlaces son los gastos por instalación que es un gasto inicial y único y una renta mensual.

- **Gestión y soporte.** Agrupa los costos relacionados con el centro de operación y administración de la red. Se incluyen los costos de los equipos de cómputo y los costos del personal responsable de la función.
- **Apoyo.** Este rubro considera a todos los costos cuyo origen es compartido por toda la organización y que se consideran actividades de apoyo al negocio central como Recursos Humanos y Mercadotecnia entre muchas otras.

Para la correcta distribución de los costos de Apoyo y de Gestión se requiere hacer un estudio detallado de acuerdo a la metodología ABC descrita en la sección 2.7.3 que permita identificar la proporción de contribución con los costos de los servicios. El presente trabajo no abarca el desarrollo de la metodología mencionada y únicamente se proponen valores para la Gestión en el ejercicio de implementación de RITMMO.

La implementación de RITMMO se basa únicamente en los 3 primeros grupos de variables por considerarse los más representativos en la definición de los costos de los servicios.

3.4 Topología a modelar

RITMMO se basa en la topología genérica que se muestra en la Figura 3.3.

- **Nodos dorsales.** Son nodos que concentran el tráfico proveniente de las regiones cubiertas por el nivel distribución y dan la salida hacia Internet. Entro los nodos Dorsales hay conexión para funciones de respaldo para casos de falla en la conexión hacia Internet

- **Nodos Distribución.** Respecto de la ubicación del nodo Dorsal correspondiente, se dividen en nodos locales y nodos de Larga distancia cuando se encuentran en una ciudad diferente.
- **Nodos Acceso.** Se dividen de manera análoga a los Nodos Distribución en locales y de larga distancia.

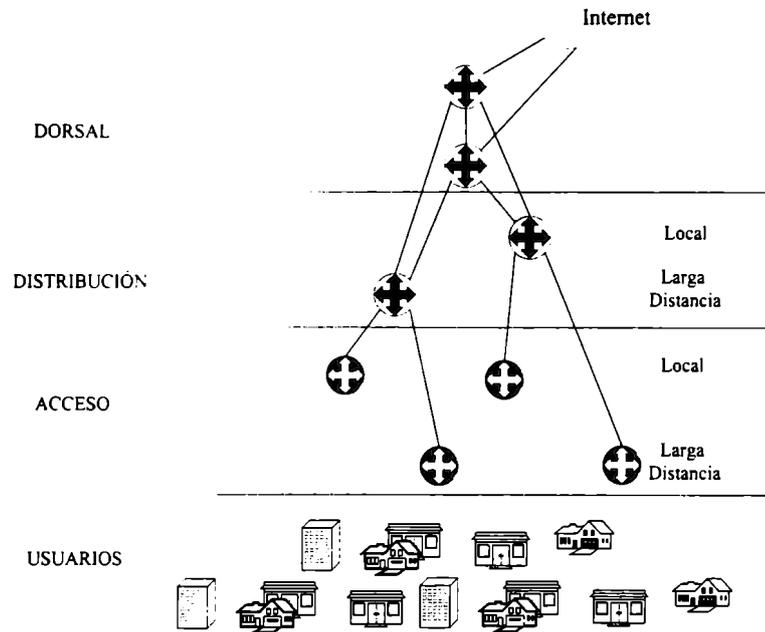


Figura 3.3 Topología genérica a modelar

3.5 Catálogo de servicios

El proveedor de servicios busca el rendimiento máximo de la infraestructura de telecomunicaciones instalada proporcionando más de un servicio sobre la misma red. Los servicios se asemejan en características y pueden compartir ciertos recursos. La evolución de los servicios implica cambios en el inventario de equipos y de ancho de banda, esta evolución trae consigo la posibilidad de ofrecer nuevos servicios a partir de pequeñas variaciones del producto original permitiendo aplicar el concepto de economías de escala.

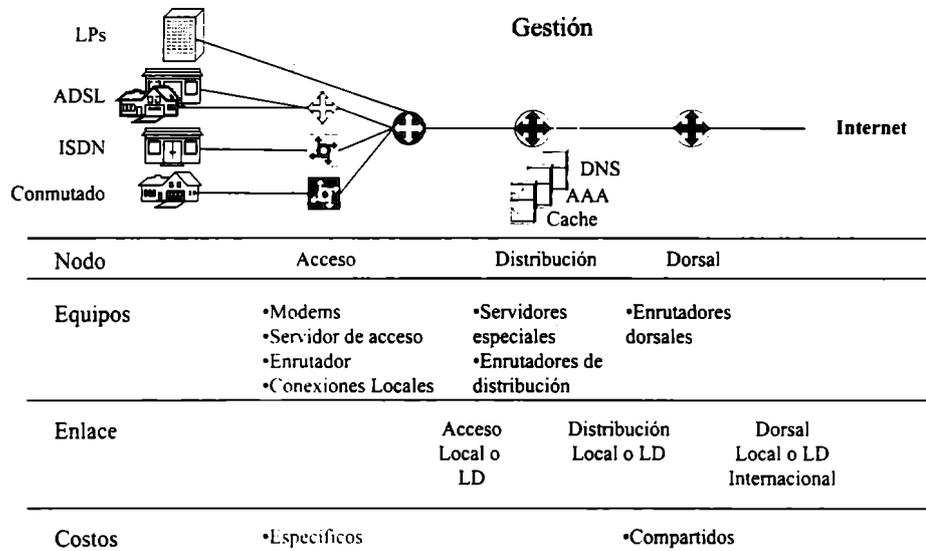


Figura 3.4 Modelo base de 4 servicios

RITMMO considera para el costeo los elementos que conforman la infraestructura de la red excluyendo el enlace proveniente de la premisa del cliente, así como el equipamiento del mismo.

3.5.1 Servicio conmutado

El servicio de acceso conmutado utiliza la línea telefónica del cliente que en conjunto con un módem realizan el enlace hacia el nodo del proveedor de servicio, el cliente se conecta hacia un servidor de acceso conmutado, es autenticado y autorizado a conectarse hacia Internet. El servidor de comunicaciones requiere por lo menos de un puerto hacia el enrutador de acceso que concentra a los demás equipos del nodo de nivel acceso. Este equipo, como se verá más adelante, se utiliza también para ofrecer el servicio de Líneas Privadas. Los elementos involucrados así como las reglas de ingeniería asociadas se describen en la Tabla 3.1.

3.5.2 Servicio ISDN

El servicio se proporciona de manera similar al servicio conmutado por medio de un servidor de acceso equipado con módems ISDN, requiere de igual forma de por lo menos un puerto de conexión hacia el enrutador de acceso.

Equipo	Servicio	Capacidad
Servidor de acceso conmutado	Módems que reciben la conexión del cliente	<ul style="list-style-type: none"> • Costo específico. • 1152 módems por equipo, 5.12 kbps por usuario • Sobre suscripción de 10 a 1 en los módems • 36 meses de vida contable
Enrutador de acceso y enrutador de distribución	Concentradores de equipos y nodos	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido • 36 meses de vida contable
Servidor AAA y Servidor DNS	Autenticación de los usuarios y resolución de nombres	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido. • Atiende a los usuarios de un nodo de distribución • 36 meses de vida contable
Servidor Cache	Servidor de optimización de la red	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido • Atiende a los usuarios de un nodo de distribución • 36 meses de vida contable
Gestión	Servicio de supervisión de la red	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido • Todos los usuarios de todos los servicios

Tabla 3.1 Elementos y reglas de ingeniería del servicio conmutado

Equipo	Servicio	Capacidad
Servidor de acceso conmutado	Módems que reciben la conexión del cliente.	<ul style="list-style-type: none"> • Costo específico. Incluye las facilidades de conexión hacia el enrutador de acceso. • 240 módems por equipo, 14.63 kbps por usuario • Sobre suscripción de 7 a 1 en los módems • 36 meses de vida contable
Enrutador de acceso y enrutador de distribución	Concentradores de equipos y nodos	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido • 36 meses de vida contable
Servidor AAA y Servidor DNS	Autenticación de los usuarios y resolución de nombres	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido. • Atiende a los usuarios de un nodo de distribución • 36 meses de vida contable
Servidor Cache	Servidor de optimización de la red	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido. • Atiende a los usuarios de un nodo de distribución • 36 meses de vida contable
Gestión	Servicio de supervisión de la red	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido • Todos los usuarios de todos los servicios

Tabla 3.2 Elementos y reglas de ingeniería del servicio ISDN

3.5.3 Servicio ADSL

Las conexiones ADSL requieren que la red de telefonía pública conmutada multiplexe a varios usuarios entregando un solo enlace hacia el equipo del proveedor de transporte por lo que cada puerto ATM del enrutador de éste último atenderá a muchos usuarios que luego se envían hacia el enrutador agregador del nodo.

Equipo	Servicio	Capacidad
Enrutador ADSL	Puertos que reciben a usuarios multiplexados	<ul style="list-style-type: none"> • Costo específico. • 4225 conexiones por equipo, 36.68 kbps por usuario • Sin sobre suscripción • 36 meses de vida contable
Enrutador de acceso y enrutador de distribución	Concentradores de equipos y nodos	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido • 36 meses de vida contable
Servidor AAA y Servidor DNS	Autenticación de los usuarios y resolución de nombres	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido. • Atiende a los usuarios de un nodo de distribución • 36 meses de vida contable
Servidor Cache	Servidor de optimización de la red	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido. • Atiende a los usuarios de un nodo de distribución • 36 meses de vida contable
Gestión	Servicio de supervisión y gestión en toda la red	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido. • Todos los usuarios de todos los servicios

Tabla 3.3 Elementos y reglas de ingeniería del servicio ADSL

Equipo	Servicio	Capacidad
Enrutador de acceso	Puerto para concentrar las conexiones hacia el enrutador de Distribución	<ul style="list-style-type: none"> • Costo específico. • 320 puertos por equipo, 102.4 kbps por usuario • Sin sobre suscripción. • 36 meses de vida contable
Enrutador de Distribución	Puerto para concentrar los nodos de acceso	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido • 36 meses de vida contable
Servidor DNS	Servidor de resolución de nombres	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido • Atiende a los usuarios de un nodo de distribución • 36 meses de vida contable
Servidor Cache	Servidor de optimización de la red	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido • Atiende a los usuarios de un nodo de distribución • 36 meses de vida contable
Gestión	Servicio de supervisión de toda la red	<ul style="list-style-type: none"> • Costo compartido. • Todos los usuarios de todos los servicios

Tabla 3.4 Elementos y reglas de ingeniería del servicio LP

3.5.4 Servicio LP

El servicio se proporciona a través de un enrutador agregador que recibe las líneas privadas provenientes de los usuarios, este equipo funciona también como un concentrador para el resto de los equipos de acceso específico. Cuanta con al menos una interfase de conexión hacia el enrutador de nivel inmediato.

3.6 Dimensionamiento del ancho de banda

Una de las premisas más importantes en la planeación de una red de transporte de datos IP es el dimensionamiento del ancho de banda. Cada uno de los usuarios recibe un compromiso de servicio que incluye la disponibilidad de la red así como la cantidad de información que podrá transitar durante su conexión.

El comportamiento de los usuarios en el acceso hacia Internet permite sobresuscribir el transporte lo que se refleja en un menor precio para el cliente y una mayor rentabilidad para el proveedor. Los factores que se consideran para el dimensionamiento en el ancho de banda requerido para ofrecer todos los servicios para el presente trabajo son la concurrencia, el factor de uso y los optimizadores de red o memorias intermedias también llamados Caches. La Tabla 3.5 muestra la aplicación de los 3 factores a considerar.

Servicio	AB Comercial Kbps	Utilización	Concurrencia	Uso de Cache	Ancho de banda para dimensionar
ADSL	512	60%	15%	80%	36.68
Conmutado	64	100%	10%	80%	5.12
ISDN	128	100%	14%	80%	14.63
LP	512	80%	31%	80%	102.40

Tabla 3.5 Factores para el Dimensionamiento del ancho de banda

- El Ancho de Banda (AB) comercial es la velocidad que el cliente contrata.

- La utilización indica que porcentaje de los clientes conectados hace uso de la infraestructura de transporte. Los servicios Conmutado e ISDN tienen una utilización del 100% lo que indica que los usuarios se conectan para hacer uso del servicio, mientras que los otros dos servicios por ser configuraciones siempre conectadas a la red no siempre están trabajando.
- El uso de optimizadores permite reducir la demanda de ancho de banda ya que en estos dispositivos se almacenan copias de las páginas más solicitadas por los usuarios evitando que se utilice todo el transporte.

3.7 Tipos de nodos

No todos los nodos o puntos de presencia del proveedor deben ofrecer los mismos servicios ya que la oferta depende de la demanda y de las estrategias comerciales de la empresa. La siguiente tabla muestra los tipos de nodos existentes en la red de acuerdo a la combinación de servicio ofrecidos.

Tipo	Conmutado	ISDN	LP	ADSL
TN1	Si		Si	
TN2	Si	Si	Si	
TN3	Si		Si	Si

Tabla 3.6 Combinaciones de nodos de acuerdo a la oferta de servicios

De acuerdo a lo anterior, el siguiente diagrama muestra una perspectiva de las combinaciones de nodos como posibilidades de costeo:

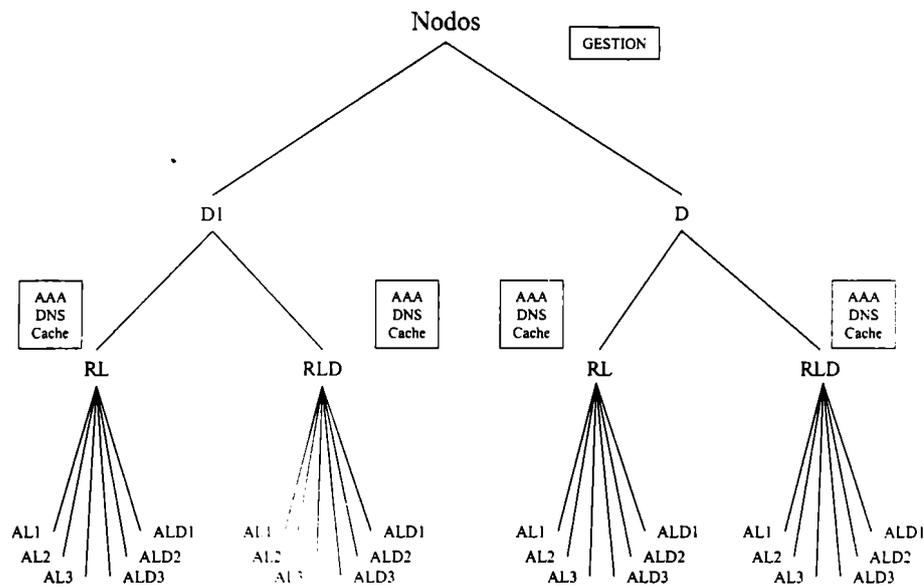


Figura 3.5 Combinaciones de nodos

Existen 24 tipos diferentes de combinaciones de nodos de acuerdo a los servicios atendiendo a la oferta de servicios de cada nodo y de las características de ubicación (Local y LD) respecto del nodo de nivel inmediato superior.

3.8 Modelo para servicio conmutado

Como primer ejercicio se presenta el algoritmo de RITMMO considerando una infraestructura de un proveedor de servicios de acceso hacia Internet por medio de líneas conmutadas.

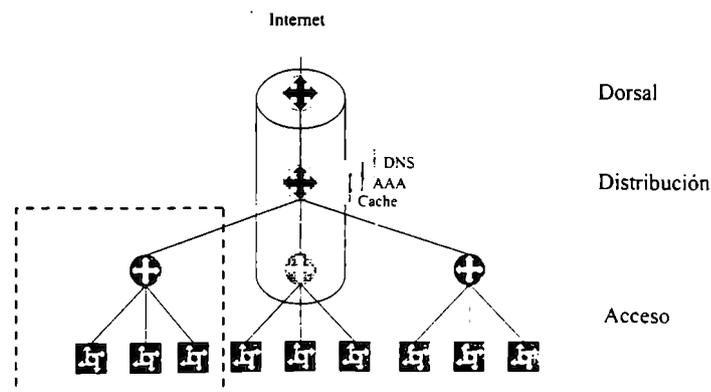


Figura 3.6 Red para un modelo de costeo, servicio conmutado

Como se muestra en la Figura 3.6, un ejercicio sencillo de costeo para el nodo de acceso del centro representaría que los costos de toda la infraestructura deben ser pagados por los usuarios del nodo y se comporta como si se tratara de una sola infraestructura desde el enrutador de acceso hasta Internet haciendo la analogía con un enlace directo. La Tabla 3.7 muestra las variables utilizadas en las ecuaciones del modelo.

Variables modelo conmutado	
TNA	Total de Nodos de acceso
TENA	Total de equipos en el nodo de acceso
SAC	Costo del servidor de acceso conmutado
FD	Factor de depreciación asociado a cada equipo. Su valor esta limitado al conjunto 1, 0.75, 0.50 y 0.01
LL	Costo del enlace local dentro del nodo
EA	Costo del enrutador de acceso
RNA	Renta pagada por el nodo de acceso.
TND	Total de nodos de distribución
TEND	Total de equipos en el nodo de distribución
ED	Costo del enrutador de distribución
S	Costo de los servidores de aplicación limitados al conjunto 1=Seguridad, 2=Cache, 3=DNS
RND	Renta del nodo de distribución
TND _o	Total de Nodos Dorsales
TEND _o	Total de equipos en un nodo Dorsal
ED _o	Costo del enrutador Dorsal
RND _o	Renta del Nodo Dorsal
TND _{iL}	Total de nodos de Distribución locales respecto al nodo Dorsal
TND _{iLD}	Total de nodos de Distribución de Larga Distancia respecto al nodo Dorsal
msac	módems instalados en el servidor de acceso de conmutado
thc	Throughput estimado para cada uno de los módems
E1, E3	Ancho de banda (E1 2.048 Mbps y E3 34 Mbps) considerando premisas de reorden de inventario de red
S1, S4	Ancho de banda (S1 155 Mbps y S4 622 Mbps) considerando premisas de reorden de inventario de red
RE1, RE3, RS1, RS4	Renta de enlaces locales
RE1LD, RE3LD, RS1LD, RS4LD	Renta de enlaces de larga distancia
TNAL	Total de Nodos de acceso Locales
TNALD	Total de Nodos de acceso de LD
G	Gestión
Ap	Costos del grupo de variables de Apoyo

Tabla 3.7 Variables del modelo conmutado

A continuación se muestran las ecuaciones de RITMMO para el servicio conmutado.

La Ecuación (3.1) estima el costo de los nodos de acceso, incluye el costo del servidor de acceso conmutado considerando su factor de depreciación; se incluye el enlace local en el nodo además del costo del enrutador de acceso y la renta del nodo.

$$X_1 = \sum_{i=1}^{i=TNA} \left[\sum_{j=1}^{j=TENA} [(SAC_{ij} * FD_{ij}) + (LL_{ij})] + ((EA_i * FD_i) + RNA_i) \right] \quad (3.1)$$

La ecuación (3.2) estima el costo del nodo de distribución, incluye el costo del enrutador de distribución así como los costos de los servidores y la renta del nodo de distribución.

$$X_2 = \sum_{i=1}^{i=TND} \left[\sum_{j=1}^{j=TEND} (ED_{ij} * FD_{ij}) + \sum_{p=1}^{p=3} S_{pi} * FD_{pi} \right] + RND_i \quad (3.2)$$

La ecuación (3.3) estima el costo del enrutador dorsal. Incluye los costos del enrutador de dorsal y la renta del nodo.

$$X_3 = \sum_{i=1}^{i=TND0} \left[\sum_{j=1}^{j=TEND0} (ED0_{ij} * FD_{ij}) \right] + RND0_i \quad (3.3)$$

Las ecuaciones (3.4) a (3.7) estiman el ancho de banda considerando 2 tipos de nodos de acceso, locales y de larga distancia, para 2 tipos de nodos de distribución, locales y de larga distancia. El total de módems instalados representa la posible demanda máxima en un momento de total ocupación y se dimensiona de acuerdo a un *throughput* definido en las reglas de ingeniería y comerciales.

$$Y_1 = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNAiL} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (3.4)$$

$$Y_2 = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNAiL} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (3.5)$$

$$Y_3 = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (3.6)$$

$$Y_4 = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (3.7)$$

Las ecuaciones (3.8) y (3.9) estiman el costo total y tipo de los enlaces de transmisión de acuerdo al ancho de banda y cobertura hacia el nodo de Distribución.

$$Y_5 = RE1 * \frac{Y_1 + Y_3}{E1} \quad Si \frac{Y_1 + Y_3}{E1} \leq 5 \quad Y_5 = RE3 * \frac{Y_1 + Y_3}{E3} \quad Si \ 0.3 < \frac{Y_1 + Y_3}{E3} \quad (3.8)$$

$$Y_6 = RE1LD * \frac{Y_2 + Y_4}{E1} \quad Si \frac{Y_2 + Y_4}{E1} \leq 5 \quad Y_6 = RE3LD * \frac{Y_2 + Y_4}{E3} \quad Si \ 0.3 < \frac{Y_2 + Y_4}{E3} \quad (3.9)$$

La ecuación (3.10) Costo total de los enlaces hacia el nivel de distribución.

$$X_4 = Y_5 + Y_6 \quad (3.10)$$

Las ecuaciones (3.11) y (3.12) estiman el costo total y tipo de enlaces de acuerdo al ancho de banda y cobertura hacia los nodos de nivel dorsal.

$$Y_7 = RE3 * \frac{Y_1 + Y_2}{E3} \quad Si \frac{Y_1 + Y_2}{E3} \leq 3 \quad Y_7 = RS1 * \frac{Y_1 + Y_2}{S1} \quad Si \ 0.5 < \frac{Y_1 + Y_2}{S1} \quad (3.11)$$

$$Y_8 = RE3LD * \frac{Y_3 + Y_4}{E3} \quad Si \frac{Y_3 + Y_4}{E3} \leq 3 \quad Y_8 = RS1LD * \frac{Y_3 + Y_4}{S1} \quad Si \ 0.5 < \frac{Y_3 + Y_4}{S1} \quad (3.12)$$

La ecuación (3.13) estima el costo total de los enlaces hacia el nivel dorsal.

$$X_5 = Y_7 + Y_8 \quad (3.13)$$

La ecuación (3.14) estima el costo de enlaces dorsales locales y de larga distancia.

$$X_6 = RS4 * \frac{X_4}{S4} + RS4LD * \frac{X_4}{S4} \quad (3.14)$$

La ecuación (3.15) estima el costo de los enlaces internacionales hacia Internet

$$X_7 = RLDI * \frac{X_4}{S4} \quad (3.15)$$

La ecuación (3.16) estima el costo del servicio incluyendo la gestión (G) e indicando las variables del grupo de Apoyo (Ap).

$$\text{Costo}_{\text{por}_{\text{modem}}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=7} Xi + G + Ap}{\sum_{j=1}^{i=\text{Total}_{\text{modems}}} msac_j} \quad (3.16)$$

Por tratarse de una red para un solo servicio, todos los costos se suman y se dividen entre la base instalada de módems. El costo obtenido con la ecuación (3.16) representa para el proveedor un piso en su proceso de definición de precios es decir, el precio mínimo al que debe ofertar el servicio para no incurrir en pérdidas.

A lo largo del proceso de crecimiento de la base instalada existen momentos donde la implantación de un equipo representará un aumento en el costo del servicio por lo que el proveedor decidirá entre instalar el equipo o esperar a que crezca la demanda para instalar más infraestructura y mantener al menos el mismo nivel de costos.

3.9 Modelo para servicios conmutado e ISDN

Este segundo acercamiento del modelo considera un proveedor de servicio de acceso a Internet por medio de enlaces conmutados y clientes ISDN (BRI), para este caso es de particular interés la distribución de los costos compartidos y el efecto sobre el costo de los servicios por compartir la infraestructura.

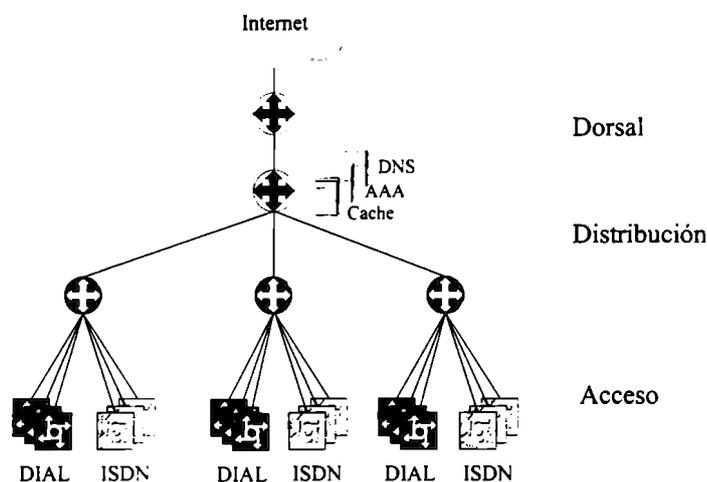


Figura 3.7 Red para servicio conmutado e ISDN

La Tabla 3.8 muestra las variables que complementan a las mostradas en la Tabla 3.7 para la definición del modelo.

Variables modelo ISDN	
SACI	Costo del servidor de comunicaciones con módems ISDN
msacl	Máximo de módems por equipo de acceso ISDN
thcl	Throughput definido para cada módem ISDN
GC	Costos de Gestión proporcionales al servicio Conmutado
GI	Costos de Gestión proporcionales al servicio ISDN
ApC	Costos de las variables de apoyo proporcionales al servicio Conmutado
ApI	Costos de las variables de apoyo proporcionales al servicio ISDN

Tabla 3.8 Variables complementarias para el modelo Conmutado e ISDN

Las ecuaciones (3.17) y (3.18) estiman los costos específicos del servicio conmutado e ISDN respectivamente en todos los nodos de la red, incluye el factor de depreciación y el enlace local dentro del nodo.

$$X_1 = \sum_{i=1}^{i=TNA} \left(\sum_{j=1}^{j=TSACN} (SAC_{ij} * FD_{ij}) + LL_{ij} \right) \tag{3.17}$$

$$X_2 = \sum_{i=1}^{i=TNA} \left[\sum_{j=1}^{j=TSACI} (SACI_{ij} * FD_{ij}) + LL_{ij} \right] \tag{3.18}$$

La ecuación (3.19) estima los costos de los enrutadores de acceso con su depreciación y la renta del nodo de acceso.

$$X_3 = \sum_{i=1}^{i=TNA} ([EAI * FDi] + RNA_i) \quad (3.19)$$

La ecuación (3.20) estima los costos de todos los nodos de distribución de la red considerando el enrutador con su factor de depreciación y la renta del nodo.

$$X_4 = \sum_{i=1}^{i=TND} \left(\sum_{j=1}^{j=TEND} (ED_{ij} * FD_{ij}) - RND_i \right) \quad (3.20)$$

La ecuación (3.21) estima los costos de la infraestructura de los nodos de nivel dorsal incluyendo la renta de dichos nodos.

$$X_5 = \sum_{i=1}^{i=TND0} \left[\sum_{j=1}^{j=TEND0} (ED0_{ij} * FD_{ij}) \right] + RND0_i \quad (3.21)$$

Las ecuaciones (3.22) a (3.29) estiman el ancho de banda requerido para los nodos locales y de larga distancia para cada uno de los servicios.

$$Y_1 = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNA} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (3.22)$$

$$Y_2 = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (3.23)$$

$$Y_3 = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNA} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (3.24)$$

$$Y_4 = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (3.25)$$

$$Y_5 = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNA} \sum_{i=1}^{i=TENA} msacI_{ijk} * thcl \quad (3.26)$$

$$Y_6 = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} msacI_{ijk} * thcl \quad (3.27)$$

$$Y_7 = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} msacI_{ijk} * thcl \quad (3.28)$$

$$Y_8 = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} msacI_{ijk} * thcl \quad (3.29)$$

$$Y_9 = \sum_{i=1}^{i=8} Y_i \quad (3.30)$$

Las ecuaciones (3.31) y (3.32) estiman el factor de distribución que se utilizará para prorratear el costo de la infraestructura compartida a partir de la demanda de ancho de banda que hace cada servicio.

$$Y_{10} = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{Y_9} \quad (3.31)$$

$$Y_{11} = \frac{Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8}{Y_9} \quad (3.32)$$

La ecuación (3.33) estima el costo de los servidores aplicativos instalados en todos los nodos de distribución y cuyo resultado debe prorratearse entre los servicios de acuerdo al uso que hagan del mismo.

$$Y_{12} = \sum_{i=1}^{i=TND} \sum_{p=1}^{p=3} S_{pi} * FD_{pi} \quad (3.33)$$

Las ecuaciones (3.36) y (3.37) determinan el factor de distribución del costo de ambos servicios a partir de la base instalada de módems para acceso conmutado e ISDN.

$$Y_{13} = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{thc} \quad (3.34)$$

$$Y_{14} = \frac{Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8}{thcl} \quad (3.35)$$

$$Y_{15} = \frac{Y_{13}}{Y_{13} + Y_{14}} \quad (3.36)$$

$$Y_{16} = \frac{Y_{14}}{Y_{13} \div Y_{14}} \quad (3.37)$$

Las ecuaciones (3.38) y (3.39) estiman el total de ancho de banda demandado por los nodos locales y de larga distancia de ambos servicios.

$$Y_{16} = Y_1 + Y_3 + Y_5 + Y_7 \quad (3.38)$$

$$Y_{17} = Y_2 + Y_4 + Y_6 + Y_8 \quad (3.39)$$

Las ecuaciones (3.40) y (3.41) estima el tipo y cantidad de enlaces a utilizar para el servicio local y de larga distancia respectivamente hacia el nodo de distribución.

$$Y_{18} = RE1 * \frac{Y_{16}}{E1} \quad Si \quad \frac{Y_{16}}{E1} \leq 5 \quad Y_{18} = RE3 * \frac{Y_{16}}{E3} \quad Si \quad 0.3 < \frac{Y_{16}}{E3} \quad (3.40)$$

$$Y_{19} = RE1LD * \frac{Y_{17}}{E1} \quad Si \quad \frac{Y_{17}}{E1} \leq 5 \quad Y_{19} = RE3LD * \frac{Y_{17}}{E3} \quad Si \quad 0.3 < \frac{Y_{17}}{E3} \quad (3.41)$$

La ecuación (3.42) estima el costo total de los enlaces hacia el nodo de distribución local y de larga distancia

$$X_6 = Y_{18} + Y_{19} \quad (3.42)$$

Las ecuaciones (3.43) y (3.44) estiman el ancho de banda requerido por ambos servicios en los nodos de Distribución y de Larga Distancia respectivamente.

$$Y_{20} = Y_1 + Y_2 + Y_5 + Y_6 \quad (3.43)$$

$$Y_{21} = Y_3 + Y_4 + Y_7 + Y_8 \quad (3.44)$$

Las ecuaciones (3.45) y (3.46) estima el tipo y cantidad de enlaces a utilizar para el servicio local y de larga distancia respectivamente.

$$Y_{22} = RE3 * \frac{Y_{20}}{E3} \quad Si \quad \frac{Y_{20}}{E3} \leq 3 \quad Y_{22} = RS1 * \frac{Y_{20}}{E3} \quad Si \quad 0.5 < \frac{Y_{20}}{S1} \quad (3.45)$$

$$Y_{23} = RE3LD * \frac{Y_{21}}{E3} \quad Si \quad \frac{Y_{21}}{E3} \leq 3 \quad Y_{23} = RS1LD * \frac{Y_{21}}{E3} \quad Si \quad 0.5 < \frac{Y_{21}}{S1} + \quad (3.46)$$

La ecuación (3.47) estima el costo total de los enlaces locales y de larga distancia hacia los nodos dorsales

$$X_7 = Y_{22} + Y_{23} \quad (3.47)$$

La ecuación (3.48) estima el costo total de los enlaces dorsales locales y de larga distancia

$$X_8 = RS4 * \frac{Y_{22}}{S4} + RS4LD * \frac{Y_{23}}{S4} \quad (3.48)$$

La ecuación (3.49) estima el costo total de los enlaces hacia Internet

$$X_9 = RLDI * \frac{Y_9}{S4} \quad (3.49)$$

Las ecuaciones (3.50) y (3.51) estiman el costo del servicio conmutado e ISDN respectivamente considerando la distribución de los costos compartidos con el criterio de distribución de la demanda de Internet que hace cada servicio

$$\text{Costo_por_modem_conmutado} = \frac{X_1 + \sum_{i=3}^{i=9} X_i Y_{i0} + Y_{12} Y_{15} + GC + ApC}{Y_{13}} \quad (3.50)$$

$$\text{Costo_por_modem_ISDN} = \frac{X_2 + \sum_{i=3}^{i=9} X_i Y_{i1} + Y_{12} Y_{16} + GI + ApI}{Y_{i4}} \quad (3.51)$$

Los costos de Gestión y de Apoyo deben analizarse con una metodología ABC para establecer proporciones más precisas.

3.10 RITMMO

El algoritmo presentado en esta sección considera 4 servicios, acceso conmutado, acceso vía ISDN, acceso por medio de enlaces permanentes y a través de ADSL. RITMMO es un modelo para redes de transporte multiservicio que genera indicadores sobre la composición y comportamiento de los costos internos en los que incurre un proveedor por generar múltiples servicios sobre la misma infraestructura; la información generada por RITMMO se utiliza como insumo para los escenarios de optimización que se revisan en la sección 4.6

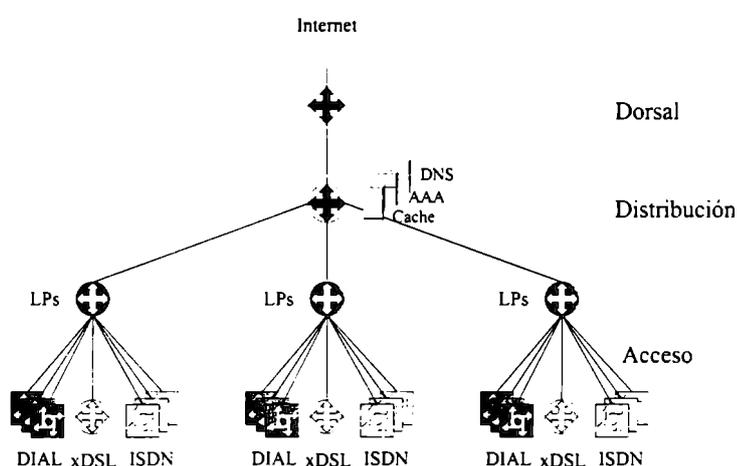


Figura 3.8 Red básica con cuatro servicios

En general para este modelo se tiene la siguiente consideración sobre la depreciación de los equipos:

- Los equipos se deprecian a 36 meses.
- La depreciación es lineal es decir, el valor de compra del equipo se divide en 36 partes
- Los equipos que se hayan depreciado completamente y aún se mantengan operando en la red tienen un costo de cero.

Las ecuaciones (3.52), (3.53) y (3.54) estiman los costos específicos de los servicios conmutado, ISDN y ADSL. Se considera el costo del equipo en su valor proporcional de acuerdo a la depreciación (Costo_del_equipo/36). El servicio LP no tiene costos específicos ya que el equipo asociado a la recepción de los clientes se comparte con el resto de los servicios.

$$X_1 = \sum_{i=1}^{i=TNA} \left(\sum_{j=1}^{j=TSACN} (SAC_{ij}) \right) \quad (3.52)$$

$$X_2 = \sum_{i=1}^{i=TNA} \left[\sum_{j=1}^{j=TSACI} (SACI_{ij}) \right] \quad (3.53)$$

$$X_3 = \sum_{i=1}^{i=TNA} \left(\sum_{j=1}^{j=TEA} (EDSL_{ij}) \right) \quad (3.54)$$

La ecuación (3.55) estima los costos mensuales de los enrutadores de acceso. La distribución de acuerdo al número de puertos que el equipo destina a LPs y concentración de los otros servicios en combinación con el número de puertos permite estimar una distribución de 70% para el servicio LPs y 10% para cada uno de los otros 3 servicios.

$$Y_1 = \left(\sum_{i=1}^{i=TNA} [EAI] \right) \quad (3.55)$$

$$X_4 = Y_1 * 0.7 \quad (3.56)$$

$$X_5 = Y_1 * 0.1 \quad (3.57)$$

La ecuación (3.58) estima la renta de los nodos de acceso.

$$Y_2 = \left(\sum_{i=1}^{i=TNA} [RNA_i] \right) \quad (3.58)$$

Las ecuaciones (3.59) a (3.66) estiman el factor de distribución del monto de la renta de los nodos de acceso. Se considera la suma de los nodos con presencia de cada servicio como un total para obtener la parte proporcional de cada uno de ellos.

$$Y_3 = \frac{TNSA}{TNSA + TNSC + TNSI + TNSL} \quad (3.59)$$

$$Y_4 = \frac{TNSC}{TNSA + TNSC + TNSI + TNSL} \quad (3.60)$$

$$Y_5 = \frac{TNSI}{TNSA + TNSC + TNSI + TNSL} \quad (3.61)$$

$$Y_6 = \frac{TNSL}{TNSA + TNSC + TNSI + TNSL} \quad (3.62)$$

$$X_6 = Y_2 * Y_3 \quad (3.63)$$

$$X_7 = Y_2 * Y_4 \quad (3.64)$$

$$X_8 = Y_2 * Y_5 \quad (3.65)$$

$$X_9 = Y_2 * Y_6 \quad (3.66)$$

La ecuación (3.67) estima el costo del servidor de seguridad. La función de autenticación no es requerida para los usuarios del servicio de Líneas privadas por lo que no participa de este costo. Las ecuaciones (3.68) a (3.72) estima el factor de distribución para el costo del servidor de autenticación, en este caso la política del proveedor establece que el número de usuarios de cada uno de los servicios es el criterio de distribución por lo que se incluye el factor de sobre suscripción comercial de cada servicio para obtener el número total de usuarios.

$$X_{10} = \sum_{i=1}^{i=TS1} Sli * FDi \quad (3.67)$$

$$Y_7 = tmc * fscc + tml * fscl + tpA * jscA \quad (3.68)$$

$$Y_8 = tmc * fscc + tml * fscl + tpA * fscA + tplp * fsclp \quad (3.69)$$

$$Y_9 = \frac{tmc * fscc}{Y_7} \quad (3.70)$$

$$Y_{10} = \frac{tml * fscl}{Y_7} \quad (3.71)$$

$$Y_7 = \frac{tpA * fscA}{Y_7} \quad (3.72)$$

La ecuación (3.73) estima el costo de los dos servidores aplicativos restantes, Cache y DNS, el prorrateo de estos dos costos será entre los cuatro servicios y se tomará un criterio similar al anterior.

$$X_{11} = \sum_{i=1}^{i=TS2} (S2_i * FD_i) + \sum_{j=1}^{j=TS3} (S3_j * FD_j) \quad (3.73)$$

Las ecuaciones (3.74) a (3.77) estiman el factor de distribución de los costos del uso de los servidores entre los cuatro servicios

$$Y_{12} = \frac{tmc * fscC}{Y_8} \quad (3.74)$$

$$Y_{13} = \frac{tml * fscI}{Y_8} \quad (3.75)$$

$$Y_{14} = \frac{tpA * fscA}{Y_8} \quad (3.76)$$

$$Y_{15} = \frac{tpL * fscL}{Y_8} \quad (3.77)$$

La ecuación (3.78) estima el costo de la infraestructura del nodo de distribución.

$$X_{12} = \sum_{i=1}^{i=TND} \left[\sum_{j=1}^{j=TEND} (ED_{ij}) \right] + RND_i \quad (3.78)$$

La ecuación (3.79) estima los costos de la infraestructura de los nodos de nivel dorsal incluyendo la renta de dichos nodos.

$$X_{13} = \sum_{i=1}^{i=TND0} \left[\sum_{j=1}^{j=TEND0} (ED_{0ij}) \right] + RND_{0i} \quad (3.79)$$

Las ecuaciones (3.80) a (3.95) estiman el ancho de banda requerido para los nodos locales y de larga distancia para cada uno de los servicios y el total se muestra en la ecuación (3.96)

$$Y_{16} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (3.80)$$

$$Y_{17} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (3.81)$$

$$Y_{18} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (3.82)$$

$$Y_{19} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (3.83)$$

$$Y_{20} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} msacI_{ijk} * thcl \quad (3.84)$$

$$Y_{21} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} msacI_{ijk} * thcl \quad (3.85)$$

$$Y_{22} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} msacI_{ijk} * thcl \quad (3.86)$$

$$Y_{23} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} msacI_{ijk} * thcl \quad (3.87)$$

$$Y_{24} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} pdsl_{ijk} * thdsl \quad (3.88)$$

$$Y_{25} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} pdsl_{ijk} * thdsl \quad (3.89)$$

$$Y_{26} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} pdsl_{ijk} * thdsl \quad (3.90)$$

$$Y_{27} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} pdsl_{ijk} * thdsl \quad (3.91)$$

$$Y_{28} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} pLP_{ijk} * thLP \quad (3.92)$$

$$Y_{29} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} pLP_{ijk} * thLP \quad (3.93)$$

$$Y_{30} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} pLP_{ijk} * thLP \quad (3.94)$$

$$Y_{31} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} pLP_{ijk} * thLP \quad (3.95)$$

$$Y_{32} = \sum_{i=16}^{i=31} Y_i \quad (3.96)$$

Las ecuaciones (3.97) a (3.100) estiman la proporción de ancho de banda demandado por el servicio conmutado, ISDN, ADSL y LP respectivamente y que se utilizará como factor de distribución de los costos compartidos.

$$Y_{33} = \frac{Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} + Y_{19}}{Y_{32}} \quad (3.97)$$

$$Y_{34} = \frac{Y_{20} + Y_{21} + Y_{22} + Y_{23}}{Y_{32}} \quad (3.98)$$

$$Y_{35} = \frac{Y_{24} + Y_{25} + Y_{26} + Y_{27}}{Y_{32}} \quad (3.99)$$

$$Y_{36} = \frac{Y_{28} + Y_{29} + Y_{30} + Y_{31}}{Y_{32}} \quad (3.100)$$

Las ecuaciones (3.101) y (3.102) estima el total de ancho de banda requerido para enlaces locales y de larga distancia respectivamente y que serán utilizadas en las ecuaciones (3.103) y (3.104) para la estimación del tipo y cantidad de enlaces a utilizar local y de larga distancia hacia los nodos de distribución.

$$Y_{37} = Y_{16} + Y_{18} + Y_{20} + Y_{22} + Y_{24} + Y_{26} + Y_{28} + Y_{30} \quad (3.101)$$

$$Y_{38} = Y_{17} + Y_{19} + Y_{21} + Y_{23} + Y_{25} + Y_{27} + Y_{29} + Y_{31} \quad (3.102)$$

$$Y_{39} = RE1 * \frac{Y_{37}}{E1} \quad Si \quad \frac{Y_{37}}{E1} \leq 5 \quad Y_{39} = RE3 * \frac{Y_{37}}{E3} \quad Si \quad 0.3 < \frac{Y_{37}}{E3} \quad (3.103)$$

$$Y_{40} = RE1LD * \frac{Y_{38}}{E1} \quad Si \quad \frac{Y_{38}}{E1} \leq 5 \quad Y_{40} = RE3LD * \frac{Y_{38}}{E3} \quad Si \quad 0.3 < \frac{Y_{38}}{E3} \quad (3.104)$$

La ecuación (3.105) estima el costo total de los enlaces hacia los nodos de distribución, locales y de larga distancia

$$X_{14} = Y_{39} + Y_{40} \quad (3.105)$$

Las ecuaciones (3.106) y (3.107) estiman el ancho de banda requerido desde los nodos de distribución hacia los nodos dorsales locales y de larga distancia respectivamente. Las ecuaciones (3.108) y (3.109) estima el tipo y cantidad de enlaces a utilizar para el servicio local y de larga distancia respectivamente. La ecuación (3.110) estima el costo total de los enlaces locales y de larga distancia hacia los nodos dorsales.

$$Y_{41} = Y_{16} + Y_{17} + Y_{20} + Y_{21} + Y_{24} + Y_{25} + Y_{28} + Y_{29} \quad (3.106)$$

$$Y_{42} = Y_{18} + Y_{19} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{26} + Y_{27} + Y_{30} + Y_{31} \quad (3.107)$$

$$Y_{43} = RE3 * \frac{Y_{41}}{E3} \quad Si \quad \frac{Y_{41}}{E3} \leq 3 \quad Y_{43} = RS1 * \frac{Y_{41}}{E3} \quad Si \quad 0.5 < \frac{Y_{41}}{S1} \quad (3.108)$$

$$Y_{44} = RE3LD * \frac{Y_{42}}{E3} \quad Si \quad \frac{Y_{42}}{E3} \leq 3 \quad Y_{44} = RS1LD * \frac{Y_{42}}{E3} \quad Si \quad 0.5 < \frac{Y_{42}}{S1} \quad (3.109)$$

$$X_{15} = Y_{43} + Y_{44} \quad (3.110)$$

La ecuación (3.111) estima el costo total de los enlaces dorsales locales y de larga distancia

$$X_{16} = RS4 * \frac{Y_{32}}{S4} + RS4LD * \frac{Y_{32}}{S4} \quad (3.111)$$

La ecuación (3.112) estima el costo total de los enlaces hacia Internet

$$X_{17} = RLDI * \frac{Y_{32}}{S4} \quad (3.112)$$

Las ecuaciones (3.113) a (3.116) estiman de cada uno de los servicios

$$\text{Conmutado} = \frac{X_1 + X_5 + X_7 + (X_{10} * Y_9) + (X_{11} * Y_{11}) + \sum_{i=12}^{i=18} X_i * Y_{33} + (G + Ap) * FPc}{\sum_{i=1}^{i=\text{Total nodos}} msac_j} \quad (3.113)$$

$$ISDN = \frac{X_2 + X_5 + X_8 + (X_{10} * Y_{10}) + (X_{11} * Y_{13}) + \sum_{i=12}^{i=18} X_i * Y_{34} + (G + Ap) * FPI}{\sum_{i=1}^{i=Total \ nodos} msal_j} \quad (3.114)$$

$$DSL = \frac{X_3 + X_5 + X_6 + (X_{10} * Y_{11}) + (X_{11} * Y_{14}) + \sum_{i=12}^{i=18} X_i * Y_{35} + (G + Ap) * FPDSL}{\sum_{i=1}^{i=Total \ nodos} pDSL_j} \quad (3.115)$$

$$LP = \frac{X_4 + X_9 + (X_{11} * Y_{15}) + \sum_{i=12}^{i=18} X_i * Y_{36} + (G + Ap) * FPLP}{\sum_{i=1}^{i=Total \ nodos} pLP} \quad (3.116)$$

Variables modelado de la infraestructura multiservicio	
FPC	Factor de prorrateo de los costos de gestión y apoyo para el servicio conmutado
FPI	Factor de prorrateo de los costos de gestión y apoyo para el servicio ISDN
FPDSL	Factor de prorrateo de los costos de gestión y apoyo para el servicio DSL
FPLP	Factor de prorrateo de los costos de gestión y apoyo para el servicio LP

Tabla 3.9 Variables complementarias para el modelado de la infraestructura multiservicio

3.11 Implementación de RITMMO

La implementación de RITMMO se realizó con Microsoft Excel, introduciendo las ecuaciones del algoritmo y luego capturando las características que describen la topología que se muestra en la Figura 3.9:

- 3 nodos dorsales con salida hacia Internet y con enlaces entre ellos formando una delta.
- Nodos de distribución locales (8) y de larga distancia (12) respecto a sus nodos dorsales correspondientes.
- Nodos de acceso locales (51) y de larga distancia (45) respecto a sus nodos de distribución.

- La oferta en los nodos de acceso de acuerdo al servicio que se presta esta distribuida de la siguiente forma:
 - 1 ADSL y Líneas Privadas
 - 3 ADSL, ISDN y Líneas Privadas
 - 16 Conmutado y Líneas Privadas
 - 16 Conmutado, ISDN y Líneas Privadas
 - 29 ADSL, Conmutado, ISDN y Líneas Privadas
 - 31 ADSL, Conmutado y Líneas Privadas
- El apéndice A muestra los costos utilizados para la aplicación del algoritmo.

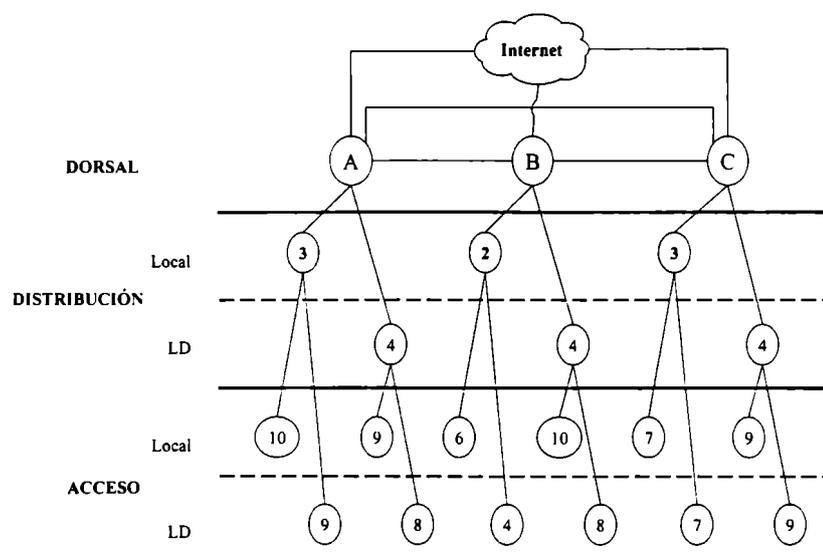


Figura 3.9 Topología para aplicación del modelo base

3.11.1 Indicadores de RITMMO

De acuerdo a las condiciones definidas para RITMMO se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 3.10, de donde se observa lo siguiente:

- En general, el centro de costos más importante está representado por el grupo de Transporte con una aportación mayor al 87% del total mientras que el servicio de Seguridad es el menos costoso con una aportación del 0.05%.

- El servicio más demandante de recursos y por consecuencia el más costoso es ADSL con el 62% del total en contraste con el 2% de ISDN que es el más bajo.

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL	%
Equipo de acceso específico	1.835.80	21.591.21	1.166.19	NA	24.593.20	6.85%
Enrutador de acceso	655.05	655.05	655.05	4.585.37	6.550.53	1.83%
Renta Nodo Acceso	1.435.29	2.047.06	1.458.82	2.258.82	7.200.00	2.01%
Renta nodo Distribución y Dorsal	826.42	101.38	17.53	254.67	1.200.00	0.33%
Enlaces Acceso-Distribución	72.109.14	8.846.36	1.529.31	22.221.32	104,706.12	29.18%
Enlaces Distribución-Dorsal	78.340.00	9.610.76	1.661.45	24.141.44	113,753.65	31.70%
Enlaces Dorsal-Internet	64.691.27	7.936.33	1.371.99	19.935.41	93,935.01	26.17%
Equipo Distribución y Dorsal	2.241.68	275.01	47.54	690.80	3,255.03	0.91%
Servidor Seguridad	16.27	142.96	6.05	NA	165.28	0.05%
Servidores Cache y DNS	50.52	444.03	18.81	139.42	652.78	0.18%
Gestión	1.149.31	430.99	287.33	1.005.65	2,873.28	0.80%
TOTAL	\$ 223,350.75	\$ 52,081.14	\$ 8,220.07	\$ 75,232.90	\$ 358,884.87	100%
	% 62%	15%	2%	21%	100%	

Tabla 3.10 Indicadores. Costo por servicio por componente (Miles de pesos).

La Tabla 3.11 muestra la composición de acuerdo a cada servicio, por ejemplo, de la Tabla 3.10 se observa que el Equipo de acceso específico representa un 6.85% del costo total el cual a su vez se encuentra prorrateado entre los 3 servicios que participan en el concepto en 7%, 88% y 5% para ADSL, Conmutado e ISDN respectivamente. Es importante recordar que estos costos son específicos y no requieren de un criterio o mecanismo de asignación. Los costos comunes, basados en un criterio de prorrateo de acuerdo a la demanda de ancho de banda que cada servicio hace de la red, son evidentes ya que su porcentaje de distribución es igual para tales costos como es el caso de las rentas, los costos del transporte y del equipo de enrutamiento de los nodos de nivel superior.

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Equipo de acceso específico	7%	88%	5%	NA	100%
Enrutador de acceso	10%	10%	10%	70%	100%
Renta Nodo Acceso	20%	28%	20%	31%	100%
Renta nodo Distribución y Dorsal	69%	8%	1%	21%	100%
Enlaces Acceso-Distribución	69%	8%	1%	21%	100%
Enlaces Distribución-Dorsal	69%	8%	1%	21%	100%
Enlaces Dorsal-Internet	69%	8%	1%	21%	100%
Equipo Distribución y Dorsal	69%	8%	1%	21%	100%
Servidor Seguridad	10%	86%	4%	NA	100%
Servidores Cache y DNS	8%	68%	3%	21%	100%
Gestión	40%	15%	10%	35%	100%

Tabla 3.11 Indicadores. Composición por centro de costos (Miles de pesos).

En la Tabla 3.12 es posible observar que en general se mantiene como el mayor centro de costos al Transporte en conjunto, aunque de manera individual, en el caso del servicio conmutado

el equipo de acceso específico es el de mayor aportación. El centro de costos con menor participación para los servicios ADSL e ISDN es el uso del servidor de seguridad, para el servicio conmutado es la renta del nodo de Distribución y Dorsal y para el servicio LP es el servicio de Cache y DNS.

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Equipo de acceso específico	0.822%	41.457%	14.187%	NA	6.583%
Enrutador de acceso	0.293%	1.258%	7.969%	6.095%	1.753%
Renta Nodo Acceso	0.643%	3.931%	17.747%	3.002%	1.927%
Renta nodo Distribución y Dorsal	0.370%	0.195%	0.213%	0.339%	0.321%
Enlaces Acceso-Distribución	32.285%	16.986%	18.605%	29.537%	28.671%
Enlaces Distribución-Dorsal	35.075%	18.453%	20.212%	32.089%	31.638%
Enlaces Dorsal-Internet	28.964%	15.238%	16.691%	26.498%	27.299%
Equipo Distribución y Dorsal	1.004%	0.528%	0.578%	0.918%	0.871%
Servidor Seguridad	0.007%	0.274%	0.074%	NA	0.044%
Servidores Cache y DNS	0.023%	0.853%	0.229%	0.183%	0.123%
Gestión	0.515%	0.828%	3.495%	1.337%	0.769%
TOTAL	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Tabla 3.12 Indicadores. Composición por cada servicio (Miles de pesos).

La Tabla 3.13 muestra la relación de los costos con los precios comerciales para mostrar los montos de utilidades de operación.

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Total de unidades	397.150	349.056	21.120	43.840	
Factor de sobrescripción	1	10	7	1	
Costo por unidad	\$ 0.562	\$ 0.149	\$ 0.389	\$ 1.716	
Costo por cliente	\$ 0.562	\$ 0.015	\$ 0.056	\$ 1.716	
Precio comercial por cliente	\$ 0.689	\$ 0.217	\$ 0.459	\$ 7.558	
Ingresos máximos potenciales	\$ 273,576.78	\$ 758,673.22	\$ 67,836.38	\$ 331,342.72	\$ 1,431,429.10
Utilidad de operación (Ing-Costo)	\$ 50,226.02	\$ 706,592.07	\$ 59,616.31	\$ 256,109.82	\$ 1,072,544.23
Participación ingresos	5%	66%	6%	24%	
Utilidad por cliente	\$ 0.126	\$ 0.202	\$ 0.403	\$ 5.842	
Factor de utilidad unitario	22%	1357%	725%	340%	
Factor de utilidad total	22%	1357%	725%	340%	299%

Tabla 3.13 Indicadores. Costos, precios y utilidad (Miles de pesos).

De los datos de la tabla se observa lo siguiente:

- El servicio con mayor presencia en la red es el conmutado. 349,056 módems con factor de sobre suscripción de 10 por lo que representa 3,490,560 clientes potenciales.
- El servicio conmutado tiene el mayor factor de utilidad con un costo por cliente de \$0.015 y una utilidad por cliente de \$0.202 con un precio comercial de \$0.217

- El servicio con mayor participación en los ingresos es el servicio conmutado lo que resulta de una combinación de su volumen y su factor de utilidad.
- El servicio con menor participación en los ingresos es ADSL con el 5%.
- Los servicios que más contribuyen al costo son ADSL y LP con el 83% mientras que su participación en los beneficios es del 29%. Caso contrario para los dos servicios restantes que con el 17% de contribución de los costos participan con el 71% de los beneficios.
- La combinación de todos los servicios ofrece al proveedor un factor de utilidad total del 299%.

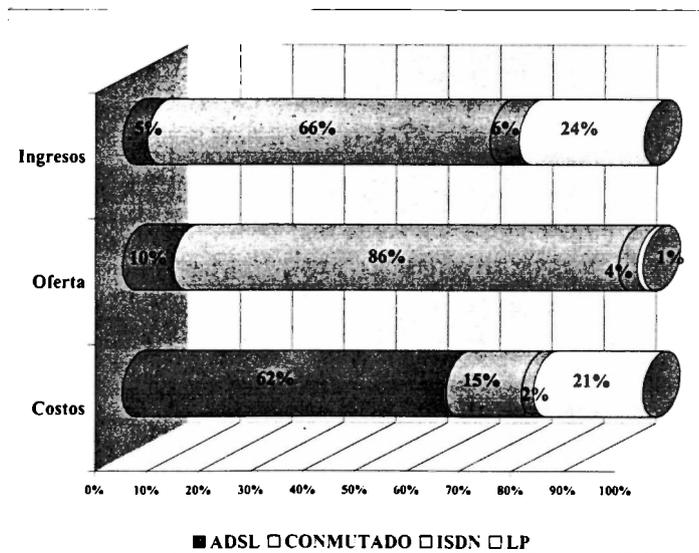


Figura 3.10 Comparativo de indicadores RITMMO con infraestructura multiservicio

3.12 Conclusiones

La definición de los algoritmos para el modelo de costeo RITMMO requiere de conocimiento de las variables que componen o que afectan cada servicio. A mayor cantidad de variables, más propietario será un modelo para un proveedor de servicios, es decir, se pierde la flexibilidad de

un modelo general que busca representar el grado en que los costos de un proveedor se relacionan con el servicio.

Los criterios de dimensionamiento del ancho de banda son fundamentales para lograr el equilibrio entre una red con infraestructura ociosa y una red con las dimensiones adecuadas de uso. El dimensionamiento adecuado permite obtener beneficios tanto para el proveedor sobre vendiendo la capacidad instalada, como para el cliente obteniendo un precio menor ya que entre varios clientes pagan la infraestructura instalada.

El nivel de acceso es más sensible a los cambios asociados a la inclusión de un servicio que los nodos de nivel superior. El centro de costos con mayor participación en el costo total de la red es el Transporte por lo que el proveedor debería negociar mejores precios de parte de su proveedor considerando volumen y tiempo de contratación, la reducción en este centro de costos impactaría favorablemente disminuyendo el costo de los servicios.

RITMMO le ayuda al proveedor de servicios a identificar la distribución y comportamiento de los costos por generara los servicios que ofrece. La clara definición de los criterios de distribución permitirá identificar diferencias entre la distribución real de acuerdo a RITMMO y las estimaciones hechas sin contar con una herramienta de esta naturaleza. RITMMO servirá ahora para identificar la afectación a los costos que representa la salida de un servicio por conveniencia estratégica de la empresa y la afectación en un esquema incremental por la entrada de un servicio que demanda gran cantidad de recursos de la red.

CAPÍTULO 4

Casos de interés

4.1 Introducción

Con la definición de RITMMO y su implementación con una infraestructura base multiservicio propuesta, el proveedor de servicios conoce la distribución de sus costos, identifica la relación de estos con cada uno de los servicios del catálogo y en consecuencia puede ajustar los gastos que hacen en puntos específicos de la red e incluso modificar sus precios con conocimiento del impacto económico en el negocio.

La naturaleza del negocio de servicios de red es dinámica por lo que un modelo estático carece de utilidad. Es un requisito que RITMMO cambie en función del tiempo y del volumen de producción para que sea una foto instantánea que le indique al proveedor el estado de la red en el momento de tomar una decisión estratégica.

En éste capítulo se presentan modificaciones al catálogo de servicios del proveedor, algunos de los cambios implicaran modificaciones en los valores introducidos a RITMMO mientras que otros requieren de la introducción de nuevos criterios de distribución.

Las modificaciones que se presentan son:

- Salida del servicio ISDN a partir del modelo base,
- Costeo de una red independiente de video,
- Introducción del servicio de video a partir del modelo base
- Modelos de optimización a partir del modelo base

4.2 Salida del servicio ISDN

El proveedor ha decidido sacar del catálogo el servicio ISDN debido a la poca demanda que tiene por parte del mercado. Los clientes serán ofertados con una propuesta de migración hacia otro servicio y RITMMO servirá para evaluar el impacto potencial por dejar de facturar el servicio manteniendo el inventario de equipo y de ancho de banda demandado por el servicio. La premisa inicial indica que los costos de toda la red se mantienen pero los servicios restantes deben modificar su aportación considerando el modelo mostrado en la sección 3.11.

Para la aplicación del algoritmo se consideró un precio comercial de cero pesos para simular la facturación nula por parte del servicio. Los costos por servicio y por componente mantienen la misma distribución que se mostró en la Tabla 3.10 lo que implica que se mantienen los inventarios de ancho de banda y de equipo en la red. Este caso sucedería cuando se toma la decisión de eliminar de tajo el servicio, suprimiendo la entrada y esperando que los clientes migren a otros servicios en respuesta a una oferta. El porcentaje sobre el valor total del concepto

se mantiene igual que en el modelo base (Tabla 3.11) al igual que la composición por cada servicio (Tabla 3.12).

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Total de unidades	397.150	349,056	21.120	43.840	
Factor de sobrescripción	1	10	7	1	
Costo por unidad	\$ 0.562	\$ 0.149	\$ 0.389	\$ 1.715	
Costo por cliente	\$ 0.562	\$ 0.015	\$ 0.056	\$ 1.715	
Precio comercial por cliente	\$ 0.689	\$ 0.217	\$ -	\$ 7.558	
Ingresos máximos potenciales	\$ 273.576.78	\$ 758,673.22	\$ -	\$ 331,342.72	\$ 1,363,592.71
Utilidad de operación (Ing-Costo)	\$ 50,240.86	\$ 706,722.45	\$ -8,214.55	\$ 256,150.76	\$ 1,004,899.51
Participación ingresos	16%	101%	-1%	84%	
Utilidad por unidad	\$ 0.127	\$ 0.202	\$ -0.056	\$ 5.843	
Factor de utilidad unitario	22%	1360%	-100%	341%	
Factor de utilidad total	22%	1360%	-100%	341%	280%

Tabla 4.1 Indicadores. Costos precios y utilidad (Miles de pesos).

Bajo las premisas ya consideradas, la Tabla 4.1 muestra que el impacto por una salida súbita del servicio ISDN representaría una disminución en el margen de utilidad de 19 puntos porcentuales respecto al modelo base de 4 servicios.

Es importante remarcar que gracias a RITMMO el proveedor tiene la posibilidad de modificar de manera sencilla el valor de una variable y observar el impacto que este cambio puede tener sobre la red.

4.3 Costeo de un nuevo servicio. Video

Para el presente trabajo se considera la posibilidad de construir una red de transporte IP exclusivamente para el servicio de video en un esquema de broadcast sobre IP que llegue hasta la residencia del cliente a través del par telefónico utilizando tecnología ADSL 2+.⁴

⁴ ADSL2+ permite ofrecer anchos de banda de hasta 9 mbps en un tramo de 2.5 kms sobre la línea o par telefónico del cliente.

Se considera una topología similar a la del modelo básico (Figura 4.1) excluyendo a los enlaces hacia Internet y haciendo uso de un protocolo de enrutamiento multicast para evitar el uso de ancho de banda duplicado sobre la red. También se consideran un ancho de banda de 7 Mbps considerando dos canales de televisión de 3.5 Mbps por cliente utilizando tecnología MPEG2.

- 3 nodos dorsales con enlaces entre ellos formando una delta
- Nodos de distribución locales (8) y de larga distancia (12) respecto a sus nodos dorsales correspondientes.
- Nodos de acceso locales (34) y de larga distancia (26) respecto a sus nodos de distribución.
- El modelado se realiza considerando 120 canales de video a 3.5 Mbps para cada canal
- Se utilizarán protocolos de enrutamiento multicast para disminuir la demanda de ancho duplicado sobre la red de transporte IP.
- Se utilizarán las aplicaciones de Seguridad, DNS y Cache y se consideran todos los servidores con vidas contables de un mes por lo que todos contribuyen al costo mensual.
- Se han instalado enrutadores específicos en los nodos involucrados

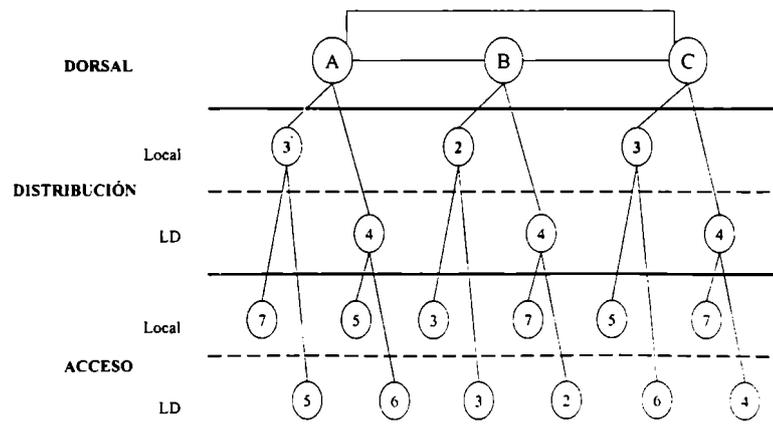


Figura 4.1 Red exclusiva de video

4.3.1 Arquitectura de video

El servicio de video consiste en la transmisión de video señal en modo Multicast utilizando una red de transporte IP. La señal de video se origina en el nodo identificado como *Headend* y transmitirá canales de televisión a todos los usuarios conectados.

El nodo *Headend* recibe la señal de los canales de televisión por medio de antenas satelitales y antenas *yagui* para los canales locales, estos canales de televisión son procesados para ser distribuidos utilizando la red IP con compresión MPEG2.

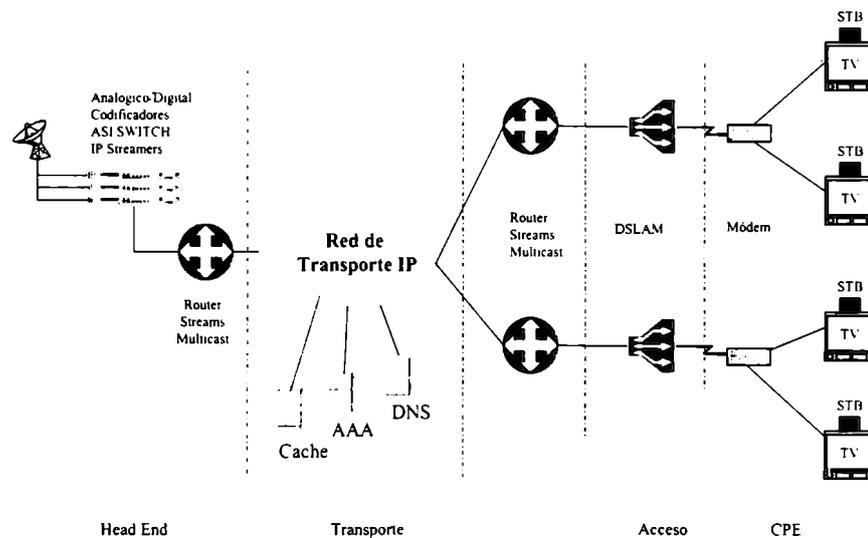


Figura 4.2 Arquitectura general de la red de video

4.3.2 Modelado de la red de video

El modelo de costos para una red con un solo servicio representa la suma de todos los costos para luego dividirlos entre el número de unidades disponibles para ofrecer el servicio tal como se mostró en la sección 3.5.1.

Para el caso del servicio de video se obtienen los resultados mostrados en las siguientes tablas, donde se observa que el costo total en el que incurre el proveedor por ofrecer el servicio es de más de 208 millones de pesos.

CONCEPTO	TOTAL	%
Equipo de acceso específico	3,983.22	2.24%
Renta Nodo Acceso	7,200.00	4.05%
Renta nodo Distribución y Dorsal	1,200.00	0.68%
Enlaces Acceso-Distribución	108,310.29	60.99%
Enlaces Distribución-Dorsal	47,671.50	26.84%
Equipo Distribución y Dorsal	3,255.03	1.83%
Servidor Seguridad	194.44	0.11%
Servidores Cache y DNS	638.89	0.36%
Gestión	5,144.14	2.90%
Total \$	177,597.51	100%

Tabla 4.2 Indicadores. Costos por servicio y por componente (Miles de pesos).

También se observa en la Tabla 4.2, que no hay cargos por enlaces hacia Internet y que el enrutador de acceso se vuelve innecesario ya que el equipo de acceso específico cumple con esa función. Destaca por su mayor participación el grupo de transporte con más del 87% mientras que el componente que menos contribuye al costo total del servicio es la aplicación de seguridad con el 0.11%

CONCEPTO	VIDEO (A)	TOTAL (A)
Total de unidades	152,250	152,250
Factor de sobresuscripción	1	
Costo por unidad	\$ 1.17	
Costo por cliente	\$ 1.17	
Precio comercial por unidad	\$ 1.58	
Ingresos máximos potenciales	\$ 240,478.88	\$ 240,478.88
Utilidad de operación (Ing-Costo)	\$ 62,881.36	62,881
Participación ingresos	35%	
Utilidad por unidad	\$ 0.41	
Factor de utilidad unitario	35%	
Factor de utilidad total	35%	35%

Tabla 4.3 Indicadores. Costos precios y utilidad (Miles de pesos).

La Tabla 4.3 muestra que el costo por cliente para el servicio es de \$1.17 aproximadamente por lo que una propuesta de precio comercial de \$1.58 representaría una utilidad de 35%

4.4 Red de cinco servicios

En un esquema más acorde con una plataforma multiservicio, el proveedor ofrecerá el servicio de video compartiendo la infraestructura ya existente tanto de equipos no específicos como de inventario de transporte, aplicaciones y gestión.

4.4.1 RITMMO con cinco servicios

Las tablas contienen las variables utilizadas en las ecuaciones del modelo de cinco servicios, es relevante las consideraciones de la naturaleza multicast del servicio de video en la definición de las ecuaciones.

Variables modelo conmutado	
TNA	Total de Nodos de acceso
TSACN	Total de servidores de acceso conmutado en un nodo
SAC	Costo del servidor de acceso conmutado
TSACI	Total de servidores de acceso conmutado ISDN en un nodo
SACI	Costo del servidor de acceso conmutado ISDN
TEA	Total de enrutadores para ADSL en un nodo
EDSL	Costo del enrutador de acceso conmutado
TEV	Total de enrutadores para el servicio de video
EV	Costo del enrutador de video
EA	Costo del enrutador de acceso, agregador y acceso de LPs
RNA	Renta pagada por el nodo de acceso.
TNSA	Total de nodos en la red con el servicio ADSL
TNSC	Total de nodos en la red con el servicio Conmutado
TNSI	Total de nodos en la red con el servicio ISDN
TNSL	Total de nodos en la red con el servicio LP
TNSV	Total de nodos en la red con el servicio Video
tmC	Total de módems conmutados en la red
tml	Total de módems ISDN en la red
tpA	Total de puertos ADSL en la red
tpV	Total de puertos de video en la red
tpLP	Total de puertos para LPs en la red
fscC	Factor de sobre suscripción comercial para el servicio conmutado
fscI	Factor de sobre suscripción comercial para el servicio ISDN
fscA	Factor de sobre suscripción comercial para el servicio ADSL
fscV	Factor de sobre suscripción comercial para el servicio de Video
fscLP	Factor de sobre suscripción comercial para el servicio de LPs
ED	Costo del enrutador de nivel distribución
RND	Renta del nodo de nivel distribución.

Tabla 4.4 Variables para el modelo de cinco servicios

Variables modelo conmutado	
EDo	Costo del enrutador de nivel distribución
RNDo	Renta del nodo de nivel distribución.
msac	Módems de servicio conmutado en el nodo
msacl	Módems de servicio ISDN en el nodo
pdsl	Puertos para el servicio ADSL en el nodo
pLP	Puertos para el servicio de LPs en el nodo
Canales	Número de canales de video que llegan al nodo
thc	Throughput del servicio conmutado
Thci	Throughput del servicio ISDN
Thdsl	Throughput del servicio ADSL
thLP	Throughput del servicio LP
thCanal	Throughput del servicio Video
RE1,RE3, RS1,RS4	Renta de enlaces locales
RE1LD, RE3LD, RS1LD, RS4LD	Renta de enlaces de larga distancia
RS4LDI	Renta de enlace STM4 de larga distancia internacional
FBk	Factor de respaldo entre los enlaces que conectan los nodos de nivel dorsal
E1, E3	Ancho de banda (E1 2.048 Mbps y E3 34 Mbps) considerando premisas de reorden de inventario de red
S1,S4	Ancho de banda (S1 155 Mbps y S4 622 Mbps) considerando premisas de reorden de inventario de red
G	Gestión
Ap	Costos del grupo de variables de Apoyo
FPc	Factor de distribución para la Gestión y Apoyo para el servicio conmutado
FPI	Factor de distribución para la Gestión y Apoyo para el servicio ISDN
FPDSL	Factor de distribución para la Gestión y Apoyo para el servicio ADSL
FPLP	Factor de distribución para la Gestión y Apoyo para el servicio LP
FPV	Factor de distribución para la Gestión y Apoyo para el servicio video

Tabla 4.5 Variables para el modelo de cinco servicios (continuación).

Las ecuaciones (4.1) a (4.4) estiman los costos asociados a los equipos de acceso específicos de los servicios: Conmutado, ISDN, ADSL y Video. Se considera el costo del equipo en su valor proporcional de acuerdo a la depreciación mensual sobre la vida útil del equipo (36 meses para el presente trabajo). De manera similar a como se mostró en la sección 3.10, el servicio LP no tiene costos específicos ya que el equipo asociado a la recepción de los clientes se comparte con el resto de los servicios haciendo las funciones de concentrador.

$$X_1 = \sum_{i=1}^{i=TNA} \left(\sum_{j=1}^{j=TSACN} (SAC_{ij}) \right) \quad (4.1)$$

$$X_2 = \sum_{i=1}^{i=TNA} \left[\sum_{j=1}^{j=TSACI} (SACI_{ij}) \right] \quad (4.2)$$

$$X_3 = \sum_{i=1}^{i=TNA} \left(\sum_{j=1}^{j=TEA} (EDSL_{ij}) \right) \quad (4.3)$$

$$X_4 = \sum_{i=1}^{i=TNA} \left(\sum_{j=1}^{j=TEV} (EV_{ij}) \right) \quad (4.4)$$

La ecuación (4.5) estima los costos mensuales de los enrutadores de acceso que cubren las funciones de concentradores para el nodo y de equipos de acceso específico para el servicio LP. La distribución de acuerdo al número de puertos que el equipo destina a LPs y concentración de los otros servicios en combinación con el número de puertos permite estimar una distribución de 60% para el servicio LPs y 10% para cada uno de los 4 servicios restantes que se aplican con las ecuaciones (4.6) y (4.7)

$$Y_1 = \sum_{i=1}^{i=TNA} [EAI] \quad (4.5)$$

$$X_5 = Y_1 * 0.6 \quad (4.6)$$

$$X_6 = Y_1 * 0.1 \quad (4.7)$$

La ecuación (4.8) estima la renta de los nodos de acceso.

$$Y_2 = \sum_{i=1}^{i=TNA} [RNA_i] \quad (4.8)$$

Las ecuaciones (4.9) a (4.13) estiman el costo proporcional de la renta de los nodos de nivel acceso para cada uno de los servicios. El factor de distribución es con base en la presencia de los servicios en los nodos de acceso. Se sumo el número de nodos donde existe oferta de cada servicio como total.

$$X_7 = Y_2 * \left(\frac{TNSC}{TNSA + TNSC + TNSI + TNSL + TNSV} \right) \quad (4.9)$$

$$X_8 = Y_2 * \left(\frac{TNSI}{TNSA + TNSC + TNSI + TNSL + TNSV} \right) \quad (4.10)$$

$$X_9 = Y_2 * \left(\frac{TNSA}{TNSA + TNSC + TNSI + TNSL + TNSV} \right) \quad (4.11)$$

$$X_{10} = Y_2 * \left(\frac{TNSL}{TNSA + TNSC + TNSI + TNSL + TNSV} \right) \quad (4.12)$$

$$X_{11} = Y_2 * \left(\frac{TNSV}{TNSA + TNSC + TNSI + TNSL + TNSV} \right) \quad (4.13)$$

La ecuación (4.15) estima el costo del servidor de seguridad. La función de autenticación no es requerida para los usuarios del servicio LP por lo que no participa de este costo. Las ecuaciones (4.16) a (4.19) estima el costo del servidor de seguridad prorrateado para cada servicio con base en un factor de distribución. La política del proveedor establece que el número de usuarios de cada uno de los servicios es el criterio de distribución por lo que se incluye el factor de sobre suscripción comercial de cada servicio para obtener el número total de usuarios de acuerdo a la ecuación (4.14).

$$Y_3 = tmC * fscC + tmI * fscI + tpA * fscA + tpV * fscV \quad (4.14)$$

$$Y_4 = \sum_{i=1}^{i=TS1} Sli * FDi \quad (4.15)$$

$$X_{12} = Y_4 * \left(\frac{tmc * fscC}{Y_3} \right) \quad (4.16)$$

$$X_{13} = Y_4 * \left(\frac{tmI * fscI}{Y_3} \right) \quad (4.17)$$

$$X_{14} = Y_4 * \left(\frac{tpA * fscA}{Y_3} \right) \quad (4.18)$$

$$X_{15} = Y_4 * \left(\frac{tpV * fscV}{Y_3} \right) \quad (4.19)$$

La ecuación (4.20) estima el costo de los dos servidores aplicativos restantes, Cache y DNS, el prorrateo de estos dos costos será entre los cinco servicios y se tomará un criterio similar al anterior con base en la ecuación (4.21). Las ecuaciones (4.22) a (4.26) estiman el costo del servidor de seguridad prorrateado para cada servicio con base en el factor de distribución.

$$Y_5 = \sum_{i=1}^{i=TS2} (S2_i * FD_i) + \sum_{j=1}^{j=TS3} (S3 * FD) \quad (4.20)$$

$$Y_6 = tmc * fscC + tmI * fscI + tpA * fscA - tlp * fscL + tpV * fscV \quad (4.21)$$

$$X_{16} = Y_5 * \left(\frac{tmc * fscC}{Y_6} \right) \quad (4.22)$$

$$X_{17} = Y_5 * \left(\frac{tmI * fscI}{Y_6} \right) \quad (4.23)$$

$$X_{18} = Y_5 * \left(\frac{tpA * fscA}{Y_6} \right) \quad (4.24)$$

$$X_{19} = Y_5 * \left(\frac{tpL * fscL}{Y_6} \right) \quad (4.25)$$

$$X_{20} = Y_5 * \left(\frac{tpV * fscV}{Y_6} \right) \quad (4.26)$$

Las ecuación (4.27) y (4.28) estiman el costo de la infraestructura del nodo de distribución y dorsa¹ respectivamente, se incluye la renta mensual.

$$Y_7 = \sum_{i=1}^{i=TND} \left[\sum_{j=1}^{j=TEND} (ED_{ij}) \right] + RND_i \quad (4.27)$$

$$Y_8 = \sum_{i=1}^{i=TND0} \left[\sum_{j=1}^{j=TEND0} (ED0_{ij}) \right] + RND0_i \quad (4.28)$$

Las ecuaciones (4.29) a (4.48) estiman el ancho de banda requerido para los nodos locales y de larga distancia para cada uno de los servicios. Las ecuaciones correspondientes al servicio de video evidencian la naturaleza multicast del servicio ya que solo se requiere el ancho de banda del total de los canales que se reciben en un nodo en lugar de un ancho de banda proporcional al número de clientes que solicitan el servicio.

$$Y_9 = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (4.29)$$

$$Y_{10} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (4.30)$$

$$Y_{11} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (4.31)$$

$$Y_{12} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} msac_{ijk} * thc \quad (4.32)$$

$$Y_{13} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} msacI_{ijk} * thcI \quad (4.33)$$

$$Y_{14} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} msacI_{ijk} * thcI \quad (4.34)$$

$$Y_{15} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} msacI_{ijk} * thcI \quad (4.35)$$

$$Y_{16} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} msacI_{ijk} * thcI \quad (4.36)$$

$$Y_{17} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} pdsl_{ijk} * thdsl \quad (4.37)$$

$$Y_{18} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} pdsl_{ijk} * thdsl \quad (4.38)$$

$$Y_{19} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} pdsI_{ijk} * thdsI \quad (4.39)$$

$$Y_{20} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} pdsI_{ijk} * thdsI \quad (4.40)$$

$$Y_{21} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} pLP_{ijk} * thLP \quad (4.41)$$

$$Y_{22} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} pLP_{ijk} * thLP \quad (4.42)$$

$$Y_{23} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNAL} \sum_{i=1}^{i=TENA} pLP_{ijk} * thLP \quad (4.43)$$

$$Y_{24} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNALD} \sum_{i=1}^{i=TENA} pLP_{ijk} * thLP \quad (4.44)$$

$$Y_{25} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNAL} Canales * thCanal \quad (4.45)$$

$$Y_{26} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} \sum_{j=1}^{j=TNALD} Canales * thCanal \quad (4.46)$$

$$Y_{27} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNAL} Canales * thCanal \quad (4.47)$$

$$Y_{28} = \sum_{i=1}^{i=TNDiLD} \sum_{j=1}^{j=TNALD} Canales * thCanal \quad (4.48)$$

Las ecuaciones (4.49) a (4.52) estiman la proporción de ancho de banda demandado por el servicio de Video para el nivel Distribución. La naturaleza multicast del servicio disminuye la demanda de ancho de banda en el nivel distribución ya que solo se requiere el ancho de banda del total de los canales que se reciben en un nodo de distribución en lugar de un ancho de banda proporcional al número de nodos de nivel acceso que cuentan con clientes solicitando el servicio.

$$Y_{29} = \sum_{i=1}^{i=TNDiL} Canales * thCanal \quad (4.49)$$

$$Y_{30} = \sum_{i=1}^{i=TNdL} \text{Canales} * th\text{Canal} \quad (4.50)$$

$$Y_{31} = \sum_{i=1}^{i=TNdLD} \text{Canales} * th\text{Canal} \quad (4.51)$$

$$Y_{32} = \sum_{i=1}^{i=TiNDiLD} \text{Canales} * th\text{Canal} \quad (4.52)$$

Las ecuaciones (4.53) y (4.54) estiman el total de ancho de banda requerido para enlaces locales y de larga distancia respectivamente y que serán utilizadas en las ecuaciones (4.55) y (4.56) para la estimación del tipo y cantidad de enlaces a utilizar local y de larga distancia hacia los nodos de distribución.

$$Y_{33} = Y_9 + Y_{11} + Y_{13} + Y_{15} + Y_{17} + Y_{19} + Y_{21} + Y_{23} + Y_{25} + Y_{27} \quad (4.53)$$

$$Y_{34} = Y_{10} + Y_{12} + Y_{14} + Y_{16} + Y_{18} + Y_{20} + Y_{22} + Y_{24} + Y_{26} + Y_{28} \quad (4.54)$$

$$Y_{35} = RE1 * \frac{Y_{33}}{E1} \quad Si \quad \frac{Y_{33}}{E1} \leq 5 \quad Y_{35} = RE3 * \frac{Y_{33}}{E3} \quad Si \quad 0.3 < \frac{Y_{33}}{E3} \quad (4.55)$$

$$Y_{36} = RE1LD * \frac{Y_{34}}{E1} \quad Si \quad \frac{Y_{34}}{E1} \leq 5 \quad Y_{36} = RE3LD * \frac{Y_{34}}{E3} \quad Si \quad 0.3 < \frac{Y_{34}}{E3} \quad (4.56)$$

Las ecuaciones (4.57) y (4.58) estima el total de ancho de banda requerido para enlaces locales y de larga distancia respectivamente y que serán utilizadas en las ecuaciones (4.59) y (4.60) para la estimación del tipo y cantidad de enlaces a utilizar local y de larga distancia hacia los nodos de dorsales.

$$Y_{37} = Y_9 + Y_{10} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{17} + Y_{18} + Y_{21} + Y_{22} + Y_{29} + Y_{30} \quad (4.57)$$

$$Y_{38} = Y_{11} + Y_{12} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{19} + Y_{20} + Y_{23} + Y_{24} + Y_{31} + Y_{32} \quad (4.58)$$

$$Y_{39} = RE1 * \frac{Y_{37}}{E1} \quad Si \quad \frac{Y_{37}}{E1} \leq 5 \quad Y_{39} = RE3 * \frac{Y_{37}}{E3} \quad Si \quad 0.3 < \frac{Y_{37}}{E3} \quad (4.59)$$

$$Y_{40} = RE1LD * \frac{Y_{38}}{E1} \quad Si \quad \frac{Y_{38}}{E1} \leq 5 \quad Y_{40} = RE3LD * \frac{Y_{38}}{E3} \quad Si \quad 0.3 < \frac{Y_{38}}{E3} \quad (4.60)$$

Las ecuaciones (4.61) y (4.62) estiman el costo total del transporte hacia el nivel distribución y hacia el nivel dorsal respectivamente

$$Y_{41} = Y_{35} + Y_{36} \quad (4.61)$$

$$Y_{42} = Y_{39} + Y_{40} \quad (4.62)$$

La ecuación (4.63) estima el ancho de banda hacia Internet que se utiliza en la ecuación (4.64) para estimar el costo de los enlaces internacionales. El servicio de video no contribuye a este costo.

$$Y_{43} = \sum_{i=9}^{i=24} Y_i \quad (4.63)$$

$$Y_{44} = RS4LDI * \frac{Y_{43}}{S4} \quad (4.64)$$

La ecuación (4.65) estima el ancho de banda para los enlaces entre los nodos dorsales de acuerdo al factor de respaldo definido por el proveedor. El servicio de video utiliza los enlaces entre los dorsales pero dada su naturaleza multicast, su contribución se diluye con el factor de respaldo

$$Y_{45} = \sum_{i=9}^{i=24} Y_i * FBk \quad (4.65)$$

$$Y_{46} = RS4LD * \frac{Y_{45}}{S4} * 2 \quad (4.66)$$

La ecuación (4.67) estima el ancho de banda total por todos los servicios en el nivel acceso. Las ecuaciones (4.68) a (4.72) estiman el costo del transporte entre el nivel acceso y el nivel distribución, prorrateado entre los servicios Conmutado, ISDN, ADSL, LP y Video respectivamente. La demanda de ancho de banda de cada servicio se utiliza como factor de distribución de los costos compartidos del transporte. La naturaleza multicast del servicio de

video obliga a definir factores de prorrateo diferentes para los enlaces de transporte de nivel superior.

$$Y_{47} = \sum_{i=9}^{i=28} Y_i \quad (4.67)$$

$$X_{21} = Y_{41} * \left(\frac{Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12}}{Y_{47}} \right) \quad (4.68)$$

$$X_{22} = Y_{41} * \left(\frac{Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16}}{Y_{47}} \right) \quad (4.69)$$

$$X_{23} = Y_{41} * \left(\frac{Y_{17} + Y_{18} + Y_{19} + Y_{20}}{Y_{47}} \right) \quad (4.70)$$

$$X_{24} = Y_{41} * \left(\frac{Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24}}{Y_{47}} \right) \quad (4.71)$$

$$X_{25} = Y_{41} * \left(\frac{Y_{25} + Y_{26} + Y_{27} + Y_{28}}{Y_{47}} \right) \quad (4.72)$$

La ecuación (4.73) estima el total de ancho de banda requerido entre el nivel distribución y el nivel dorsal considerando la naturaleza multicast del servicio de video.

$$Y_{48} = \sum_{i=9}^{i=24} Y_i + \sum_{i=29}^{i=32} Y_i \quad (4.73)$$

Las ecuaciones (4.74) a (4.78) estiman el costo prorrateado del transporte entre los niveles distribución y dorsal utilizando el ancho de banda demandado por cada servicio como factor de distribución.

$$X_{26} = (Y_7 + Y_8 + Y_{42} + Y_{46}) * \left(\frac{Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12}}{Y_{48}} \right) \quad (4.74)$$

$$X_{27} = (Y_7 + Y_8 + Y_{42} + Y_{46}) * \left(\frac{Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16}}{Y_{48}} \right) \quad (4.75)$$

$$X_{28} = (Y_7 + Y_8 + Y_{42} + Y_{46}) * \left(\frac{Y_{17} + Y_{18} + Y_{19} + Y_{20}}{Y_{48}} \right) \quad (4.76)$$

$$X_{29} = (Y_7 + Y_8 + Y_{42} + Y_{46}) * \left(\frac{Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24}}{Y_{48}} \right) \quad (4.77)$$

$$X_{30} = (Y_7 + Y_8 + Y_{42} + Y_{46}) * \left(\frac{Y_{29} + Y_{30} + Y_{31} + Y_{32}}{Y_{48}} \right) \quad (4.78)$$

La ecuación (4.79) estima el total de ancho de banda hacia Internet.

$$Y_{49} = \sum_{i=9}^{i=24} Y_i \quad (4.79)$$

Las ecuaciones (4.80) a (4.83) estiman el costo prorrateado del transporte del nivel dorsal hacia Internet utilizando el ancho de banda demandado por cada servicio como factor de distribución.

El video no contribuye a este costo.

$$X_{31} = Y_{44} * \left(\frac{Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12}}{Y_{49}} \right) \quad (4.80)$$

$$X_{32} = Y_{44} * \left(\frac{Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16}}{Y_{49}} \right) \quad (4.81)$$

$$X_{33} = Y_{44} * \left(\frac{Y_{17} + Y_{18} + Y_{19} + Y_{20}}{Y_{49}} \right) \quad (4.82)$$

$$X_{34} = Y_{44} * \left(\frac{Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24}}{Y_{49}} \right) \quad (4.83)$$

Las ecuaciones (4.84) a (4.88) estiman el costo de cada uno de los servicios de acuerdo al modelo, se incluyen las referencias a los costos provenientes de la gestión y de las actividades de apoyo de acuerdo a un factor definido por el proveedor para cada uno de los servicios

$$\text{Conmutado} = \frac{X_1 + X_6 + X_7 + X_{12} + X_{16} + X_{21} + X_{26} + X_{31} + (G + Ap) * FPc}{\sum_{i=1}^{i=\text{Total_nodos}} msac_j} \quad (4.84)$$

$$\text{ISDN} = \frac{X_2 + X_6 + X_8 + X_{13} + X_{17} + X_{22} + X_{27} + X_{32} + (G + Ap) * FPI}{\sum_{i=1}^{i=\text{Total_nodos}} msal_j} \quad (4.85)$$

$$\text{DSL} = \frac{X_3 + X_6 + X_9 + X_{14} + X_{18} + X_{23} + X_{28} + X_{33} + (G + Ap) * FPDSL}{\sum_{i=1}^{i=\text{Total_nodos}} pDSL_j} \quad (4.86)$$

$$\text{LP} = \frac{X_5 + X_{10} + X_{19} + X_{24} + X_{29} + X_{34} + (G + Ap) * FPLP}{\sum_{i=1}^{i=\text{Total_nodos}} pLP_i} \quad (4.87)$$

$$\text{Video} = \frac{X_4 + X_6 + X_{11} + X_{15} + X_{20} + X_{25} + X_{30} + (G + Ap) * FPV}{\sum_{i=1}^{i=\text{Total_nodos}} pV_j} \quad (4.88)$$

4.4.2 Implementación

RITMMO se aplicó sobre la topología mostrada en la Figura 3.9, con las modificaciones necesarias para el servicio de video.

- 3 nodos dorsales con salida hacia Internet y con enlaces entre ellos formando una delta
- Nodos de distribución locales (8) y de larga distancia (12) respecto a sus nodos dorsales
- Nodos de acceso locales (51) y de larga distancia (45) respecto a sus nodos de distribución.
- La oferta en los nodos de acceso de acuerdo al servicio que se presta esta distribuida como se muestra en la Tabla 4.6.
- Se consideran 120 canales de video de 3.5 Mbps cada uno.
- Se utilizan protocolos de enrutamiento multicast para eliminar la demanda de ancho de banda sobre la red de transporte IP.

- Se toman las vidas contables de los equipos compartidos de acuerdo al modelo base de la sección 3.11.
- Se han instalado enrutadores específicos para el servicio de video en los nodos involucrados.

Cantidad	ADSL	Conmutado	ISDN	Video	LP
1	SI	NO	SI	NO	SI
1	NO	NO	NO	SI	SI
1	SI	NO	SI	SI	SI
3	NO	NO	SI	NO	SI
3	SI	NO	NO	SI	SI
4	NO	SI	NO	NO	SI
7	SI	SI	NO	NO	SI
8	NO	SI	SI	NO	SI
8	NO	SI	NO	SI	SI
11	SI	SI	NO	SI	SI
11	NO	SI	SI	SI	SI
13	SI	SI	SI	NO	SI
25	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 4.6 Tipos de nodos de acuerdo al servicio ofrecido

4.4.3 Indicadores de RITMMO

La Tabla 4.7 muestra al servicio de video integrado a RITMMO . El servicio de video representa el 33% del total de costos de toda la red. Todos los servicios del catálogo del proveedor se benefician de la entrada del nuevo servicio. Destaca la disminución de participación de ADSL en 20 puntos porcentuales lo que representa casi 18 millones mensuales asociados a este servicio y que se refleja más adelante en la tabla de costos, precios utilidad.

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL	%
Equipo de acceso específico	1.835.80	21.591.21	1.166.19	NA	3.983.22	28.576.42	5.80%
Enrutador de acceso	655.05	655.05	655.05	3.930.32	655.05	6.550.53	1.33%
Renta Nodo Acceso	1.200.00	1.711.48	1.219.67	1.888.52	1.180.33	7.200.00	1.46%
Renta nodo Distribución y Dorsal	377.13	46.27	8.00	116.22	652.38	1.200.00	0.24%
Enlaces Acceso-Distribución	65.550.80	8.041.78	1.390.22	20.200.29	113.393.34	208.576.42	42.53%
Enlaces Distribución-Dorsal	68.960.61	8.460.09	1.462.53	21.251.06	39.763.94	139.898.24	28.39%
Enlaces Dorsal-Internet	64.691.27	7.936.33	1.371.99	19.935.41	NA	93.935.91	19.07%
Equipo Distribución y Dorsal	1.022.98	125.50	21.70	315.24	1.769.61	3.255.03	0.66%
Servidor Seguridad	15.67	137.76	5.83	NA	6.01	165.28	0.03%
Servidores Cache y DNS	34.66	304.62	12.90	95.65	13.29	461.11	0.09%
Gestión	861.98	287.33	229.86	632.12	861.98	2.873.28	0.58%
Total	\$ 205.205.97	\$ 49.297.41	\$ 7.543.95	\$ 68.364.83	\$ 162.279.16	\$ 492.691.32	100%
	% 42%	10%	2%	14%	33%	100%	

Tabla 4.7 Indicadores. Costos por servicio y componente (Miles de pesos).

La Tabla 4.8 muestra el porcentaje sobre el valor total del concepto en donde se puede apreciar que el concepto Enlaces de Acceso-Distribución es el mayor centro de costos de acuerdo

a la tabla anterior y esta compuesto en mayor parte por la demanda hecha primeramente por el servicio de video seguido por el servicio ADSL. Se observa además que los criterios de distribución o factores de prorrateo cambiaron respecto del modelo base debido a la naturaleza del servicio.

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL
Equipo de acceso específico	6%	76%	4%	NA	14%	100%
Enrutador de acceso	10%	10%	10%	60%	10%	100%
Renta Nodo Acceso	17%	24%	17%	26%	16%	100%
Renta nodo Distribución y Dorsal	31%	4%	1%	10%	54%	100%
Enlaces Acceso-Distribución	31%	4%	1%	10%	54%	100%
Enlaces Distribución-Dorsal	49%	6%	1%	15%	28%	100%
Enlaces Dorsal-Internet	69%	8%	1%	21%	NA	100%
Equipo Distribución y Dorsal	31%	4%	1%	10%	54%	100%
Servidor Seguridad	9%	83%	4%	NA	4%	100%
Servidores Cache y DNS	8%	66%	3%	21%	3%	100%
Gestión	30%	10%	8%	22%	30%	100%

Tabla 4.8 Indicadores. Porcentaje sobre el valor total del concepto.

En general se aprecia que el comportamiento de la distribución de los costos de acuerdo a los componentes se mantiene similar al resultado del modelo base siendo el grupo de transporte el que más recursos demanda de la red.

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL
Equipo de acceso específico	0.895%	43.798%	15.459%	NA	2.455%	5.80%
Enrutador de acceso	0.319%	1.329%	8.683%	5.749%	0.404%	1.33%
Renta Nodo Acceso	0.585%	3.472%	16.168%	2.762%	0.727%	1.46%
Renta nodo Distribución y Dorsal	0.184%	0.094%	0.106%	0.170%	0.402%	0.24%
Enlaces Acceso-Distribución	31.944%	16.313%	18.428%	29.548%	69.875%	42.33%
Enlaces Distribución-Dorsal	33.606%	17.161%	19.387%	31.085%	24.503%	28.39%
Enlaces Dorsal-Internet	31.525%	16.099%	18.187%	29.160%	NA	19.07%
Equipo Distribución y Dorsal	0.499%	0.255%	0.288%	0.461%	1.090%	0.66%
Servidor Seguridad	0.008%	0.279%	0.077%	NA	0.004%	0.03%
Servidores Cache y DNS	0.017%	0.618%	0.171%	0.140%	0.008%	0.09%
Gestión	0.420%	0.583%	3.047%	0.925%	0.531%	0.58%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla 4.9 Indicadores. Composición por servicio.

El servicio de Video resulta beneficiado de compartir costos sobre la red multiservicio ya que baja su costo por unidad de \$1.17 a \$1.07. El beneficio es similar para todos los servicios ya que bajan sus costos por unidad. El servicio de la red de video requiere de un precio comercial superior a \$1.07 para reportar beneficios al proveedor, sin embargo, el comportamiento ganador de los servicios restantes permite ofrecer el producto a un precio mucho a su costo sacrificando el factor de utilidad total.

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL
Total de unidades	397.150	349.056	21.120	43.840	152.250	963.416
Factor de sobrescripción	1	10	7	1	1	
Costo por unidad	\$ 0.52	\$ 0.14	\$ 0.36	\$ 1.56	\$ 1.07	
Costo por cliente	\$ 0.52	\$ 0.01	\$ 0.05	\$ 1.56	\$ 1.07	
Precio comercial por unidad	\$ 0.69	\$ 0.22	\$ 0.46	\$ 7.56	\$ 1.07	
Ingresos máximos potenciales	\$ 273.576.78	\$ 758.673.22	\$ 67.836.38	\$ 331.342.72	\$ 162.279.16	\$ 1.593.708.26
Utilidad de operación (Ing-Costo)	\$ 68.370.81	\$ 709.375.80	\$ 60.292.44	\$ 262.977.89	\$ -	\$ 1.101.016.94
Participación ingresos o pérdidas	6%	64%	5%	24%	0%	
Utilidad por unidad	\$ 0.17	\$ 0.20	\$ 0.41	\$ 6.00	\$ -	
Factor de utilidad unitario	33%	1439%	799%	385%	0%	
Factor de utilidad total	33%	1439%	799%	385%	0%	223%

Tabla 4.10 Indicadores. Costos precios y utilidad (Miles de pesos).

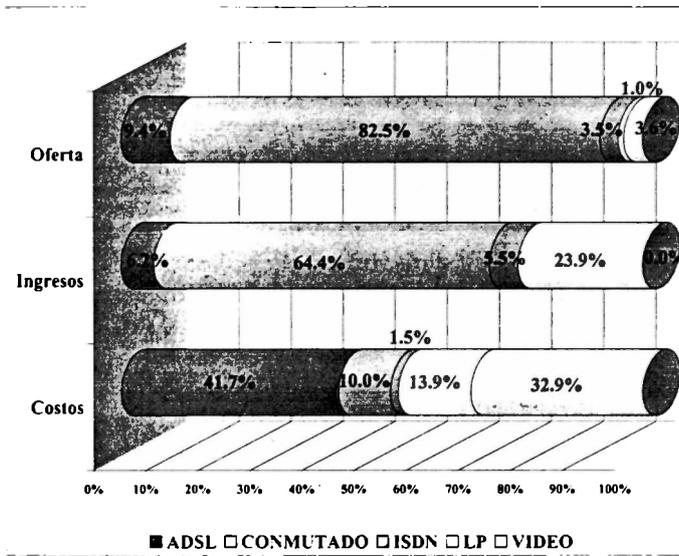


Figura 4.3 Comparativo de indicadores del modelo de cinco servicios

Como una estrategia de presencia en el mercado de entretenimiento el proveedor de servicio puede tomar la decisión de participar, el costo tan elevado le ocasionará pérdidas que solo se justifican como la búsqueda de participación del mercado y esperar un equilibrio del precio costo del producto gracias a la entrada de nuevas tecnologías como MPEG4 lo que disminuiría a la mitad la demanda de ancho de banda y representaría una disminución en el costo, bajo las mismas premisas, a \$0.71.

4.5 Costos incrementales del video

Bajo la premisa de costos incrementales, el costo del servicio de video debe integrarse exclusivamente con aquellos elementos nuevos indispensables para el funcionamiento del servicio. Lo anterior representaría que el costeo incremental del servicio de video consideraría el equipo de acceso específico y la renta de los enlaces debido al ancho de banda demandado por el propio servicio como se muestra en la Tabla 4.11.

Se observa de la tabla que la participación de video es de 32% del total de los costos. La reducción respecto al ejercicio de la sección 4.4 en la participación de los costos es de solo un punto porcentual debido a que el mayor centro de costos para todos los servicios es el Transporte.

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL	%
Equipo de acceso específico	1.835.80	21.591.21	1.166.19	NA	3.983.22	28.576.42	5.80%
Enrutador de acceso	655.05	655.05	655.05	4.585.37	NA	6.550.53	1.33%
Renta Nodo Acceso	1.435.29	2.047.06	1.458.82	2.258.82	NA	7.200.00	1.46%
Renta nodo Distribución y Dorsal	826.42	101.38	17.53	254.67	NA	1.200.00	0.24%
Enlaces Acceso-Distribución	65.550.80	8,041.78	1,390.22	20,200.29	113,393.34	208,576.42	42.33%
Enlaces Distribución-Dorsal	68,960.61	8,460.09	1,462.53	21,251.06	39,763.94	139,898.24	28.39%
Enlaces Dorsal-Internet	64,691.27	7,936.33	1,371.99	19,935.41	NA	93,935.01	19.07%
Equipo Distribución y Dorsal	2,241.68	275.01	47.54	690.80	NA	3,255.03	0.66%
Servidor Seguridad	16.27	142.96	6.05	NA	NA	165.28	0.03%
Servidores Cache y DNS	35.69	313.65	13.28	98.48	NA	461.11	0.09%
Gestión	1,149.31	430.99	287.33	1,005.65	NA	2,873.28	0.58%
Total	\$ 207,398.19	\$ 49,995.52	\$ 7,876.54	\$ 70,280.56	\$ 157,140.51	\$ 492,691.32	100%
	%	42%	10%	2%	14%	32%	100%

Tabla 4.11 Costeo incremental del servicio de video

El costo del producto apenas se reduce por unidad sin embargo, en la economía de escalas representa un ahorro importante para el proveedor. El resto de los servicios del catálogo no tuvo modificaciones impactantes respecto del ejercicio de la sección 4.4.

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL
Total de unidades	397.150	349.056	21.120	43.840	152.250	963.416
Factor de sobreescripción	1	10	7	1	1	
Costo por unidad	\$ 0.52	\$ 0.14	\$ 0.37	\$ 1.60	\$ 1.03	
Costo por cliente	\$ 0.52	\$ 0.01	\$ 0.05	\$ 1.60	\$ 1.03	
Precio comercial por unidad	\$ 0.69	\$ 0.22	\$ 0.46	\$ 7.56	\$ 1.03	
Costo por megabit	\$ 14.24	\$ 27.97	\$ 25.49	\$ 15.66	\$ 6.24	
Ingresos máximos potenciales	\$ 273,576.78	\$ 758,673.22	\$ 67,836.38	\$ 331,342.72	\$ 157,140.51	\$ 1,588,569.60
Utilidad de operación (Ing-Costo)	\$ 66,178.59	\$ 708,677.69	\$ 59,959.84	\$ 261,062.16	\$ -	\$ 1,095,878.28
Participación ingresos o pérdidas	6%	65%	5%	24%	0%	
Utilidad por unidad	\$ 0.17	\$ 0.20	\$ 0.41	\$ 5.95	\$ -	
Factor de rentabilidad unitario	32%	1417%	761%	371%	0%	
Factor de rentabilidad total	32%	1417%	761%	371%	0%	222%

Tabla 4.12 Precios y costeo incremental del servicio de video

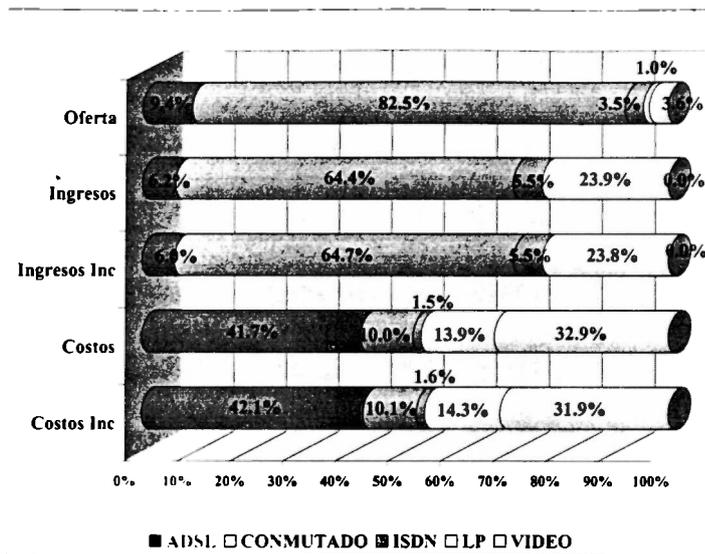


Figura 4.4 Comparativo de indicadores del modelo de cinco servicios. Incremental

La Figura 4.4 muestra que no hay un impacto trascendente por utilizar el costo incremental como metodología de distribución de los costos para la entrada de un nuevo servicio, el gráfico es igual al mostrado en la Figura 4.3 resultado de la distribución con costeo distribuido.

Es decisión de la empresa que costeo utilizar para el nuevo servicio, lo importante es que se tenga plena conciencia del criterio aplicado.

4.6 Escenarios de optimización de la red

Ahora que el proveedor conoce la distribución y comportamiento de los costos, cobra importancia la identificación de una combinación adecuada que bajo ciertas restricciones le indique cual sería el menor costo por ofrecer servicios o bien, cual sería la combinación de servicios que reportaría el mayor beneficio o utilidad.

Partiendo de la información proporcionada por los indicadores de RIMMO mostrados en la sección 3.20, se plantean cuatro problemas de optimización de la red: maximización básica de utilidades, maximización de utilidades con restricciones, minimización básica de costos y minimización de costos con restricciones. Basándose en la teoría de investigación de operaciones, todos los problemas se plantean como casos de programación lineal (PL) que se resuelven con el método Simplex implementando los algoritmos en Solver® de *Frontline Systems, Inc.* Sobre Microsoft® Excel 2002 SP3 y LINGO R9.0 de Lindo Systems Inc.

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Ingresos máximos potenciales	\$ 273.576.78	\$ 758.673.22	\$ 67.836.38	\$ 331.342.72	\$ 1.431.429.10
Costo total	\$ 223.350.75	\$ 52.081.14	\$ 8.220.07	\$ 75.232.90	\$ 358.884.87
Utilidad de operación (Ing-Costo)	\$ 50.226.02	\$ 706.592.07	\$ 59.616.31	\$ 256.109.82	\$ 1.072.544.23
Participación ingresos	5%	66%	6%	24%	-
Factor de utilidad total	22%	1357%	725%	340%	299%
Equipos actuales en la red	94	303	88	137	
Unidades/Equipo (Ptos. modems, conexiones)	4.225	1.152	240	320	
Total de unidades (Ptos, modems, conexiones)	397.150	349.056	21.120	43.840	
Costo por unidad	\$ 0.562	\$ 0.149	\$ 0.389	\$ 1.716	
Precio comercial por cliente	\$ 0.689	\$ 0.217	\$ 0.459	\$ 7.558	
Costo por cliente	\$ 0.562	\$ 0.015	\$ 0.056	\$ 1.716	
Factor de sobresuscripción	1	10	7	1	
Ingreso por equipo	\$ 2.910.39	\$ 2.503.87	\$ 770.87	\$ 2.418.56	\$ 8.603.69
Costo por equipo	\$ 2.376.07	\$ 171.88	\$ 93.41	\$ 549.15	\$ 3.190.51
Utilidad por equipo	\$ 534.319	\$ 2.331.987	\$ 677.458	\$ 1.869.415	\$ 5.413.179
Factor de utilidad unitario	10%	43%	13%	35%	

Tabla 4.13 Resumen de resultados del modelo de 4 servicios

4.6.1 Escenario inicial

El planteamiento de los problemas se enfocará al análisis del máximo beneficio o de la mínima inversión por lo que de la tabla anterior se extraen los datos que se observarán con mayor detalle en cada una de las situaciones planteadas por medio de soluciones óptimas factibles.

Concepto	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Cantidad de equipos	94	303	88	137	
Ingresos por servicio	\$ 273,576.78	\$ 758,673.22	\$ 67,836.38	\$ 331,342.72	\$ 1,431,429.10
Composición Ingresos	19%	53%	5%	23%	100%
Costos por Servicio	\$ 223,350.75	\$ 52,081.14	\$ 8,220.07	\$ 75,232.90	\$ 358,884.87
Composición costos	62%	15%	2%	21%	100%
Utilidad por servicio	\$ 50,226.02	\$ 706,592.07	\$ 59,616.31	\$ 256,109.82	\$ 1,072,544.23
Composición utilidad	5%	66%	6%	24%	100%

Tabla 4.14 Parámetros del modelo para los problemas de optimización

La Tabla 4.14 muestra las condiciones obtenidas con el modelo de costeo:

- Costo total de la red: \$358,884.87
- Utilidad de la red: \$1,072,544.23
- Combinación de equipos instalada: ADSL 94, Conmutado 303, ISDN 88 y LP 137

La red es rentable con esta combinación de servicios sin embargo, se proponen cuestionamientos importantes para un proveedor de servicio en la búsqueda de mejorar la economía de la red.

4.6.2 Maximización básica del beneficio

Partiendo del escenario inicial, el proveedor desea conocer cual es la combinación de servicios que más utilidades pudiera reportarle a partir del mismo monto de inversión que tiene actualmente (\$ 358,884.87). Con base en la utilidad reportada por cada servicio, es evidente que el resultado debe basarse principalmente en el servicio Conmutado.

Desde el punto de vista de la programación lineal, se trata de un problema de mezclas de equipos instalados en la red para cada servicio que genere el máximo beneficio para el proveedor con la misma monto de inversión que tiene actualmente.

Si:

A representa al servicio ADSL, C representa al servicio CONMUTADO,

I representa al servicio ISDN y L representa al servicio LP

Función objetivo: Maximizar el beneficio representado por la suma de la utilidad por cada equipo instalado en la red

MAX 534.32 A+ 2,331.99 C+ 677.46 I+ 1,869.41 L

Sujeto a: Mantener el monto de inversión actual:

2,376.07 A+ 171.88 C+ 93.41 I+ 549.15 L <= 269,163.65

Solución con Solver:

Concepto	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Cantidad de equipos	0	2088	0	0	
Ingresos por servicio	\$ -	\$ 5,227,925.73	\$ -	\$ -	\$ 5,227,925.73
Composición Ingresos	0%	100%	0%	0%	100%
Costos por Servicio	\$ -	\$ 358,884.87	\$ -	\$ -	\$ 358,884.87
Composición costos	0%	100%	0%	0%	100%
Utilidad por servicio	\$ -	\$ 4,869,040.86	\$ -	\$ -	\$ 4,869,040.86
Composición utilidad	0%	100%	0%	0%	100%

Tabla 4.15 SOF para la minimización básica

De la tabla anterior, se observa que si el proveedor tuviera el mismo nivel de inversión orientado exclusivamente al servicio conmutado, la instalación de 2088 equipos le reportaría una utilidad de \$4'869,040.86 lo que representa un incremento del 354%.

4.6.3 Maximización del beneficio con restricciones

Partiendo del escenario inicial, el proveedor desea conocer cual es la combinación óptima factible de servicios que más utilidades pudiera reportarle a partir de una reducción de la inversión en un 75% y que además se cumplan las siguientes condiciones:

- El servicio ADSL representa como máximo el 40% de la inversión.
- El servicio Conmutado representa como máximo el 30% de la inversión.
- El servicio ISDN representa como máximo el 25% de la inversión.
- El servicio LP representa como máximo el 35%
- La inversión conjunta ADSL y Conmutado debe representar como mínimo el 50%.
- La inversión conjunta ISDN y LP debe representar como mínimo el 40%.
- La inversión conjunta Conmutado e ISDN debe representar como máximo el 50%
- Se requiere oferta de todos los servicios en la red.

Función objetivo:

MAX 534.32 A+ 2,331.99 C+ 677.46 I+ 1,869.41 L

Restricciones:

Eq 1	2,376.07	A				<=	107,665.46	
Eq 2		171.88	C			<=	80,749.10	
Eq 3				93.41	I	<=	67,290.91	
Eq 4					549.15	L <=	94,207.28	
Eq 5	2,376.07	A+	171.88	C		>=	134,581.83	
Eq 6				93.41	I+	549.15	L >= 107,665.46	
Eq 7		171.88	C+	93.41	I	<=	134,581.83	
Eq 8	2,376.07	A+	171.88	C+	93.41	I+	549.15	L <= 269,163.65
Eq 9	2,376.07	A+				>=	2,376.07	
Eq 10		171.88	C			>=	171.88	
Eq 11				93.41	I	>=	93.41	
Eq 12					549.15	L >=	549.15	

Solución:

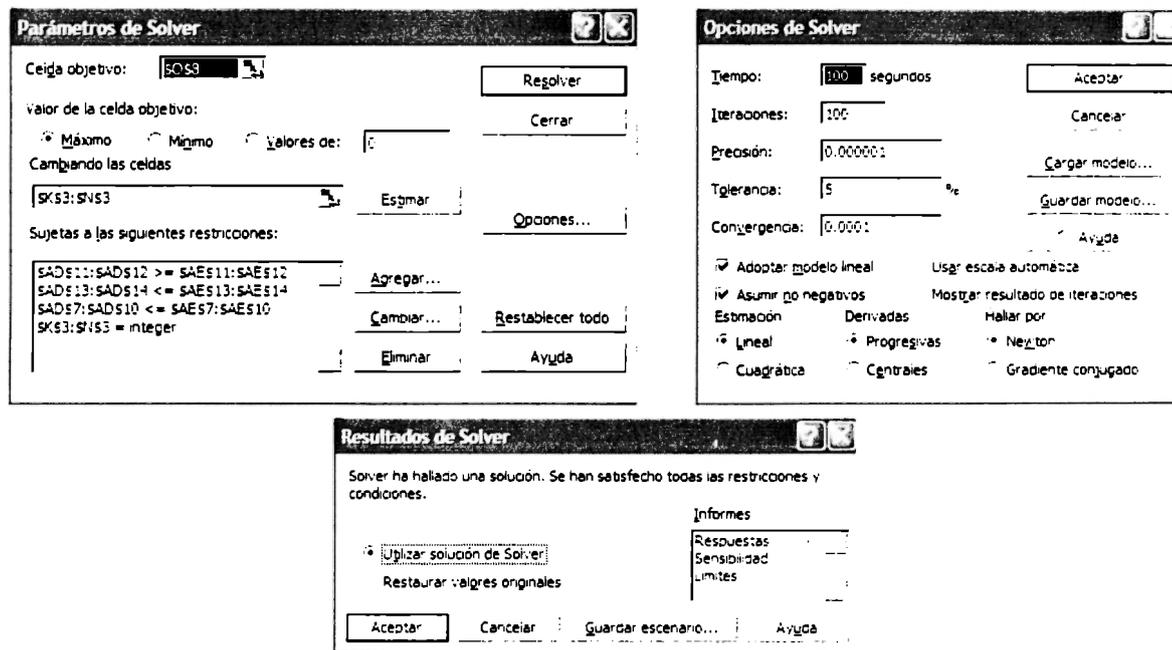


Figura 4.5 Pantallas de Solver para la maximización con restricciones

```

! Caso de optimización: Maximización de utilidad (exportando datos de Excel)
Descripción:
Partiendo de una inversión máxima del 75% de $358,884.87 (269,163.65)
Se define la participación de cada servicio en términos de la Utilidad
A-> ADSL, C-> Conmutado, I -> ISDN, L -> LP;
!Importación de datos de archivo de modelo de costos de 4 servicios;
DATA:
costo, utilidad, inversion, ganancia
! Costo de cada servicio;
CA, CC, CI, CL
!Utilidad de cada Servicio;
UA, UC, UI, UL
!Factores limitantes para los servicios;
FA, FC, FI, FL, FAC, FIL, FCI = @ole('Modelo 4s Opt 0903.xls');
ENDDATA
! Función objetivo;
MAX= UA*A + UC*C + UI*I + UL*L;
! Restricciones de servicios individuales;
CA*A <= inversion*FA; !40%;
CC*C <= inversion*FC; !30%;
CI*I <= inversion*FI; !25%;
CL*L <= inversion*FL; !35%;
! Restricciones de combinaciones;
CA*A+CC*C >= inversion*FAC; !50%;
CI*I+CL*L >= inversion*FIL; !40%;
CC*C+CI*I <= inversion*FCI; !50%;
! Limite de inversión al 75% del valor original;
CA*A + CC*C + CI*I + CL*L <= inversion;
! Restringir a resultados enteros;
@gin(A);
@gin(C);
@gin(I);
@gin(L);

```

Figura 4.6 Programa en LINGO para la maximización con restricciones

Ambas soluciones coinciden en la solución óptima factible (SOF) que se muestra en la Tabla 4.16 en donde se observa que la combinación propuesta de equipos reduce la inversión en un 75% generando incluso un aumento en la utilidad del 65%.

Concepto	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Cantidad de equipos	23	469	575	146	
Ingresos por servicio	\$ 66,939.00	\$ 1,174,315.97	\$ 443,249.10	\$ 353,109.76	\$ 2,037,613.83
Composición Ingresos	3%	58%	22%	17%	100%
Costos por Servicio	\$ 54,649.65	\$ 80,614.04	\$ 53,710.72	\$ 80,175.21	\$ 269,149.62
Composición costos	20%	30%	20%	30%	100%
Utilidad por servicio	\$ 12,289.35	\$ 1,092,701.92	\$ 389,538.38	\$ 272,934.55	\$ 1,768,464.21
Composición utilidad	1%	62%	22%	15%	100%

Tabla 4.16 SOF para la maximización con restricciones

La solución obtenida con LINGO confirma los resultados de Solver

Global optimal solution found.			
Objective value:			1,768,464.
Extended solver steps:			0
Total solver iterations:			14
Variable	Value		Reduced Cost
COSTO	269163.7		0.000000
UTILIDAD	1340680.		0.000000
INVERSION	269163.7		0.000000
GANANCIA	1340680.		0.000000
CA	2376.072		0.000000
CC	171.8850		0.000000
CI	93.40990		0.000000
CL	549.1453		0.000000
UA	534.3194		0.000000
UC	2331.987		0.000000
UI	677.4581		0.000000
UL	1869.415		0.000000
FA	0.4000000		0.000000
FC	0.3000000		0.000000
FI	0.2500000		0.000000
FL	0.3500000		0.000000
FAC	0.5000000		0.000000
FIL	0.4000000		0.000000
FCL	0.5000000		0.000000
A	23.00000		-534.3194
C	469.0000		-2331.987
I	575.0000		-677.4581
L	146.0000		-1869.415

Figura 4.7 Solución generada por LINGO para la maximización con restricciones

4.6.4 Minimización básica de la inversión

Partiendo del escenario inicial, el proveedor desea conocer cual es la combinación óptima factible de servicios que le reportaría al menos el mismo nivel utilidades con el costo mínimo. Con base en el costo reportado por cada servicio, es evidente que el resultado debe basarse principalmente en el servicio conmutado.

Función Objetivo:

$$\min \quad 2,376.07 \text{ A+} \quad 171.88 \text{ C+} \quad 93.41 \text{ I+} \quad 549.15 \text{ L}$$

Restricciones:

$$534.32 \text{ A+} \quad 2,331.99 \text{ C+} \quad 677.46 \text{ I+} \quad 1,869.41 \text{ L} \geq 1,072,544.23$$

Solución con Solver:

Concepto	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Cantidad de equipos	0	460	0	0	
Ingresos por servicio	\$ -	\$ 1,151,598.79	\$ -	\$ -	\$ 1,151,598.79
Composición Ingresos	0%	100%	0%	0%	100%
Costos por Servicio	\$ -	\$ 79,054.56	\$ -	\$ -	\$ 79,054.56
Composición costos	0%	100%	0%	0%	100%
Utilidad por servicio	\$ -	\$ 1,072,544.23	\$ -	\$ -	\$ 1,072,544.23
Composición utilidad	0%	100%	0%	0%	100%

Tabla 4.17 SOF para la minimización básica

La SOF indica que la minimización de la inversión manteniendo el mismo nivel de utilidad se lograría ofreciendo únicamente servicio conmutado con una infraestructura de 460 equipos.

4.6.5 Minimización de la inversión con restricciones

Partiendo del escenario inicial, el proveedor desea conocer cual es la combinación óptima factible de servicios que le permita aumentar su utilidad un 25% con la mínima inversión cumpliendo las siguientes restricciones:

- El servicio ADSL representa como máximo el 40% de la inversión.
- El servicio Conmutado representa como máximo el 30% de la inversión.
- El servicio ISDN representa como máximo el 25% de la inversión.
- El servicio LP representa como máximo el 35%
- La inversión conjunta ADSL y Conmutado debe representar como mínimo el 50%.
- La inversión conjunta ISDN y LP debe representar como mínimo el 40%.
- La inversión conjunta Conmutado e ISDN debe representar como máximo el 50%
- Se requiere oferta de todos los servicios en la red.

Función objetivo.

$$\min \quad 2,376.07 \text{ A+} \quad 171.88 \text{ C+} \quad 93.41 \text{ I+} \quad 549.15 \text{ L}$$

Restricciones:

Eq 1	534.32	A				<=	536.272.11
Eq 2			2.331.99	C		<=	402.204.09
Eq 3					677.46	I	<= 335.170.07
Eq 4						1,869.41	L <= 469,238.10
Eq 5	534.32	A+	2.331.99	C		>=	670.340.14
Eq 6					677.46	I+	1.869.41 L >= 536.272.11
Eq 7			2.331.99	C+	677.46	I+	<= 670.340.14
Eq 8	534.32	A+	2.331.99	C+	677.46	I+	1.869.41 L >= 1.340.680.28
Eq 9	534.32	A+				>=	534.32
Eq 10			2.331.99	C		>=	2.331.99
Eq 11					677.46	I	>= 677.46
Eq 12						1,869.41 L	>= 1,869.41

Solución:

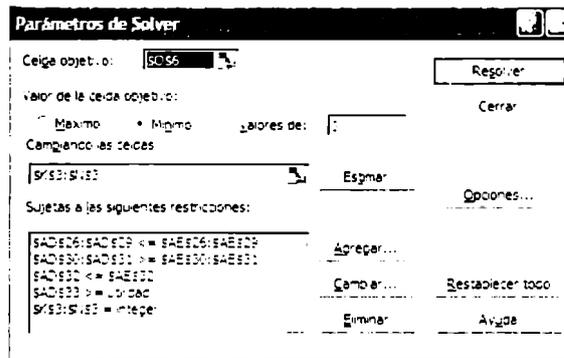


Figura 4.8 Pantalla de Solver para la minimización con restricciones

```

! Caso de optimización: Minimización de inversión (exportando datos de Excel)

Descripción:
Partiendo de una rentabilidad esperada del 25% arriba del
actual $1,072,544.23($1'340,680.28)
Se define la participación de cada servicio en términos de la inversión
A-> ADSL, C-> Conmutado, I -> ISDN, L -> LP;

!Importación de datos de archivo de modelo de costos de 4 servicios;

DATA:
costo, utilidad inversion, ganancia
! Costo de cada servicio;
CA, CC, CI, CL
!Utilidad de cada Servicio;
UA, UC, UI, UL
!Factores limitantes para los servicios;
MFA, MFC, MFI, MFL, MFAC, MFIL, MFCI= @ole('Modelo 4s Opt 0903.xls');
ENDDATA
! Función objetivo;
min = CA*A + CC*C + CI*I + CL*L;
! Restricciones de servicios individuales;
UA*A <= ganancia*MFA; !40%;
UC*C <= ganancia*MFC; !30%;
UI*I <= ganancia*MFI; !25%;
UL*L <= ganancia*MFL; !35%;
! Restricciones de combinaciones;
UA*A + UC*C >= ganancia*MFAC; !50%;
UI*I + UL*L >= ganancia*MFIL; !40%;
UC*C + UI*I <= ganancia*MFCI; !50%;
! Limite de inversión al 75% del valor original;
UA*A + UC*C + UI*I + UL*L >= ganancia;

@gin(A);
@gin(C);
@gin(I);
@gin(L);

```

Figura 4.9 Programa en LINGO para la minimización con restricciones

Tanto Solver como LINGO coinciden en la SOF que se muestra en la Tabla 4.18 en donde se aprecia que la utilidad aumentó de acuerdo al requerimiento del proveedor, sin embargo, aumento de manera considerable el costo de la red.

Concepto	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Cantidad de equipos	504	172	397	215	
Ingresos por servicio	\$ 1,466,837.19	\$ 430,665.98	\$ 306,034.60	\$ 519,990.40	\$ 2,723,528.17
Composición Ingresos	54%	16%	11%	19%	100%
Costos por Servicio	\$ 1,197,540.21	\$ 29,564.21	\$ 37,083.75	\$ 118,066.23	\$ 1,382,254.40
Composición costos	87%	2%	3%	9%	100%
Utilidad por servicio	\$ 269,296.98	\$ 401,101.77	\$ 268,950.85	\$ 401,924.17	\$ 1,341,273.77
Composición utilidad	20%	30%	20%	30%	100%

Tabla 4.18 SOF para la minimización con restricciones

Global optimal solution found.			
Objective value:		1382254.	
Extended solver steps:		0	
Total solver iterations:		5	
	Variable	Value	Reduced Cost
	COSTO	269163.7	0.000000
	UTILIDAD	1340680.	0.000000
	INVERSION	269163.7	0.000000
	GANANCIA	1340680.	0.000000
	CA	2376.072	0.000000
	CC	171.8850	0.000000
	CI	93.40990	0.000000
	CL	549.1453	0.000000
	UA	534.3194	0.000000
	UC	2331.987	0.000000
	UI	677.4581	0.000000
	UL	1869.415	0.000000
	MFA	0.4000000	0.000000
	MFC	0.3000000	0.000000
	MFI	0.2500000	0.000000
	MFL	0.3500000	0.000000
	MFAC	0.5000000	0.000000
	MFIL	0.4000000	0.000000
	MFOI	0.5000000	0.000000
	A	504.0000	2376.072
	C	172.0000	171.8850
	I	397.0000	93.40990
	L	215.0000	549.1453

Figura 4.10 Solución generada por LINGO para la maximización con restricciones

4.7 Conclusiones

La salida súbita de un servicio del catálogo del proveedor significa en el mejor de los casos una disminución en la rentabilidad de la red, en el caso de que existan subsidios cruzados de manera consciente o inconsciente, tal salida pudiera transformarse en pérdidas para el negocio.

El compartir los costos de los recursos comunes ya existentes reporta beneficio para todo el catálogo permitiendo incluso ofrecer servicios por debajo del costo como estrategia para ganar mercado apoyándose en el factor de utilidad general de la red. La entrada de un nuevo servicio a un esquema multiservicio, en general, es una opción más rentable para el proveedor de servicios que crear una red completamente independiente para el nuevo servicio.

Los costos incrementales benefician principalmente al servicio entrante y el resto del catálogo apenas modifica sus montos de participación, sin embargo, dado que el principal centro

de costos es el Transporte y el nuevo servicio tiene una participación en éste el beneficio es pequeño comparativamente

La optimización del negocio toma como insumo los costos en los que la empresa incurre para plantear escenarios, la combinación de servicios que garantice minimizar la inversión para un nivel de ingresos determinado o bien, los costos en que se deben enfrentar para maximizar los beneficios del negocio. El planteamiento de la problemática como una situación de mezclas de productos a resolverse por medio de la programación lineal es una técnica que se apoya en la teoría de investigación de operaciones y de algoritmos bien probados para una solución óptima factible de manera rápida. El planteamiento utilizado para que los indicadores generados por RITMMO estén asociados con los escenarios de optimización permite analizar los casos de optimización inmediatamente después de realizar cambios en las entradas de RITMMO.

Es importante recordar que el negocio crece con base en la demanda de servicios y sus costos dependen en gran medida de su capacidad de negociación con sus proveedores por lo que las soluciones obtenidas por medio de la investigación de operaciones deben tomarse como una referencia y hay otros factores como costos de oportunidad que puedan dar soluciones no óptimas aunque si factibles.

El proveedor tiene elementos para realizar una planeación científica de la red y tomar decisiones con una idea clara de la afectación que tendrá el negocio utilizando modelos de costos con criterios de distribución bien definidos por toda la empresa y con modelos de optimización acotados por restricciones de acuerdo a la expectativa del negocio.

CAPÍTULO 5

Conclusiones

5.1 El modelo de costeo RITMMO

Los modelos de costeo son una herramienta útil para las empresas sin importar su giro ya que el entendimiento del origen, comportamiento y distribución de los costos, permite tomar decisiones con un conocimiento claro del resultado esperado.

El mercado de servicios sobre redes de transporte IP requiere que los proveedores busquen estrategias que les garanticen una ventaja competitiva sostenible. Las ventajas resultantes de la implementación de tecnología de punta dejan de ser un diferenciador en el momento que la competencia adquiere e implementa la misma solución, el mercado es abierto y el capital de las empresas les permite acceder por igual a la tecnología de los desarrolladores. Una ventaja competitiva más difícil de imitar es la eficiencia de los procesos internos y los modelos de costos y optimización son herramientas que ayudan a la empresa a explotar estas ventajas vitales para el futuro del negocio.

RITMMO es una herramienta que puede adaptarse a cualquier proveedor de servicios sobre redes de transporte IP multiservicio realizando adecuaciones mínimas ya que se basa en centros de costos comunes del negocio. No se buscó un modelo que entregara un resultado exacto a las áreas responsables de la toma de decisiones, se trata de una herramienta que orienta sobre el impacto o consecuencias de realizar cambios en alguna de las áreas, funciones o montos de inversiones en equipo en la red y sobre el inventario adecuado para lograr metas de rentabilidad o inversión.

La metodología abajo – arriba utilizada en el desarrollo de RITMMO, resultado de esta tesis, esta completamente orientada al servicio ya que el proceso inicia con la demanda real o pronosticada que provoca cambios en el inventario de transporte, equipamiento, personal, etcétera. Los costos por su parte, van asociándose a cada servicio ya sea directamente por tratarse de costos específicos o a través de criterios de distribución para los costos compartidos o comunes.

5.1.1 Análisis de resultados

En el presente trabajo se desarrollaron modelos para una red con servicio conmutado y para una red con servicio conmutado e ISDN como antecedente a la implementación de RITMMO a partir de una infraestructura multiservicio propuesta. con las siguientes características:

- Tres nodos dorsales con salida hacia Internet y con enlaces entre ellos formando una delta
- Ocho nodos de distribución locales y doce de larga distancia respecto a sus nodos dorsales correspondientes.

- Cincuenta y un nodos de acceso locales y cuarenta y cinco de larga distancia respecto a sus nodos de distribución.
- La oferta en los nodos de acceso de acuerdo al servicio que se presta esta distribuida de la siguiente forma:
 - 1 ADSL y Líneas Privadas
 - 3 ADSL, ISDN y Líneas Privadas
 - 16 Conmutado y Líneas Privadas
 - 16 Conmutado, ISDN y Líneas Privadas
 - 29 ADSL, Conmutado, ISDN y Líneas Privadas
 - 31 ADSL, Conmutado y Líneas Privadas

Gracias a la aplicación de RITMMO el proveedor:

- Entiende la estructura de costos actuales de la empresa.
- Identifica los posibles subsidios cruzados.
- Visualiza la aportación al costo total de la red por parte de cada uno de los servicios.
- Observa la distribución de los costos en los grupos de variables propuestos: Transporte, Equipos, Gestión, Áreas de apoyo.
- Identifica la composición del costo de cada uno de los servicios
- Verifica la alineación de la distribución de los costos a los criterios previamente establecidos para los costos compartidos.
- Verifica la diferencia en inventario instalado y resultante del modelo que puede asociarse con costos de oportunidad o infraestructura ociosa.

El análisis de los indicadores de RITMMO muestra que el centro de costos con mayor contribución es el grupo de Transporte; esta conclusión obliga a la empresa a buscar mejores relaciones de negocios con sus proveedores en este concepto ya que esto permitiría impactar drásticamente el costo de los servicios.

Los análisis estratégicos para la entrada y salida de servicios del catálogo del proveedor resultan beneficiados con la aplicación de RITMMO ya que ahora puede observar el posible resultado por las decisiones que se tomen. Con los ejercicios realizados de salida del servicio ISDN y entrada del servicio de video, se observa que el nivel acceso es la parte más sensible a los cambios de la red ya que es el nivel más relacionado con la demanda del servicio.

Gracias RITMMO, el proveedor observa lo siguiente ante la salida de un servicio del catálogo:

- La salida de un servicio representa infraestructura de transporte ociosa y pérdidas por los costos específicos de equipo con valor contable mayor a cero.
- Si cada elemento del catálogo ha mantenido un nivel de utilidad positivo, la salida de un servicio se refleja como una disminución del nivel de utilidad de toda la empresa.

El modelado de un nuevo servicio lleva al proveedor a una decisión inicial entre aplicar la metodología de costos incrementales o aplicar la metodología de costos distribuidos; Si el nuevo servicio compartirá todos los costos de los recursos que utilicen, no obstante estos existan exactamente en la misma forma y volumen previo a la entrada del nuevo servicio, representará un beneficio para todo el catálogo bajo la forma de costos más bajos. Por otro lado, si se opta por la

metodología incremental, el nuevo servicio disminuirá sus costos asociados, pero el resto del catálogo permanecerá sin cambios importantes. Sin embargo, cualquiera que sea la decisión que tome el proveedor entre estas dos opciones, será más barata y rentable ofrecer un servicio sobre una plataforma ya existente que construir una red completamente independiente.

Gracias a RITMMO se puede concluir que la aplicación de los costos incrementales para los servicios que se ofrecen sobre una red de transporte IP causa muy poca diferencia contra los costos distribuidos, lo anterior es debido a que el mayor centro de costos es el transporte.

Un elemento que resulta crítico para los indicadores obtenidos con RITMMO es el conocimiento de las reglas de ingeniería asociadas al dimensionamiento del ancho de banda que son consecuencia de estudios del comportamiento de los clientes en la red del proveedor y del comportamiento presentado en redes a nivel mundial.

5.2 Escenarios de optimización

Luego que el proveedor conoce la composición y el comportamiento de sus costos, resulta natural el planteamiento de escenarios cuestionando el impacto por disminuir la inversión, buscar un incremento en los beneficios de toda la red, cambiar los porcentajes de inversión o beneficio de cada servicio. Estos escenarios se apoyan en la investigación de operaciones para encontrar soluciones óptimas factibles que cumplan con los objetivos buscados cumpliendo las restricciones establecidas.

Los escenarios mostrados en la tesis se plantearon como problemas de mezclas considerando la cantidad de equipos necesarios para ofrecer el servicio, la modelación de los

escenarios como programación lineal permite resolverlos por el método Simplex apoyado en las herramientas de cómputo Solver y LINGO para encontrar las soluciones óptimas factibles más rápido.

A lo largo de la tesis se realizaron 4 ejercicios de optimización a partir de los indicadores de RITMMO que resultan de la implementación de la infraestructura de cuatro servicios. Los dos problemas de optimización, maximización de beneficios y minimización de costos, ambos sin mayor restricción tienen un resultado predecible basado en el equipo más rentable y en el equipo más barato. Por otra parte, los dos problemas planteados con mayores restricciones de mezclas de servicios, tienen resultados diferentes, la mezcla de equipos más adecuada para maximizar la utilidad no es la misma que garantiza disminuir los gastos no obstante que las restricciones sean muy similares.

Los límites impuestos por la red de mínimos gastos y aquella de máximos beneficios pueden representar una zona segura de inversión para el proveedor moviéndose entre el costo mínimo y la máxima utilidad.

La implementación de RITMMO en Microsoft Excel asocia directamente los indicadores obtenidos, como insumos para los problemas de programación lineal resueltos con Solver o con LINGO. Esta asociación permite analizar los escenarios de optimización inmediatamente después de realizar cambios en los factores de RITMMO manteniendo las restricciones previamente definidas.

5.3 Revisión de objetivos e hipótesis

El modelo RITMMO ataca el problema que dio origen a este trabajo ya que ayudan a conocer los costos de los servicios, su comportamiento y la contribución de cada uno al desembolso periódico de la empresa, además, gracias a la introducción de los modelos de optimización, la empresa también puede conocer la cantidad de equipo que debe instalar de cada servicio para garantizar un nivel de beneficios o un nivel de gastos. Se cuenta con un modelo de costeo para una red de transporte IP multiservicio con centros de costos clave y escenarios de optimización, que ayuda a las áreas de ingeniería a tomar las decisiones de inversión y apoyo para el análisis de rentabilidad requeridas para la planeación a mediano y largo plazo.

Apoyándose con RITMMO, el proveedor pasa de un conocimiento de utilidad general de la empresa a uno con mayor detalle ya que ahora puede conocer los montos por cada servicio y los montos que demanda cada grupo de componentes de la red.

Las implementaciones de los modelos en Microsoft® Excel permiten registrar los cambios de la red y conocer rápidamente la afectación a los costos de los servicios. La definición de los algoritmos permite que la implementación pueda realizarse en algún manejador de bases de datos o en lenguaje C++ para automatizar los procesos, tomando la información desde otras herramientas de administración del proveedor. A través de las implementaciones de RITMMO en Microsoft® Excel y por medio de una red propuesta, es posible comprobar que los costos de ofrecer varios servicios sobre una infraestructura de transporte IP es menor que la suma de los costos en que se incurriría si cada uno de los servicios se ofreciera sobre redes independientes.

Con RITMMO es posible concluir que la aplicación de la metodología incremental es:ima costos más reducidos para el nuevo servicio, sin embargo, tal reducción es mínima debido a que el centro de costos más impactante es el Transporte y el nuevo servicio participa en el prorateo de este. En general, todo el catálogo de servicios resulta beneficiado de prorratear todos los costos compartidos con un elemento más.

5.4 Perspectivas

Esta tesis sienta las bases para continuar realizando investigación enfocada a la planeación de redes de transporte IP multiservicio sobre bases científicas con la ingeniería de costos y la ciencia administrativa como dos grandes pilares. El uso de modelos de costeo con criterios de distribución claramente definidos en la empresa y los análisis de optimización con técnicas de investigación de operaciones, deben convertirse en herramientas indispensables en la toma de decisiones estratégicas de la empresa, la consideración de los temas que se mencionan a continuación enriquecerá el trabajo y permitirá reducir la incertidumbre en la planeación del negocio.

5.4.1 Análisis de sensibilidad

Los ambientes de decisión rara vez son estáticos y cobra importancia determinar como cambia la solución óptima cuando cambian las premisas del modelo. La solución optima encontrada en los escenarios analizados a partir de los indicadores entregados por RITMMO, cumple con la característica de optimalidad únicamente para el escenario específico que representa el problema de mezclas planteado.

El análisis de sensibilidad permitirá investigar el efecto que tendría cambiar los valores de los parámetros de entrada del escenario, sobre la solución óptima previamente encontrada a través del método Simplex. Se observará que hay algunos parámetros que pueden tomar valores, en un rango razonable, sin que se afecte la optimalidad de la solución. De igual forma, se observará que hay parámetros con valores que conducen a otra solución óptima.

El objetivo de mejorar a RITMMO aplicando el análisis de sensibilidad es identificar los parámetros sensibles. En algunos casos, cambiar el valor de un parámetro puede afectar la factibilidad de la solución óptima. Para tales parámetros, es útil determinar el intervalo de valores para el que la solución óptima seguirá siendo factible. Este intervalo le define a la empresa un espacio de acción permisible para definir estrategias con mayor detalle que la zona segura definida bosquejada por la red de mínimos costos y la red de máximos beneficios.

5.4.2 Problemas de transporte

La optimización de la red por medio del análisis de problemas de transporte impulsarían a RITMMO a volverse una herramienta muy útil en la toma de decisiones para la apertura de nuevos nodos o puntos de presencia de la red.

Si se consideran los posibles nodos como los puntos de oferta y la regionalización de los posibles clientes como puntos de demanda y la renta de los enlaces como el costo por unidad de transporte es posible realizar un análisis para determinar la ubicación más conveniente para abrir el nodo. El mismo criterio aplica para la decisión sobre ubicación de los servidores aplicativos de seguridad, resolución de nombre y optimizadores en los nodos más convenientes de acuerdo a los puntos de demanda por parte de los servicios. Es conveniente analizar las

características de los protocolos de enrutamiento para definir los costos unitarios asociados al transporte en la definición del problema.

5.4.3 Administración del rendimiento

Los servicios ofrecidos en una red de transporte IP se pueden agrupar en general por la tecnología como el caso de la infraestructura multiservicio utilizada en la sección 3.10. En la realidad, cada uno de los servicios genéricos de la red pueden tener pequeñas variaciones que se perciben como un servicio diferente por parte del usuarios final, ejemplo de esto puede ser la implantación de nodos inalámbricos de acceso a Internet. La arquitectura de estos nodos bien puede basarse en líneas privadas, tecnología ADSL o incluso accesos conmutados, la diversidad de usuarios demanda diversidad de servicios incluyendo diferenciación por tarifas de tal forma que el servicio técnicamente es el mismo pero la disponibilidad o calidad percibida por el cliente lo hacen diferente.

La administración del rendimiento complementará RITMMO con criterios para costear los servicios adecuados para los clientes adecuados en el momento adecuado. La diferenciación de los segmentos debe reflejarse en costos diferentes para cada segmento de mercado que se quiere atacar.

5.4.4 Automatización

El desarrollo de un desarrollo de sistema en algún lenguaje de programación representaría un importante avance para que RITMMO sea una herramienta fácil de usar y un autómata para la explotación de información directamente de otras herramientas de administración.

La implementación de RITMMO en un lenguaje de programación debe cumplir las siguientes características:

- Amigable para usuarios de áreas no técnicas. La herramienta debe ser fácil de usar y de interpretar para departamentos de finanzas o comerciales que requieren indicadores de crecimiento o inversión sin dependencia de las áreas de ingeniería.
- Flexible para permitir modificaciones en el catálogo. El sistema debe aceptar cambios en el catálogo de servicios como la entrada y salida de un servicio además de la permitir los cambios en los factores de distribución para fines de análisis de impacto.
- Interfaz con otras herramientas administrativas. La automatización de RITMMO debe considerar el intercambio de información con herramientas de gestión que registran los cambios cotidianos en la red de tal forma que RITMMO se mantenga como una herramienta vigente.
- Interfaz con herramientas de optimización como LINGO o LINDO API de LINDO SYSTEMS INC. Estas interfases incorporaran los elementos para los módulos de escenarios de optimización planteados como problemas de mezclas, análisis de sensibilidad y modelos de transporte ya descritos.

5.5 Comentarios finales

RITMMO es una herramienta estratégica e innovadora, su combinación de análisis de costos internos y escenarios de optimización apoyan la toma de decisiones con indicadores que disminuyen la incertidumbre sobre el impacto de los cambios permitiendo al proveedor establecer estrategias para el negocio con información veraz y oportuna.

Las redes de transporte IP multiservicio deben mantenerse en constante búsqueda de innovación tecnológica y de procesos que le representen ventajas competitivas sostenibles. Los modelos de costos y de optimización permiten que la empresa sea más eficiente en sus procesos logrando disminuir los costos de ofrecer servicios, esta ventaja permite ofrecer más al cliente por el mismo precio que percibe un aumento en el valor de lo que obtiene a cambio de su dinero, así la empresa supera las expectativas de los clientes incluso antes de que ellos mismos reconozcan sus necesidades.

Apéndice A. Implementación de RITMMO

Costos por servicio y componente

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL	%
Equipo de acceso específico	1.835.80	21.591.21	1.166.19	NA	24.593.20	6.85%
Enrutador de acceso	655.05	655.05	655.05	4.585.37	6.550.53	1.83%
Renta Nodo Acceso	1.435.29	2.047.06	1.458.82	2.258.82	7.200.00	2.01%
Renta nodo Distribución y Dorsal	826.42	101.38	17.53	254.67	1.200.00	0.33%
Enlaces Acceso-Distribución	72.109.14	8.846.36	1.529.31	22.221.32	104.706.12	29.18%
Enlaces Distribución-Dorsal	78.340.00	9.610.76	1.661.45	24.141.44	113.753.65	31.70%
Enlaces Dorsal-Internet	64.691.27	7.936.33	1.371.99	19.935.41	93.935.01	26.17%
Equipo Distribución y Dorsal	2.241.68	275.01	47.54	690.80	3.255.03	0.91%
Servidor Seguridad	16.27	142.96	6.05	NA	165.28	0.05%
Servidores Cache y DNS	50.52	444.03	18.81	139.42	652.78	0.18%
Gestión	1.149.31	430.99	287.33	1.005.65	2.873.28	0.80%
TOTAL	\$ 223.350.75	\$ 52.081.14	\$ 8.220.07	\$ 75.232.90	\$ 358.884.87	100%
	% 62%	15%	2%	21%	100%	

Porcentaje sobre el valor total del concepto

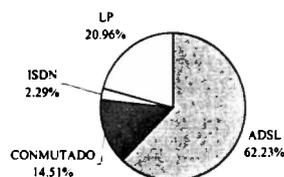
CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Equipo de acceso específico	7%	88%	5%	NA	100%
Enrutador de acceso	10%	10%	10%	70%	100%
Renta Nodo Acceso	20%	28%	20%	31%	100%
Renta nodo Distribución y Dorsal	69%	8%	1%	21%	100%
Enlaces Acceso-Distribución	69%	8%	1%	21%	100%
Enlaces Distribución-Dorsal	69%	8%	1%	21%	100%
Enlaces Dorsal-Internet	69%	8%	1%	21%	100%
Equipo Distribución y Dorsal	69%	8%	1%	21%	100%
Servidor Seguridad	10%	86%	4%	NA	100%
Servidores Cache y DNS	8%	68%	3%	21%	100%
Gestión	40%	15%	10%	35%	100%

Composición por cada servicio

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Equipo de acceso específico	0.822%	41.457%	14.187%	NA	6.583%
Enrutador de acceso	0.293%	1.258%	7.969%	6.095%	1.753%
Renta Nodo Acceso	0.643%	3.931%	17.747%	3.002%	1.927%
Renta nodo Distribución y Dorsal	0.370%	0.195%	0.213%	0.339%	0.321%
Enlaces Acceso-Distribución	32.285%	16.986%	18.605%	29.537%	28.671%
Enlaces Distribución-Dorsal	35.075%	18.453%	20.212%	32.089%	31.638%
Enlaces Dorsal-Internet	28.964%	15.238%	16.691%	26.498%	27.299%
Equipo Distribución y Dorsal	1.004%	0.528%	0.578%	0.918%	0.871%
Servidor Seguridad	0.007%	0.274%	0.074%	NA	0.044%
Servidores Cache y DNS	0.023%	0.853%	0.229%	0.183%	0.123%
Gestión	0.515%	0.828%	3.495%	1.337%	0.769%
TOTAL	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Costos, precios y utilidad

Participación de cada servicio



Composición del costo

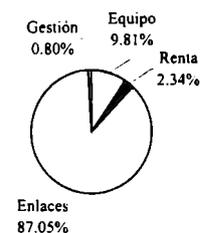


Tabla A.1 Costos obtenidos con el modelo

#	Do	Tipo	Di	Tipo	Acc	P	Serv	Tf	Eq	Unidades	AB	Megas	Meses	Costo mensual equipo	Eq Acceso
1	A	LO	L1	LO	L1	1	C	2	4	4608		23.6	9	\$407.38	
2	A	LO	L1	LO	L1	0	ISDN	0	0	0		0.0	0	\$0.00	
3	A	LO	L1	LO	L1	1	LP	8	1	320		32.8	12	\$63.60	
4	A	LO	L1	LO	L1	1	ADSL	1	2	8450		310.0	33	\$52.45	\$63.60
5	A	LO	L1	LO	L2	1	C	2	6	6912		35.4	12	\$611.07	
6	A	LO	L1	LO	L2	1	ISDN	4	1	240		3.5	19	\$16.20	
7	A	LO	L1	LO	L2	1	LP	8	1	320		32.8	46	\$0.00	
8	A	LO	L1	LO	L2	1	ADSL	1	1	4225		155.0	7	\$26.23	\$0.00
9	A	LO	L1	LO	L3	1	C	2	2	2304		11.8	20	\$203.69	
10	A	LO	L1	LO	L3	0	ISDN	0	0	0		0.0	0	\$0.00	
11	A	LO	L1	LO	L3	1	LP	8	2	640		65.5	5	\$127.19	
12	A	LO	L1	LO	L3	0	ADSL	0	0	0		0.0	0	\$0.00	\$127.19
13	A	LO	L1	LO	L4	1	C	2	2	2304		11.8	27	\$203.69	
14	A	LO	L1	LO	L4	0	ISDN	0	0	0		0.0	0	\$0.00	
15	A	LO	L1	LO	L4	1	LP	8	1	320		32.8	11	\$63.60	
16	A	LO	L1	LO	L4	1	ADSL	1	1	4225		155.0	47	\$0.00	\$63.60
17	A	LO	L1	LD	LD1	1	C	2	2	2304		11.8	45	\$0.00	
18	A	LO	L1	LD	LD1	0	ISDN	0	0	0		0.0	0	\$0.00	
19	A	LO	L1	LD	LD1	1	LP	8	2	640		65.5	20	\$127.19	
20	A	LO	L1	LD	LD1	1	ADSL	1	1	4225		155.0	33	\$26.23	\$127.19
21	A	LO	L1	LD	LD2	1	C	2	4	4608		23.6	27	\$407.38	
22	A	LO	L1	LD	LD2	1	ISDN	4	1	240		3.5	13	\$16.20	
23	A	LO	L1	LD	LD2	1	LP	8	1	320		32.8	43	\$0.00	
24	A	LO	L1	LD	LD2	0	ADSL	0	0	0		0.0	0	\$0.00	\$0.00
25	A	LO	L1	LD	LD3	1	C	2	3	3456		17.7	43	\$0.00	
26	A	LO	L1	LD	LD3	1	ISDN	4	1	240		3.5	17	\$16.20	
27	A	LO	L1	LD	LD3	1	LP	8	1	320		32.8	30	\$63.60	
28	A	LO	L1	LD	LD3	1	ADSL	1	1	4225		155.0	40	\$0.00	\$63.60

Tabla A.2 Extracto de la implementación para obtener totales de ancho de banda y equipos

Enlaces Distribución

#	Todos	AB	Link	Q	Renta
1	AL1	1,370.96	S4	3	\$3,463.26
2	AL2	1,193.82	S4	2	\$2,308.84
3	AL3	1,750.84	S4	3	\$3,463.26
4	ALD1	980.16	S4	2	\$4,270.68
5	ALD2	853.26	S4	2	\$4,270.68
6	ALD3	1,114.68	S4	2	\$4,270.68
7	ALD4	605.57	S4	1	\$2,135.34
8	BL1	1,589.39	S4	3	\$3,463.26
9	BL2	978.90	S4	2	\$2,308.84
10	BLD1	1,491.90	S4	3	\$6,406.02
11	BLD2	1,020.03	S4	2	\$4,270.68
12	BLD3	772.20	S4	2	\$4,270.68
13	BLD4	908.35	S4	2	\$4,270.68
14	CL1	670.21	S4	2	\$2,308.84
15	CL2	860.28	S4	2	\$2,308.84
16	CL3	1,062.21	S4	2	\$2,308.84
17	CLD1	1,138.65	S4	2	\$4,270.68
18	CLD2	1,501.39	S4	3	\$6,406.02
19	CLD3	641.61	S4	2	\$4,270.68
20	CLD4	648.63	S4	2	\$4,270.68

Tabla A.3 Extracto de tablas para obtener total de enlaces

Gestión

Equipo	Meses de uso	Costo Mensual	Personal	Cantidad	Sueldo	Total
Servidor 1	31	\$287.25	Manager	2	\$35.00	\$70.00
Servidor 2	4	\$1,300.73	Senior	4	\$20.00	\$80.00
Servidor 3	42	\$0.00	Junior	15	\$15.00	\$225.00
Servidor 4	14	\$895.77			Total	\$375.00
Servidor 5	34	\$0.00				
Workstation 1	31	\$1.31				
Workstation 2	32	\$1.43				
Workstation 3	3	\$1.20				
Workstation 4	2	\$1.39				
Workstation 5	19	\$1.27				
Workstation 6	33	\$1.38				
Workstation 7	43	\$0.00				
Workstation 8	8	\$1.34				
Workstation 9	15	\$1.17				
Workstation 10	46	\$0.00				
Workstation 11	23	\$1.40				
Workstation 12	30	\$1.44				
Workstation 13	38	\$0.00				
Workstation 14	6	\$1.22				
Workstation 15	37	\$0.00				
Total		\$2,498.28				

Total gestión mensual **\$2,873.28**

Tabla A.4 Estimación de gestión

Factor de distribución por demanda de AB							
	AB Total	Factor AB	Unidad	Capacidad	AB por unidad	Factor SS	Precio comercial
ADSL	14,567.7	69%	Usuarios (1Pto)	4225	0.0367	1 \$	688.85
Conmutado	1,787.2	8%	modems	1152	0.0051	10 \$	217.35
ISDN	309.0	1%	modems	240	0.0146	7 \$	458.85
LP	4,489.2	21%	Puertos Seriales	320	0.1024	1 \$	7,558.00
Total	21,153.0						
Total							

Factor de distribución de Servidores aplicativos						
Equipo	Total Modems	Factor SS	Total usuarios	Factor Usuarios AAA	Factor DNS y Cache	
ADSL	397,150	1	397,150	10%	8%	
Conmutado	349,056	10	3,490,560	86%	68%	
ISDN	21,120	7	147,840	4%	3%	
LP	43,840	25	1,096,090		21%	

Tabla A.5 Factores de distribución usados en el modelo (extracto)

Equipo	Costo	Comentario	Costo Mensual
Equipo. Precio de compra. Depreciar a 36 mensualidades			36
Enrutador acceso (LPs)	\$2,289.50	De acuerdo a cotización de julio 04	\$63.60
Enrutador Distribución	\$5,094.84	De acuerdo a cotización de julio 04	\$141.52
Enrutador Dorsal	\$5,094.84	De acuerdo a cotización de julio 04	\$141.52
Conmutado Servidor de Acceso	\$3,666.43	De acuerdo a cotización de julio 04	\$101.85
ISDN Servidor de Acceso	\$583.09	De acuerdo a cotización de julio 04	\$16.20
ADSL Enrutador	\$944.13	De acuerdo a cotización de julio 04	\$26.23
Servidor Seguridad	\$350.00	Supuestos	\$9.72
Servidor Cache	\$960.00	De acuerdo a cotización de Sept 04	\$26.67
Servidor DNS	\$650.00	Supuestos	\$18.06
Gestión Personal. Sueldos mensuales			
Manager	\$35.00	2 managers	\$70.00
Senior	\$20.00	4 Senior	\$80.00
Junior	\$15.00	15 Junior	\$225.00
Gestión. Equipo. Precio de compra. Depreciar a 36 mensualidades			
Servidores 1	\$10,340.94		\$287.25
Servidores 2	\$46,826.16		\$1,300.73
Servidores 3	\$48,160.45		\$1,337.79
Servidores 4	\$32,247.73		\$895.77
Servidores 5	\$33,398.61		\$927.74
Workstation 1	\$47.17		\$1.31
Workstation 2	\$51.50		\$1.43
Workstation 3	\$43.23		\$1.20
Enlaces. Renta mensual			
E1 Local	\$10.64		
E1 LD	\$51.97	122 Kms en promedio	
E3 Local	\$111.72		
E3 LD	\$326.86	250 Kms en promedio	
STM1 Local	\$356.30		
STM1 LD	\$774.80	258 Kms en promedio	
STM1 Internacional	\$1,008.20		
STM4 Local	\$1,154.42		
STM4 LD	\$2,135.34	122 Kms en promedio	
STM4 Internacional	\$2,683.86		

Tabla A.6 Costos unitarios utilizados en el modelo (extracto)

Apéndice B. Caso de interés, salida de ISDN

Costos por servicio y componente

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL	%
Equipo de acceso específico	1.835.80	21.591.21	1.166.19	NA	24.593.20	6.86%
Enrutador de acceso	655.05	655.05	655.05	4.585.37	6.550.53	1.83%
Renta Nodo Acceso	1.435.29	2.047.06	1.458.82	2.258.82	7.200.00	2.01%
Renta nodo Distribución y Dorsal	826.42	101.38	17.53	254.67	1.200.00	0.33%
Enlaces Acceso-Distribución	72.109.14	8.846.36	1.529.31	22.221.32	104.706.12	29.19%
Enlaces Distribución-Dorsal	78.340.00	9.610.76	1.661.45	24.141.44	113.753.65	31.71%
Enlaces Dorsal-Internet	64.691.27	7.936.33	1.371.99	19.935.41	93.935.01	26.19%
Equipo Distribución y Dorsal	2.241.68	275.01	47.54	690.80	3.255.03	0.91%
Servidor Seguridad	16.27	142.96	6.05	NA	165.28	0.05%
Servidores Cache y DNS	35.69	313.65	13.28	98.48	461.11	0.13%
Gestión	1.149.31	430.99	287.33	1,005.65	2,873.28	0.80%
TOTAL	\$ 223,335.92	\$ 51,950.77	\$ 8,214.55	\$ 75,191.96	\$ 358,693.20	100%
	% 62%	14%	2%	21%	100%	

Porcentaje sobre el valor total del concepto

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Equipo de acceso específico	7%	88%	5%	NA	100%
Enrutador de acceso	10%	10%	10%	70%	100%
Renta Nodo Acceso	20%	28%	20%	31%	100%
Renta nodo Distribución y Dorsal	69%	8%	1%	21%	100%
Enlaces Acceso-Distribución	69%	8%	1%	21%	100%
Enlaces Distribución-Dorsal	69%	8%	1%	21%	100%
Enlaces Dorsal-Internet	69%	8%	1%	21%	100%
Equipo Distribución y Dorsal	69%	8%	1%	21%	100%
Servidor Seguridad	10%	86%	4%	NA	100%
Servidores Cache y DNS	8%	68%	3%	21%	100%
Gestión	40%	15%	10%	35%	100%

Composición por cada servicio

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Equipo de acceso específico	0.822%	41.561%	14.197%	NA	6.583%
Enrutador de acceso	0.293%	1.261%	7.974%	6.098%	1.753%
Renta Nodo Acceso	0.643%	3.940%	17.759%	3.004%	1.927%
Renta nodo Distribución y Dorsal	0.370%	0.195%	0.213%	0.339%	0.321%
Enlaces Acceso-Distribución	32.287%	17.028%	18.617%	29.553%	28.671%
Enlaces Distribución-Dorsal	35.077%	18.500%	20.226%	32.106%	31.638%
Enlaces Dorsal-Internet	28.966%	15.277%	16.702%	26.513%	27.299%
Equipo Distribución y Dorsal	1.004%	0.529%	0.579%	0.919%	0.871%
Servidor Seguridad	0.007%	0.275%	0.074%	NA	0.044%
Servidores Cache y DNS	0.016%	0.604%	0.162%	0.131%	0.123%
Gestión	0.515%	0.830%	3.498%	1.337%	0.769%
TOTAL	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Costos, precios y utilidad

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	TOTAL
Total de unidades	397.150	349.056	21.120	43.840	
Factor de sobresuscripción	1	10	7	1	
Costo por unidad	\$ 0.56	\$ 0.15	\$ 0.39	\$ 1.72	
Costo por cliente	\$ 0.56	\$ 0.01	\$ 0.06	\$ 1.72	
Precio comercial por unidad	\$ 0.69	\$ 0.22	\$ -	\$ 7.56	
Ingresos máximos potenciales	\$ 273.576.78	\$ 758.673.22	\$ -	\$ 331.342.72	\$ 1.363.592.71
Utilidad de operación (Ing-Costo)	\$ 50.240.86	\$ 706.722.45	\$ -8.214.55	\$ 256.150.76	\$ 1.004.899.51
Participación Ingresos o pérdidas	5%	70%	-1%	25%	
Utilidad por unidad	\$ 0.13	\$ 0.20	\$ -0.06	\$ 5.84	
Factor de rentabilidad unitario	22%	1360%	-100%	341%	
Factor de rentabilidad total	22%	1360%	-100%	341%	280%

Apéndice C. Caso de interés, video

Costos por servicio y componente

CONCEPTO	VIDEO	TOTAL
Equipo de acceso específico	3,983.22	3,983.22
Renta Nodo Acceso	7,200.00	7,200.00
Renta nodo Distribución y Dorsal	1,200.00	1,200.00
Enlaces Acceso-Distribución	108,310.29	108,310.29
Enlaces Distribución-Dorsal	47,671.50	47,671.50
Equipo Distribución y Dorsal	3,255.03	3,255.03
Servidor Seguridad	194.44	194.44
Servidores Cache y DNS	638.89	638.89
Gestion	5,144.14	5,144.14
Total \$	177,597.51	\$ 177,597.51
	% 100%	100%

Porcentaje sobre el valor total del concepto

CONCEPTO	VIDEO	TOTAL
Equipo de acceso específico	100%	100%
Enrutador de acceso	NA	NA
Renta Nodo Acceso	100%	100%
Renta nodo Distribución y Dorsal	100%	100%
Enlaces Acceso-Distribución	100%	100%
Enlaces Distribución-Dorsal	100%	100%
Enlaces Dorsal-Internet	NA	NA
Equipo Distribución y Dorsal	100%	100%
Servidor Seguridad	100%	100%
Servidores Cache y DNS	100%	100%
Gestión	100%	100%

Composición por cada servicio

CONCEPTO	VIDEO	TOTAL
Equipo de acceso específico	2.243%	2.243%
Enrutador de acceso	NA	0.000%
Renta Nodo Acceso	4.054%	4.054%
Renta nodo Distribución y Dorsal	0.676%	0.676%
Enlaces Acceso-Distribución	60.986%	60.986%
Enlaces Distribución-Dorsal	26.842%	26.842%
Enlaces Dorsal-Internet	NA	0.000%
Equipo Distribución y Dorsal	1.833%	1.833%
Servidor Seguridad	0.109%	0.109%
Servidores Cache y DNS	0.360%	0.360%
Gestión	2.897%	2.897%
TOTAL	100%	100%

Costos, precios y utilidad

CONCEPTO	VIDEO (A)	TOTAL (A)
Total de unidades	152,250	152,250
Factor de sobresuscripción	1	
Costo por unidad	\$ 1.17	
Costo por cliente	\$ 1.17	
Precio comercial por unidad	\$ 1.58	
Ingresos máximos potenciales	\$ 240,478.88	\$ 240,478.88
Utilidad de operación (Ing.-Costo)	\$ 62,881.36	62,881
Participación Ingresos	35%	
Utilidad por unidad	\$ 0.41	
Factor de utilidad unitario	35%	
Factor de utilidad total	35%	35%

Apéndice D. RITMMO con cinco servicios

Costos por servicio y componente

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL	%
Equipo de acceso específico	1.835.80	21.591.21	1.166.19	NA	3.983.22	28.576.42	6.59%
Enrutador de acceso	655.05	655.05	655.05	3.930.32	655.05	6.550.53	1.51%
Renta Nodo Acceso	1.200.00	1.711.48	1.219.67	1.888.52	1.180.33	7.200.00	1.66%
Renta nodo Distribución y Dorsal	517.92	63.54	10.98	159.60	447.96	1.200.00	0.28%
Enlaces Acceso-Distribución	63.730.87	7.818.51	1.351.62	19.639.45	55.122.57	147.663.02	34.03%
Enlaces Distribución-Dorsal	67.281.24	8.254.07	1.426.92	20.733.54	44.337.81	142.033.58	32.73%
Enlaces Dorsal-Internet	64.697.27	7.936.33	1.371.99	19.935.41	NA	93.935.01	21.65%
Equipo Distribución y Dorsal	1.402.80	172.35	29.79	432.93	1.215.10	3.255.03	0.75%
Servidor Seguridad	15.77	137.76	5.83	NA	6.01	165.28	0.04%
Servidores Cache y DNS	14.70	304.62	12.90	95.65	13.29	461.11	0.11%
Gestión	86.90	287.33	229.86	632.12	861.98	2.873.28	0.66%
Total	\$ 202,229,33	\$ 48,932,24	\$ 7,480,82	\$ 67,447,54	\$ 107,823,32	\$ 433,913,26	100%
	% 47%	11%	2%	16%	25%	100%	

Porcentaje sobre el valor total del concepto

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL
Equipo de acceso específico	6%	45%	4%	NA	14%	100%
Enrutador de acceso	10%	1%	10%	60%	10%	100%
Renta Nodo Acceso	17%	24%	17%	26%	16%	100%
Renta nodo Distribución y Dorsal	43%	5%	1%	13%	37%	100%
Enlaces Acceso-Distribución	43%	5%	1%	13%	37%	100%
Enlaces Distribución-Dorsal	47%	6%	1%	15%	31%	100%
Enlaces Dorsal-Internet	69%	8%	1%	21%	NA	100%
Equipo Distribución y Dorsal	43%	5%	1%	13%	37%	100%
Servidor Seguridad	9%	83%	4%	NA	4%	100%
Servidores Cache y DNS	8%	66%	3%	21%	3%	100%
Gestión	30%	10%	8%	22%	30%	100%

Composición por cada servicio

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL
Equipo de acceso específico	0.908%	44.125%	15.589%	NA	3.694%	6.59%
Enrutador de acceso	0.324%	1.339%	8.756%	5.827%	0.608%	1.51%
Renta Nodo Acceso	0.593%	3.498%	16.304%	2.800%	1.095%	1.66%
Renta nodo Distribución y Dorsal	0.256%	0.130%	0.147%	0.237%	0.415%	0.28%
Enlaces Acceso-Distribución	31.514%	15.978%	18.068%	29.118%	51.123%	34.03%
Enlaces Distribución-Dorsal	33.270%	16.868%	19.074%	30.740%	41.121%	32.73%
Enlaces Dorsal-Internet	31.989%	16.219%	18.340%	29.557%	NA	21.65%
Equipo Distribución y Dorsal	0.695%	0.352%	0.398%	0.642%	1.127%	0.75%
Servidor Seguridad	0.008%	0.282%	0.078%	NA	0.006%	0.04%
Servidores Cache y DNS	0.017%	0.623%	0.172%	0.142%	0.012%	0.11%
Gestión	0.426%	0.587%	3.073%	0.937%	0.799%	0.66%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Costos, precios y utilidad

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL
Total de unidades	397.150	349.056	21.120	43.840	152.250	963.416
Factor de sobre-cripción	1	10	7	1	1	1
Costo por unidad	\$ 0.51	\$ 0.14	\$ 0.35	\$ 1.54	\$ 0.71	
Costo por cliente	\$ 0.51	\$ 0.01	\$ 0.05	\$ 1.51	\$ 0.71	
Precio comercial por unidad	\$ 0.69	\$ 0.22	\$ 0.46	\$ 7.56	\$ 0.25	
Ingresos máximos potenciales	\$ 273,576.78	\$ 758,673.22	\$ 67,836.38	\$ 331,342.72	\$ 38,062.50	\$ 1,469,491.60
Utilidad de operación (Ing-Costo)	\$ 71,347.45	\$ 709,740.98	\$ 60,355.57	\$ 263,895.18	\$ -69,760.82	\$ 1,035,578.34
Participación Ingresos o pérdidas	7%	69%	6%	25%	100%	
Utilidad por unidad	\$ 0.18	\$ 0.20	\$ 0.41	\$ 6.02	\$ -0.46	
Factor de utilidad unitario	35%	1450%	807%	391%	-65%	
Factor de utilidad total	35%	1450%	807%	391%	-65%	239%

Apéndice E. Costos incrementales de video

Costos por servicio y componente

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL
Equipo de acceso específico	1.835.80	21,591.21	1,166.19	NA	3,983.22	28,576.42
Enrutador de acceso	655.05	655.05	655.05	4,585.37	NA	6,550.53
Renta Nodo Acceso	1,435.29	2,047.06	1,458.82	2,258.82	NA	7,200.00
Renta nodo Distribución y Dorsal	826.42	101.38	17.53	254.67	NA	1,200.00
Enlaces Acceso-Distribución	65,550.80	8,041.78	1,390.22	20,200.29	113,393.34	208,576.42
Enlaces Distribución-Dorsal	68,960.61	8,460.09	1,462.53	21,251.06	39,763.94	139,898.24
Enlaces Dorsal-Internet	64,691.27	7,936.33	1,371.99	19,935.41	NA	93,935.01
Equipo Distribución y Dorsal	2,241.68	275.01	47.54	690.80	NA	3,255.03
Servidor Seguridad	16.27	142.96	6.05	NA	NA	165.28
Servidores Cache y DNS	35.69	313.65	13.28	98.48	NA	461.11
Gestión	1,149.31	430.99	287.33	1,005.65	NA	2,873.28
Total	\$ 207,398.19	\$ 49,995.52	\$ 7,876.54	\$ 70,280.56	\$ 157,140.51	\$ 492,691.32
	42%	10%	2%	14%	32%	100%

Porcentaje sobre el valor total del concepto

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL
Equipo de acceso específico	0%	76%	4%	NA	14%	100%
Enrutador de acceso	10%	10%	10%	70%	NA	100%
Renta Nodo Acceso	20%	28%	20%	31%	NA	100%
Renta nodo Distribución y Dorsal	69%	8%	1%	21%	NA	100%
Enlaces Acceso-Distribución	31%	4%	1%	10%	54%	100%
Enlaces Distribución-Dorsal	49%	6%	1%	15%	28%	100%
Enlaces Dorsal-Internet	69%	8%	1%	21%	NA	100%
Equipo Distribución y Dorsal	69%	8%	1%	21%	NA	100%
Servidor Seguridad	10%	86%	4%	NA	NA	100%
Servidores Cache y DNS	8%	68%	3%	21%	NA	100%
Gestión	40%	15%	10%	35%	NA	100%

Composición por cada servicio

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL
Equipo de acceso específico	0.885%	43.186%	14.806%	NA	2.535%	5.80%
Enrutador de acceso	0.316%	1.310%	8.316%	6.524%	NA	1.33%
Renta Nodo Acceso	0.692%	4.094%	18.521%	3.214%	NA	1.46%
Renta nodo Distribución y Dorsal	0.398%	0.203%	0.223%	0.362%	NA	0.24%
Enlaces Acceso-Distribución	31.606%	16.085%	17.650%	28.742%	72.160%	42.33%
Enlaces Distribución-Dorsal	33.250%	16.922%	18.568%	30.237%	25.305%	28.39%
Enlaces Dorsal-Internet	31.192%	15.874%	17.419%	28.365%	NA	19.07%
Equipo Distribución y Dorsal	1.081%	0.550%	0.604%	0.983%	NA	0.66%
Servidor Seguridad	0.008%	0.286%	0.077%	NA	NA	0.03%
Servidores Cache y DNS	0.017%	0.627%	0.169%	0.140%	NA	0.09%
Gestión	0.554%	0.862%	3.648%	1.431%	NA	0.58%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Costos, precios y utilidad

CONCEPTO	ADSL	CONMUTADO	ISDN	LP	VIDEO	TOTAL
Total de unidades	397,150	349,056	21,120	43,840	152,250	963,416
AB comercial por unidad	0.512	0.064	0.128	0.512		8
Factor de sobresuscripción	1	10	7	1		1
Costo por unidad	\$ 0.52	\$ 0.14	\$ 0.37	\$ 1.60	\$ 1.03	
Costo por cliente	\$ 0.52	\$ 0.01	\$ 0.05	\$ 1.60	\$ 1.03	
Precio comercial por unidad	\$ 0.69	\$ 0.22	\$ 0.46	\$ 7.56	\$ 1.03	
Costo por megabit	\$ 14.24	\$ 27.97	\$ 25.49	\$ 15.66	\$ 6.24	
Ingresos máximos potenciales	\$ 273,576.78	\$ 758,673.22	\$ 67,836.38	\$ 331,342.72	\$ 157,140.51	\$ 1,588,569.60
Utilidad de operación (Ing-Costo)	\$ 66,178.59	\$ 708,677.69	\$ 59,959.84	\$ 261,062.16	\$ -	\$ 1,095,878.28
Participación Ingresos o pérdidas	32%	1417%	761%	371%	0%	
Utilidad por unidad	\$ 0.17	\$ 0.20	\$ 0.41	\$ 5.95	\$ -	
Factor de rentabilidad unitario	32%	1417%	761%	371%	0%	
Factor de rentabilidad total	32%	1417%	761%	371%	0%	222%

Apéndice F. Breve descripción de Solver

Solver es una herramienta desarrollada por Frontline Systems, Inc. que funciona con Microsoft® Excel para ayudar a encontrar la mejor forma de asignar o utilizar recursos escasos por medio de Programación Lineal y No Lineal, involucrando muchas variables cuya combinación maximice o minimice un recurso especificando una o más restricciones que deben cumplirse para que la solución sea válida y factible.

Solver es un complemento disponible en Microsoft® Excel. Si no se encuentra éste comando en el menú *Herramientas*, es necesario instalarlo seleccionando el menú *Herramientas*, *Complementos*. Para definir los parámetros de **Solver** se deben completar tres secciones: Objetivo (maximizar o minimizar el costo o la utilidad), las variables o celdas de cambio (Composición de la oferta de servicios del proveedor), y sus restricciones o limitantes que en el problema se plantean.

Parámetros y opciones

Especificación del objetivo. En la sección *Celda objetivo*, se indica el objetivo a lograr. En el ejemplo de la Figura A.1 se busca maximizar la celda \$O\$8, lo que se indica la sección *Valor de la celda objetivo* que en el ejemplo es *Máximo*.

Especificación de las celdas de cambio (Variables de cambio). Se señala en la sección *Cambiando las Celdas*. En el ejemplo, las celdas cuyos valores pueden ser ajustados son aquellas que especifican el número de equipos para cada servicio que el proveedor ofrece. Estas celdas quedan en el rango \$K\$3:\$N\$3.

Definición de las Restricciones Una restricción consiste de tres componentes: una celda de referencia, un operador de la comparación, y un valor de restricción. Para el presente trabajo es indispensable definir la restricción de números enteros para las celdas que contienen las variables de cambio ya que no es posible instalar fracciones de equipo. Estas condiciones para el modelo se indican en la sección *Sujetas a las siguientes restricciones*

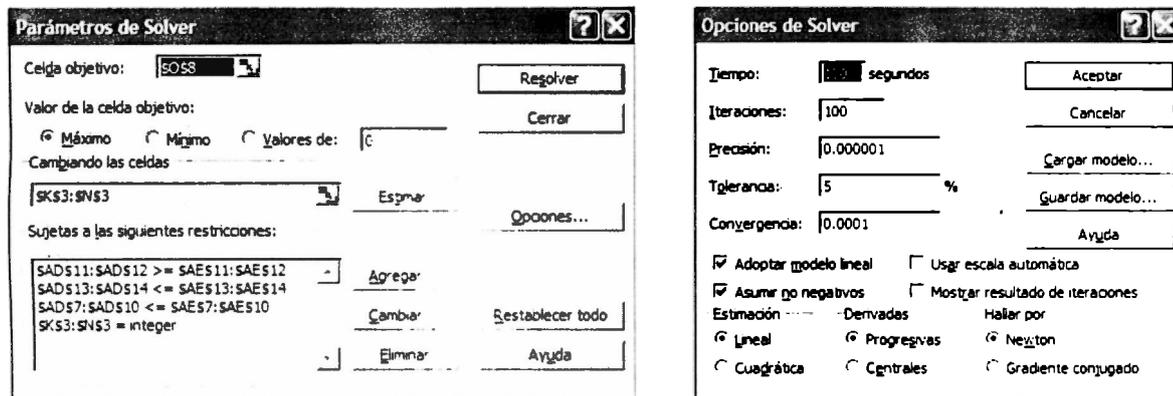


Figura A.1 Parámetros y opciones de Solver

El botón *Resolver* inicia el proceso de solución. Solver determina valores por ensayo en las celdas de cambio, recalcula la planilla, y entonces prueba los resultados., Solver determina el conjunto de valores que satisfagan el objetivo así como las restricciones realizando comparaciones sucesivas de las iteraciones.

Respaldo y recuperación de modelos

Cuando se salva el archivo de Microsoft® Excel después de usar Solver, todos los valores usados en los parámetros de Solver se graban junto con los datos de la hoja de cálculo. Para guardar más de un planteamiento de Solver en una hoja de cálculo debe utilizarse la opción *Guardar Modelo* que se encuentra en la sección *Opciones de Solver*, en esta misma sección se encuentra la opción *Cargar modelo* para recuperar definiciones salvadas previamente.

Otras opciones de Solver

Para la solución de los problemas planteados a lo largo de este trabajo, se tomaron los valores por omisión de la ventana *Opciones de Solver* con excepción de los siguientes casos:

Adoptar Modelo Lineal acelera el proceso de solución cuando todas las relaciones en el modelo son lineales y se desea resolver un problema de optimización lineal.

Adoptar no-negativo obliga a Solver a suponer un límite de 0 (cero) para todas las celdas ajustables en las que no se haya definido un límite inferior en el cuadro *Restricción* del cuadro de diálogo *Agregar restricción*.

Estimación lineal, especifica el enfoque de extrapolación lineal de un vector tangente que se utiliza para obtener las estimaciones iniciales de las variables básicas en cada una de las búsquedas dimensionales.

Apéndice G. Breve descripción de LINGO

LINGO® es una herramienta diseñada por LINDO Systems Inc. para construir y resolver problemas de optimización lineales, no lineales y enteros de manera fácil, rápida y eficiente. LINGO es un paquete integrado que consta de un poderoso lenguaje para expresar los modelos de optimización, un ambiente completo de construcción y edición de problemas y un conjunto de solucionadores rápidos predefinidos

Las dimensiones de LINGO hacen imposible describir su funcionalidad de manera breve por lo que se describirá la pantalla general de la herramienta para luego describir particularmente uno de los programas utilizados en el presente trabajo. Para mayor referencia LINDO Systems Inc. ofrece de manera gratuita un manual de usuario (*LINGO Users's manual*) con información completa sobre todos los aspectos del uso del paquete.

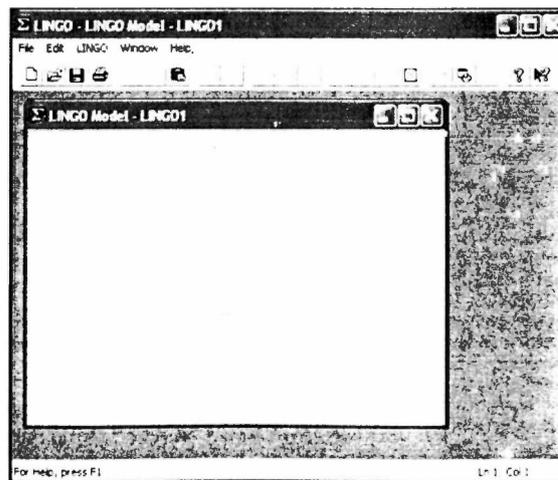


Figura A.2 Pantalla inicial de LINGO

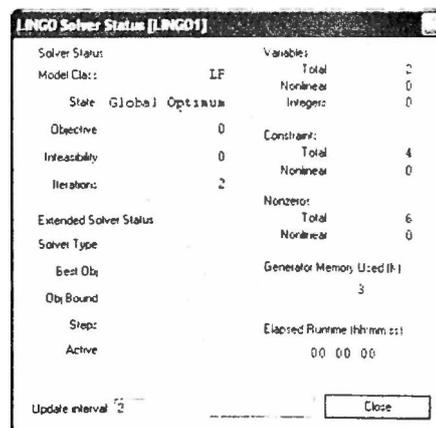
Al iniciar el programa se muestra una pantalla en blanco etiquetada como *LINGO Model – LINGO1* que se usa para escribir el problema a optimizar.

Sintaxis general de LINGO

LINGO ofrece una sintaxis muy sencilla para la construcción de los modelos, además, el editor de LINGO es *Syntax Aware* por lo que conforme se introduce el programa, LINGO desplegará las palabras reservadas en azul, los comentarios en verde y el resto del texto en negro.

- Las expresiones deben terminar con punto y coma (;), lo que permite que expresiones puedan dividirse en varios renglones para fines de claridad.
- Los comentarios inician con el signo de cierre de admiración (!)
- LINGO no distingue entre mayúsculas y minúsculas en los nombres de las variables pero estos deben iniciar con un carácter alfabético y pueden contener caracteres numéricos y guión bajo (_) con una longitud total de hasta 32 caracteres.

Una vez introducido el programa, se indica a LINGO que busque la solución por medio del botón *Solve*  o por medio del menú LINGO y luego *Solve*. LINGO mostrará la ventana de estado que se muestra en la Figura A.3. En caso de errores de sintaxis se notificará tal situación junto con una pequeña asistencia para ayudar a resolverlo.



LINGO Solver Status [LINGO1]	
Solver Status:	Variable:
Model Class: IP	Total 2
	Nonlinear 0
State: Global Optimum	Integer 0
Objective: 0	Constraint:
Infeasibility: 0	Total 4
Iterations: 2	Nonlinear 0
Extended Solver Status:	Nonzero:
Solver Type:	Total 6
Best Obj:	Nonlinear 0
Obj Bound:	Generator Memory Used (K): 3
Step:	Elapsed Runtime (hh:mm:ss): 00:00:00
Active:	
Update interval: 2	Close

Figura A.3 Ventana de status de LINGO

Además de la ventana de estado, el programa desplegará una ventana denominada *Solution Report*. con los valores para un solución óptima al problema

Variable	Value	Reduced Cost
STANDARD	100.0000	0.0000000
TURBO	30.00000	0.0000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	14500.00	1.000000
2	0.0000000	25.00000
3	90.00000	0.0000000
4	0.0000000	75.00000

Figura A.4 Reporte de solución de LINGO

Descripción del modelo de maximización

A continuación se describe el modelo de maximización de beneficio con restricciones mostrado en la sección 4.6.3. Muchos de los comentarios del modelo original se han omitido.

! Maximización de utilidad;	
DATA:	Inicia sección DATA, la sección DATA permite aislar los datos del resto del modelo. Facilita el mantenimiento.
costo, utilidad, inversion, ganancia, CA, CC, CI, CL, UA, UC, UI, UL, FA, FC, FI, FL, FAC, FIL, FCI= @ole('Modelo 4s Opt 0903.xls');	Define una lista de objetos para asignarles un valor bajo el formato general <code>object_list = value_list</code> . En este caso toda la lista de datos deben tomar su valor del archivo de Excel indicado con la función @ole.
ENDDATA	Fin de la sección DATA
MAX= UA*A + UC*C + UI*I + UL*L;	La función objetivo para este caso busca maximizar la utilidad de los servicios calculada a partir de la cantidad de equipos por el costo de cada uno.
CA*A <= inversion*FA; !40%; CC*C <= inversion*FC; !30%; CI*I <= inversion*FI; !25%; CL*L <= inversion*FL; !35%; CA*A+CC*C >= inversion*FAC; !50%; CI*I+CL*L >= inversion*FIL; !40%; CC*C+CI*I <= inversion*FCI; !50%; CA*A + CC*C + CI*I + CL*L <= inversion;	Restricciones del modelo, se incluyen comentarios en cada línea para mayor claridad
@gin(A); @gin(C); @gin(I); @gin(L);	Limitación de las soluciones a valores enteros por medio de la función @gin.

Referencias

- [1] Pineda, Daniel. *Apuntes Diplomado en Telecomunicaciones. Análisis de Costos y de precios*. TELCOR. México 2002.
- [2] Faulin, Javier; Juan, Angel. *Introducción a la Investigación Operativa*. Proyecto e-Math. Universitat Oberta de Catalunya.
- [3] Taha, Handy. *Investigación de operaciones*. 7a edición. Pearson Prentice Hall.
- [4] Romero Ceceña, Alfredo. *La contabilidad Gerencial y los nuevos métodos de costeo*. Instituto Mexicano de Contadores Públicos. México 1993.
- [5] Tar-Mahomed, Rashid. *A Cost Analysis of Telecommunication Investments*. Centre for Telecommunications Access and Services. Universidad de Witwatersrand, Johannesburg.
- [6] Cooper, Robin; Kaplan, Robert. *Measure Costs Right: Make the right decisions*. Harvard Business Review. September-October 1988.
- [7] Kaplan, Robert. *One Cost System isn't Enough*. Harvard Business Review. January-February 1988.
- [8] Hitt, Michael; Ireland, Duane; Hoskisson, Robert. *Strategy Management Competitiveness and Globalization*. Thomson Southwestern. Fifth Edition.
- [9] Reichl, Peter. *The Design of a generic Service-Oriented Cost Model for service Providers in the Internet (COSMOS)*. Telecommunications Research Center Vienna Austria.
- [10] Oppenheimer, Priscilla. *Top-Down Network Design*. Ciscopress.com.
- [11] Ingold, Anthony; McMahon-Beattie, Una; Yeoman; Ian. *Yield management. Strategies for the service industries*. 2nd Edition. Continuum.