



Santiago de Chile, diciembre 2003. www.regulacion-mercados.cl

MODELO DE COSTOS DE INVERSIÓN TÉCNICA

ANEXO N° 3



1. INTRODUCCIÓN

Este anexo muestra el modelamiento utilizado para obtener los costos de inversión técnica de una Empresa Eficiente. En una primera parte se describe la metodología utilizada para la determinación de emplazamientos óptimos de los distintos elementos de la red. Posteriormente se muestra la metodología y antecedentes considerados para la determinación del costo de reposición de los diferentes sistemas y elementos que componen la red, planta externa, conmutación, transmisión, energía y climatización.

2. RESUMEN RESULTADOS

En el siguiente cuadro se muestra el resumen de las inversiones del área técnica de la Empresa Eficiente para el período de análisis.

RESUMEN DE INVERSIONES (MM\$)						
Item	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Planta Externa	688.138	11.036	12.364	13.625	13.218	11.220
Conmutación	115.419	1.542	1.717	1.886	1.834	1.560
Transmisión	18.193	1.290	-	-	-	-
Energía y Climatización	8.651	140	157	173	168	143
TOTAL	830.400	14.009	14.238	15.685	15.219	12.923

3. METODOLOGÍA DE EMPLAZAMIENTOS ÓPTIMOS

3.1 Introducción

Para el costeo de redes de telecomunicaciones debe realizarse un diseño eficiente de la red, con el fin de minimizar estos costos. Dicho diseño depende de restricciones técnicas, en particular, de la distribución espacial de las líneas telefónicas, del tráfico que tengan éstas, de la geología del área y de los costos relativos de los distintos elementos de la red.¹

El objetivo de esta parte del estudio, es por tanto, proponer un diseño eficiente de la red de telefonía fija, que permita satisfacer los requerimientos de manera eficiente.

En la definición de la metodología a utilizar se debió compatibilizar, por una parte, el objetivo de realizar un trabajo riguroso y con la mayor exactitud posible, y por otra parte, la factibilidad de aplicación de la metodología propuesta.

(1) Por ejemplo, si el costo de los conmutadores es muy bajo respecto al costo del cable de cobre y con respecto al costo de los medios de transmisión intercentrales (fibra óptica, por ejemplo), entonces se encontrará que el número óptimo de centrales telefónicas es muy alto. Elaboración propia a partir de información de SUBTEL

A continuación se entrega los principales resultados, en términos de:

- Revisión de Literatura.
- Metodología de Costeo de Planta Externa.
- Aplicación de la Metodología.
- Análisis de Resultados.

3.2 Revisión de Literatura.

Para efectos de este ítem, se revisaron distintas fuentes de información, entre las cuales se destacan, manuales de modelos preparados por HAI Consulting, Inc. y por la Federal Communications Commission (FCC), además informes preparados por Interglobal Telecomunicaciones (Colombia) y por la Secretaría de Comunicaciones de Argentina (SECOM), entre otros.

3.2.1 Modelos Computacionales Disponibles.

Estados Unidos es uno de los países que más ha avanzado en este aspecto, por lo que otros países han tomado en cuenta sus modelos de costos de telefonía a la hora de determinar los propios. Además, el análisis que han llevado a cabo es ilustrativo para entender los problemas que conlleva calcular los costos en la práctica. La Federal Communications Commission (FCC), el regulador de las telecomunicaciones en Estados Unidos, ha estudiado tres modelos: el Benchmark Cost Proxy Model (BCPM), propuesto por US West, Bellsouth y Sprint; el HAI Model (HAI), propuesto por AT&T y MCI; y el Hybrid Cost Proxy Model (HCPM), que fue desarrollado por la FCC y combina a los dos anteriores, por lo que también se le conoce como “Modelo Híbrido”.

Cada modelo debe determinar la forma de agrupar y atender a todos los consumidores de una manera eficiente y tecnológicamente razonable. Los exponentes de los modelos han identificado dos métodos –por cúmulos y por cuadrícula- para agrupar a los clientes en áreas de servicio.

El modelo HAI identifica a los grupos de consumidores basándose en la proximidad de uno con otro para crear “cúmulos” de consumidores. El HAI define “área de servicio” como un cúmulo principal y aquellos cúmulos contiguos. Por su parte, el BCPM determina las áreas de servicio como resultado de un proceso que comienza con la segmentación del área a atender, en cuadrículas idénticas, dentro de las cuales se ubican los elementos de red. Una vez que se generan las cuadrículas con los datos de ubicación de los consumidores, las áreas de servicio se determinan sobre la base de restricciones tecnológicas como el número de líneas que puede atender cada conmutador. Aunque la FCC originalmente propuso un enfoque de cuadrícula, posteriormente adoptó un enfoque de cúmulos para su modelo HCPM.

La ventaja del enfoque de cúmulos es que se puede identificar agrupaciones naturales de consumidores. Esto obedece a que este enfoque no impone arbitrariamente los límites de cada área de servicio, por lo cual los consumidores que se encuentran cerca uno de otro, o que tiene sentido tecnológico considerarlos dentro de una misma área, pueden ser atendidos con las mismas instalaciones.

Los algoritmos de los cúmulos intentan agrupar a los consumidores bajo dos restricciones tecnológicas: la de distancia y la de capacidad. La transmisión por líneas de cable es posible por sólo algunos kilómetros de distancia, pues la señal tiende a tomarse débil y no es interpretada correctamente por la central telefónica. Por este motivo el modelo HAI introduce un supuesto restrictivo y asume que un consumidor, para formar parte de un mismo cúmulo debe estar a una distancia máxima de 3 kilómetros de otro, si no formará parte de otro cúmulo. La restricción de capacidad se refiere al número de llamadas que puede controlar cada central telefónica para concentrar (usando multiplexores) y enrutar (usando conmutadores) las llamadas correctamente.

En contraste, la ventaja principal del enfoque por cuadrículas es su simplicidad. Al tender una red uniforme sobre un área poblada y concluir que todos los consumidores que caigan dentro de una celda de la cuadrícula serán atendidos conjuntamente, es más simple que programar un algoritmo que identifique las agrupaciones naturales de los consumidores.

Para efectos de este trabajo se contactó a HAI Consulting, Inc., quienes proveen el software de los modelos HAI y HCPM, y a la Secretaría de Comunicaciones de Argentina, quienes trataron de aplicar este modelo para su país. Ambos modelos permiten un cálculo muy sofisticado y preciso de la red eficiente, y por lo tanto de los costos mínimos. Para lograr lo anterior, los requerimientos de información son muy exigentes. Por ejemplo, el modelo HAI requiere conocer la ubicación de los clientes georeferenciadamente, el volumen de tráfico, la geología del área y disponibilidad de mapas de las áreas donde se implementará el modelo. Estos mapas deben reunir las siguientes características:

- Disponer, de manera vectorial, del diseño de la red vial del lugar, incluyendo una base de datos de las calles, y su asignación en segmentos vectoriales en el mapa.
- Disponer de información de suelos para distintas zonas dentro del mapa.

3.3 Metodología de Costeo de Planta Externa.

El modelo que se utilizó para la determinación de costos de una red telefónica y su optimización está basado en el algoritmo desarrollado por Interglobal Telecomunicaciones – Colombia (Ver Apéndice A). A continuación se explica en forma sintética la metodología utilizada.

3.3.1 Ubicación de Líneas Telefónicas.

La primera fase consiste en caracterizar el área a cubrir, en términos de los parámetros técnicos que diferencian los distintos tipos de densidades. En esta fase se incluyen las siguientes tareas:

- Cruce de la base de datos de usuarios de Telefónica CTC, con la base de datos de direcciones asociada a mapas digitales de cada área.
- Formateo de la información geo-referenciada en archivos compatibles.

Se dispone de cartas geo-referenciadas para veintisiete localidades del territorio nacional en formato Arc View (GIS). Las líneas de Telefónica CTC en estas localidades representan más del 80% del total de líneas de Telefónica CTC en el país a fines de 2002. Así se trabajó con los mapas mencionados y se extrapoló la información al resto de las localidades.

Al realizar el match entre las líneas telefónicas base de datos de usuarios de Telefónica CTC y el mapa digitalizado se pudo comprobar que no fue posible ubicar el 100% de las líneas en los mapas. Ello se debió principalmente a incoherencias entre los nombres de las calles de la base de datos de usuarios de Telefónica CTC con las de los mapas. Como se explica en el punto 3.1.3.3, para subsanar dicha situación se recurrió a técnicas de inferencia estadística.

Del total de líneas telefónicas de Telefónica CTC, sólo el 60% es efectivamente ubicada en los mapas. Por lo tanto se debe emplear algún método para ubicar el porcentaje de líneas no reconocidas en la base de datos de usuarios de Telefónica CTC. Antes de realizar lo anterior, se procedió a ubicar las cuadrículas en los mapas, ya que con el porcentaje de líneas ubicadas es suficiente para formarse una idea de cómo deben trazarse las cuadrículas.

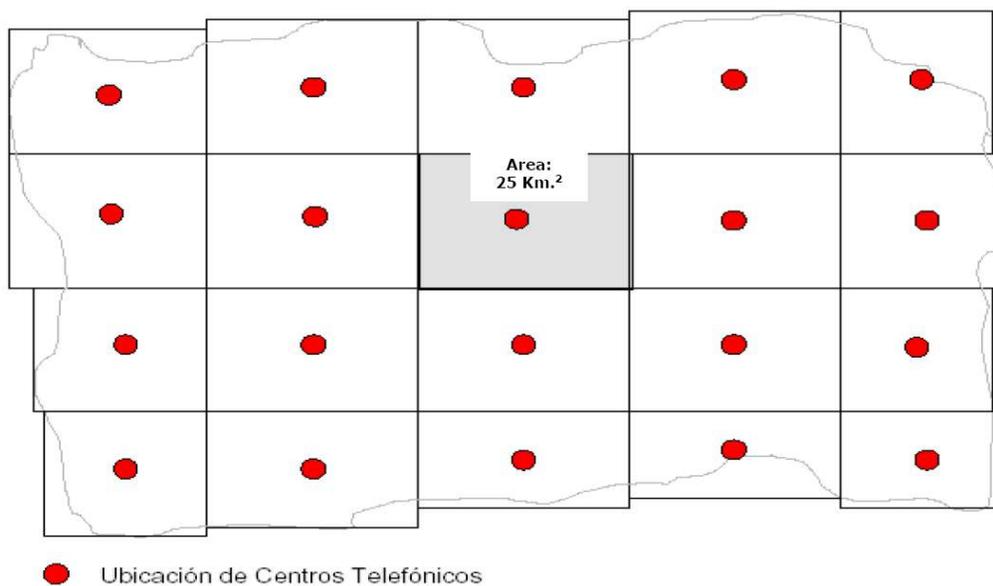
3.3.2 Determinación de Cuadrículas.

Una vez ubicadas las líneas telefónicas en los mapas digitales, se debe determinar el área de influencia de cada Centro Telefónico, así como la ubicación de este último. Para ello es necesario tomar la geografía del área a atender y subdividirla en áreas cuadrangulares, de tal manera que permita de forma lógica y ordenada la implementación de la red, evitando el traslape de las áreas atendidas y la posibilidad de dejar zonas no atendidas por cada Centro Telefónico. Partiendo de las características técnicas del medio de acceso par de cobre y de la calidad mínima de la voz exigida y recomendada, se tiene que lo anterior se cumple cuando el segmento de acceso par de cobre no excede el promedio de alcance de 3 Kilómetros. Con base en la anterior limitante se ha tomado por defecto 25 Kilómetros cuadrados como el tamaño del cuadrilátero de cubrimiento de un Centro Telefónico, ubicándose éste en su centroide; medida típica en las redes existentes, que se enmarca bajo la condición anteriormente expuesta.

Cabe hacer notar, que en casos excepcionales, en que la morfología del área no se prestaba para segmentar en cuadrículas, se utilizaron circunferencias de 2,5 Kilómetros de radio.

Debido a que dentro de cada cuadrícula, la distribución territorial de líneas no es homogénea, se enmarcaron polígonos que se ajustan a las áreas efectivamente con presencia de líneas telefónicas de cada territorio en particular, de esta manera se pudo segmentar y estudió por separado cada polígono.

Figura N° 1



3.3.3 Escalamiento de Líneas.

Para efecto de ubicar en los mapas todos los registros (líneas) de la base de datos de usuarios de Telefónica CTC, se utilizaron dos métodos (a) Escalamiento Proporcional, y (b) Inferencia Estadística.

a) Escalamiento Proporcional

Se asumió que la fracción de líneas no reconocidas se distribuirá en la misma proporción entre las cuadrículas (a nivel de polígonos) que la fracción reconocida.

b) Escalamiento Estadístico

A modo de comparar los resultados obtenidos a partir del escalamiento proporcional se desarrolla en paralelo un escalamiento estadístico de las líneas telefónicas. Éste se basa en tomar una muestra estadísticamente representativa (aleatoria) del total de líneas telefónicas no reconocidas de cada ciudad en estudio, con el objeto de posteriormente reparar los errores de cada línea (registro) de la muestra, y observar cómo se distribuyen en un nuevo match, infiriendo así la distribución que adopta el universo de líneas telefónicas de cada ciudad en particular.

Este método se puede explicar de la siguiente manera:
Siendo:

- Y : Número total de líneas telefónicas no reconocidas.
- x_i : Número total de líneas reconocidas en la cuadrícula i en el primer cruce.
- n : Representa el tamaño de la muestra.
- Y : Número total de líneas no reconocidas.
- Z : Valor correspondiente a la distribución de Gauss. Para este caso es de 2,58 ($\alpha = 0,01$), correspondiente a un nivel de confianza del 99%.
- p : Prevalencia esperada del parámetro a evaluar. En este caso, el valor p es la proporción conocida que representa cada cuadrícula dentro de una ciudad.
- q : $1 - p$
- i : Error que se prevé cometer. Para este caso se utilizará un 10% de error ($i = 0,1$).

Problema : Distribuir Y entre las cuadrículas.

Así, se determinó el tamaño de la muestra (n) del número total de líneas no reconocidas (Y) para ser distribuido, a partir de la siguiente fórmula, la cual es empleada para muestreos aleatorios simples y cuando el tamaño de la población es finito:

$$n = Z_{\alpha}^2 \cdot \frac{Y \cdot p \cdot q}{i^2 \cdot (Y - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q} \quad (1.)$$

Luego de obtener el tamaño muestral para cada ciudad, se hace un nuevo match entre la muestra y el mapa de cada ciudad. Obteniendo de esta manera la distribución de la muestra. Es decir se encontró un estimador de distribución de las líneas telefónicas de la muestra para cada cuadrícula (v dentro de éstas. para cada polígono).

$$a_i = \frac{\overline{x_i}}{n} \quad (2.)$$

Donde: x_i representa el total de líneas de la muestra que se ubicó en la cuadrícula (polígono) i

Por lo tanto la cantidad de líneas telefónicas (X_i) para cada cuadrícula i , estaría dado por:

$$X_i = x_i + (Y \cdot a_i) \quad (3.)$$

3.3.4 Cálculo de Densidades (líneas/Km.2)

Una vez ubicadas todas las líneas en los mapas (subdivididos en cuadrículas, y éstas en polígonos), se procedió a calcular las densidades para cada cuadrícula y polígono:

$$d_i = \frac{L_i}{S_i} \quad (4.)$$

Siendo:

d_i : Densidad de Líneas para la cuadrícula (polígono) i .

L_i : Líneas totales escaladas para la cuadrícula (polígono) i .

S_i : Superficie territorial de la cuadrícula (polígono) i .

3.3.5 Costeo de acuerdo a Densidades Tipo.

Cada cuadrícula tendrá un diseño interior determinado por la densidad de líneas. Esta etapa consiste en especificar un número de densidades tipo.

Esta fase de la metodología se subdivide en cuatro partes: (a) Especificación de las densidades tipo en función de parámetros y características de cada una de ellas, (b) Determinación de bandas de cantidad de líneas telefónicas para cada tipo de densidad, (c) Modelación de la red óptima para cada densidad tipo, y (d) Valorización en términos de costo para cada una de las distintas tipologías de densidad.

a) Se procedió a especificar rangos de densidades en función del total de densidades obtenidas para todas las cuadrículas y polígonos.

b) Por cada densidad tipo, se procedió a analizar el número de líneas totales en cada cuadrícula (polígonos) de dicha densidad. En función de este análisis, para cada rango de densidad, se estableció una segmentación por el número de líneas.

c) Definición de la distribución de las principales rutas a seguir por los cables, presentando un mecanismo de distribución uniforme y eficiente de los cables primarios y secundarios, en la geografía del área del Centro Telefónico. Como resultado se obtiene el número de cables utilizados, sus tamaños (en pares) y la longitud de los cables. Mediante el mismo algoritmo se determina la infraestructura utilizada para la optimización de cada área de telefonía.

d) Valuación de cada tipología. En esta fase es necesario listar detalladamente todos los insumos empleados en la construcción de la red, los cuales son utilizados por el modelo en el módulo de diseño de la red. Luego dichos insumos deben ser valuados, por ejemplo, mediante la solicitud de presupuestos a proveedores locales o a través de comparaciones internacionales corregidas por costo de transporte.

3.3.6 Asignación de Densidades Tipo para cada Área de Servicio.

Una vez establecidas las tipologías de densidades, se procedió a asignar el tipo de densidad que corresponda a cada porción del área.

3.3.7 Costeo de Planta Externa.

Conociendo los tipos de densidades que corresponden a cada cuadrícula y los costos tipo, se procedió a calcular el costo total de la Planta Externa.

$$\text{Costo Total} = \sum_i^n n_i \cdot c_i \quad (5.)$$

Donde:

n : Número de cuadrículas.

c : Costo de cada cuadrícula.

i : 1, ..., n

3.4 Aplicación de Metodología de Optimización.

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología antes expuesta.

3.4.1 Ubicación de Líneas Telefónicas.

Antes de ubicar las líneas telefónicas en los respectivos mapas, se procedió a filtrar las líneas que pertenecen a CTC de la base de datos de usuarios de Telefónica CTC, determinando la cantidad de líneas telefónicas para cada Zona Primaria en función de su numeración telefónica.

Las ciudades en las cuales se desarrolló el ejercicio de ubicar las líneas telefónicas y el porcentaje de reconocimiento de líneas para cada una de éstas, se puede revisar en la siguiente tabla:

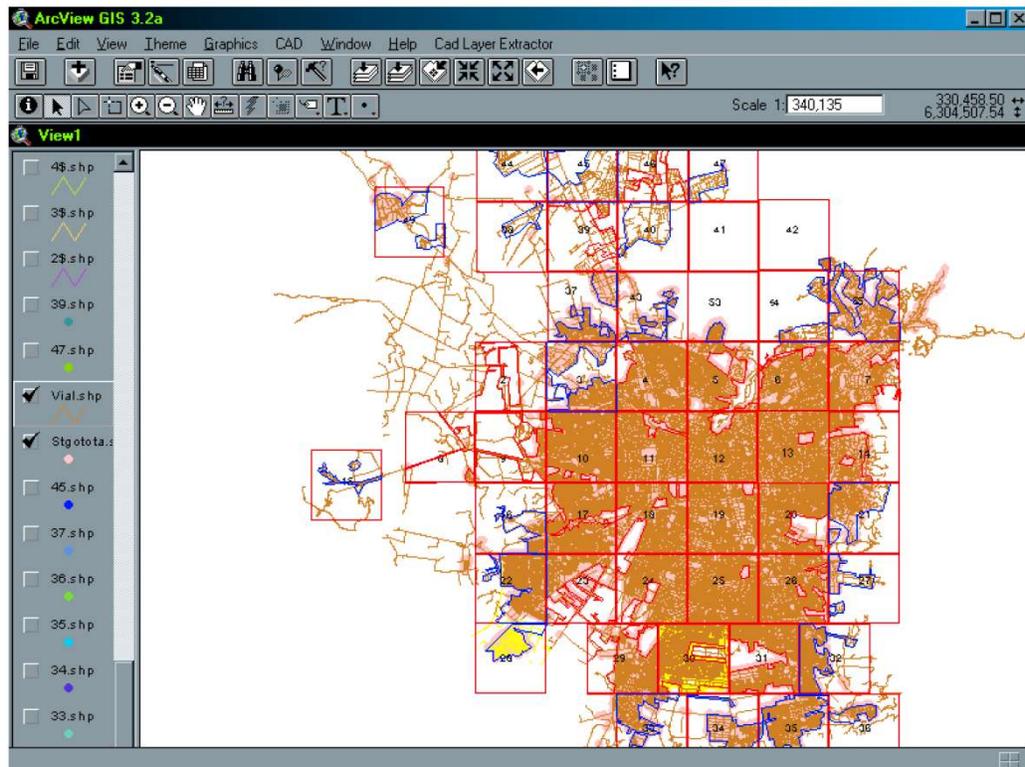
Tabla N° 1
Porcentaje de Reconocimiento de Líneas Telefónicas por Ciudad

Ciudad	Porcentaje Reconocimiento
Antofagasta	44%
Arica	50%
Calama	44%
Chillán	36%
Concepción	46%
Copiapó	25%
Coquimbo	27%
Coyhaique	25%
Curicó	46%
Iquique	46%
La Serena	73%
Linares	55%
Los Andes	25%
Los Angeles	58%
Osorno	41%
Ovalle	36%
Puerto Montt	22%
Punta Arenas	54%
Quillota	29%
Rancagua	71%
San Antonio	29%
San Fernando	45%
Santiago	45%
Talca	76%
Temuco	60%
Valdivia	20%
Valparaíso y Viña del Mar	42%

3.4.2 Determinación de Cuadrículas.

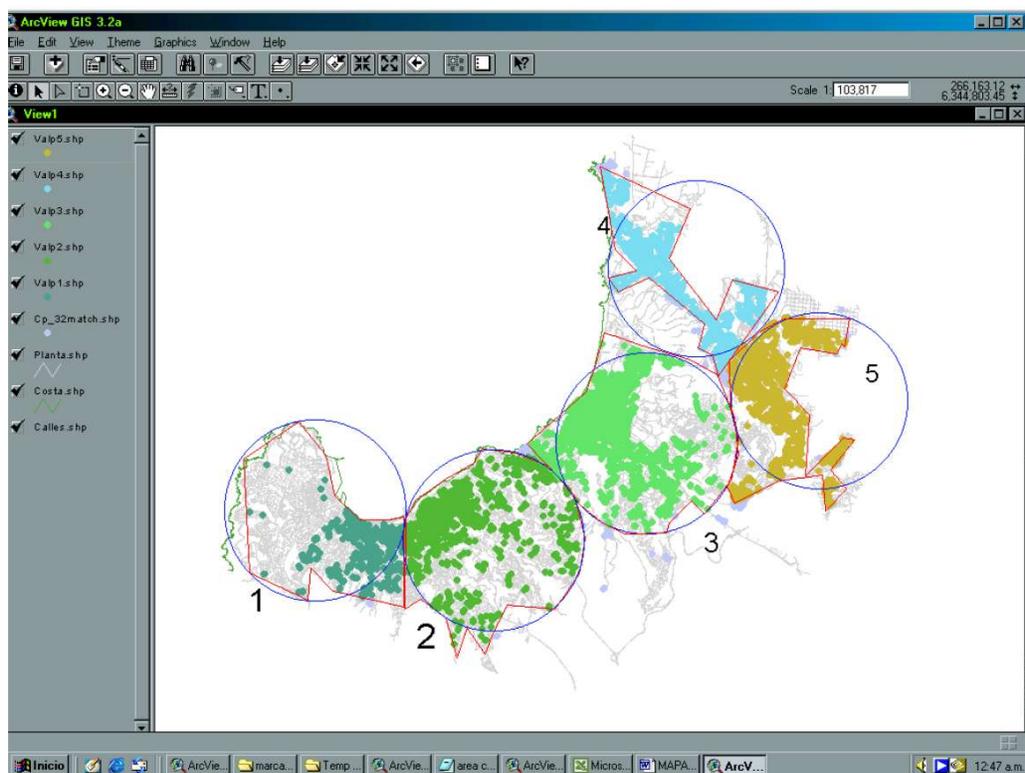
Para llevar a cabo la superposición de grillas para cada una de las localidades se tomó en cuenta la morfología de cada una de éstas. Se llegó a la conclusión de que para el caso de Santiago y la mayoría de las ciudades, las grillas deben ser cuadrículas de 25 Kilómetros cuadrados, lo que se traduce, para el caso de Santiago, en 58 cuadrículas que cubren el total del área con presencia de líneas telefónicas (Ver Figura N° 2). La totalidad de las cuadrículas que segmentan Santiago se pueden ver en Apéndice B.

Figura N° 2
Mapa de Santiago



Excepcionalmente, para el caso de las siguientes localidades: Antofagasta, Iquique, Valparaíso – Viña del Mar, Concepción - Talcahuano y Temuco, debido a la morfología de éstas, se determinó que era preferible utilizar circunferencias de radio 2,5 Kilómetros. A modo de ejemplo ver Figura N° 3 en la que se muestra la determinación de grillas para el caso de Valparaíso y Viña del Mar. Los mapas segmentados para cada una de las localidades en provincia se pueden ver en Apéndice C.

Figura N° 3
Mapa de Valparaíso y Viña del Mar



3.4.3 Determinación de área efectiva (polígonos) por cuadrícula.

Se segmentó cada cuadrícula en polígonos ajustados en su interior, los cuales demarcan realmente el área efectiva con presencia de líneas. Por lo tanto el área en estudio en cada cuadrícula se traduce a la sumatoria de las áreas inscritas en cada polígono de una cuadrícula. Esta área es determinante, ya que es la utilizada para calcular la densidad real de líneas en cada cuadrícula (líneas/Km.2). Ver figura N° 4.

Para el caso de las localidades en provincia, el polígono inscrito en cada grilla se subdividió en polígonos interiores que fueron determinados sobre la base de una búsqueda de densidades homogéneas para luego poder tener una clasificación óptima de los diferentes tipos de densidades en una cuadrícula. Ver a modo de ejemplo figura N° 5 que representa el estudio realizado para Iquique en la cuadrícula 1, polígonos 1.1 – 1.4.

Para un mejor análisis de cada ciudad, revisar Apéndices B y C.



Figura N° 4
Determinación de áreas efectivas para Santiago

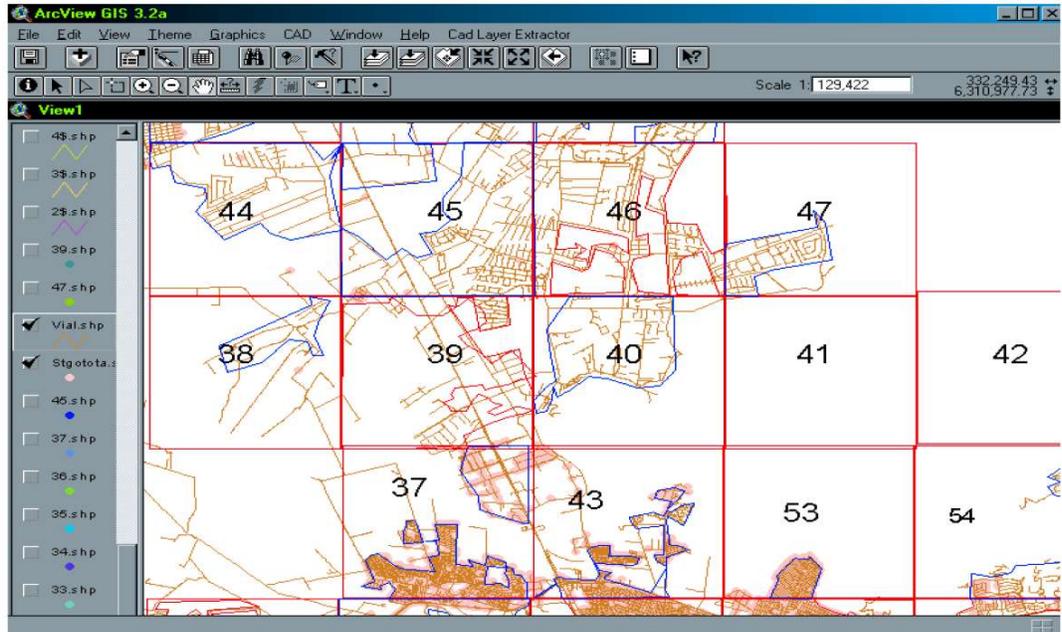
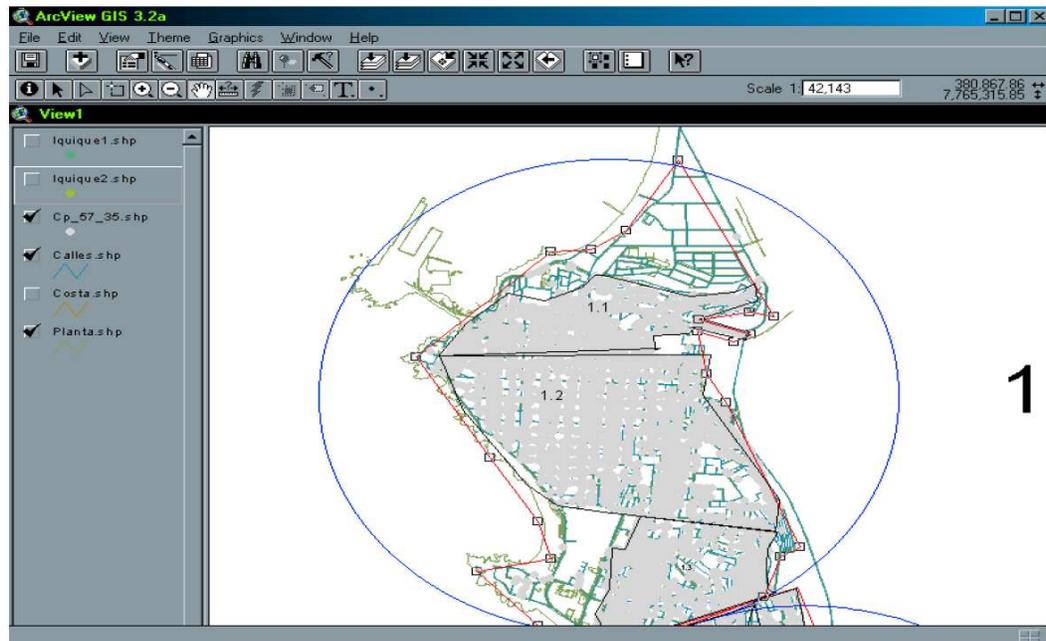


Figura N° 5
Determinación de áreas efectivas - Iquique cuadrícula 1



3.4.4 Escalamiento de Líneas.

a) Escalamiento Proporcional

A partir del reconocimiento antes mencionado se escaló proporcionalmente para distribuir los datos entregados por la base de datos de usuarios de Telefónica CTC en cada uno de los polígonos pertenecientes a una cuadrícula según lo expuesto en el punto 2.2.3 a.

Una vez divididas las ciudades en grillas y polígonos internos, y determinadas las superficies y número de líneas escaladas, es posible obtener la densidad de líneas (líneas/Km.2) para cada una de estas áreas de servicios. Los resultados se describen detalladamente para cada ciudad en Apéndice D. A modo de ejemplo se presenta la siguiente tabla con los cálculos efectuados para el caso de Valparaíso y Viña del Mar.

Tabla N° 2
Escalamiento Proporcional de Líneas para Valparaíso y Viña del Mar

Valparaíso y Viña del Mar		Total Líneas:		150.265
Líneas reconocidas (42%)		Líneas totales (escaladas)		
Grilla 1:	3.259	Grilla 1:	7.802	
1.1	2.907	1.1	6.961	
1.2	351	1.2	841	

Grilla 2:	11.214	Grilla 2:	26.847	
2.1	5.322	2.1	12.741	
2.2	5.892	2.2	14.107	
Grilla 3:	32.474	Grilla 3:	77.749	
3.1	27.533	3.1	65.918	
3.2	625	3.2	1.497	
3.3	4.316	3.3	10.333	
Grilla 4:	7.539	Grilla 4:	18.050	
4.1	4.722	4.1	11.305	
4.2	2.817	4.2	6.745	
Grilla 5:	8.277	Grilla 5:	19.817	
5.1	2.227	5.1	5.332	
5.2	4.455	5.2	10.665	
5.3	622	5.3	1.489	
5.4	973	5.4	2.331	

b) Escalamiento Estadístico

Se determinó, sobre la base de la metodología explicada anteriormente (2.2.3 b.), el número de líneas que representan el tamaño de la muestra necesario para realizar el escalamiento estadístico para cada ciudad. La tabla siguiente muestra los tamaños de muestra utilizados para cada ciudad. Dichas líneas telefónicas deben ser escogidas aleatoriamente y luego estudiadas para determinar la distribución que se manifiesta al realizar un nuevo match entre éstas y los mapas de cada localidad.

Los resultados de este escalamiento se presentan en Apéndice E.

Tabla N° 3
Tamaño de la muestra por localidad

Localidad	Tamaño de la muestra (Líneas)
Antofagasta	379
Arica	301
Calama	347
Chillán	179
Concepción	375
Copiapó	69
Coquimbo	107
Coyhaique	0
Curicó	78
Iquique	220
La Serena	477
Linares	0
Los Andes	125
Los Ángeles	176
Osorno	533
Ovalle	183
Puerto Montt	198
Punta Arenas	230
Quillota	0
Rancagua	248
San Antonio	0
San Fernando	8
Santiago	605
Taica	315
Temuco	418
Valdivia	451
Valparaíso y Viña del Mar	442

En la siguiente tabla se muestran los resultados del escalamiento estadístico para el caso de Valparaíso y Viña del Mar, con lo que se puede ver como varían los totales de líneas por cuadrícula y polígono.

Tabla N° 4
Escalamiento Estadístico de Líneas para Valparaíso y Viña del Mar

<u>Valparaíso y Viña del Mar</u>			<u>Total Líneas:</u>		150.265
<u>Líneas reconocidas (42%)</u>		<u>Distribución muestra</u>		<u>Líneas totales (escaladas)</u>	
Grilla 1:	3.259		17,42%	Grilla 1:	18.502
1.1	2.907		14,93%	1.1	15.973
1.2	351		2,49%	1.2	2.529
Grilla 2:	11.214		30,32%	Grilla 2:	37.741
2.1	5.322		11,99%	2.1	15.814
2.2	5.892		18,33%	2.2	21.928
Grilla 3:	32.474		38,91%	Grilla 3:	66.525
3.1	27.533		26,47%	3.1	50.695
3.2	625		0,45%	3.2	1.021
3.3	4.316		11,99%	3.3	14.808
Grilla 4:	7.539		6,79%	Grilla 4:	13.478
4.1	4.722		4,07%	4.1	8.285
4.2	2.817		2,71%	4.2	5.193
Grilla 5:	8.277		6,56%	Grilla 5:	14.018
5.1	2.227		0,00%	5.1	2.227
5.2	4.455		3,62%	5.2	7.622
5.3	622		0,00%	5.3	622
5.4	973		2,94%	5.4	3.547

3.4.5 Análisis Escalamientos Proporcional y Estadístico.

A modo de evaluar los resultados obtenidos a partir de los Escalamientos Proporcional y Estadístico, y justificar la adopción de éste último como base para análisis complementarios al estudio, se desarrolló una comparación ciudad por ciudad en términos de cantidad de Líneas Telefónicas para cada cuadrícula y polígono.

Las siguientes figuras muestran un análisis en términos de Líneas para las cuadrículas y polígonos de Valparaíso y Viña del Mar, donde claramente se observa una similitud en los resultados obtenidos en ambos escalamientos. El análisis para la totalidad de las ciudades en estudio puede ser revisado en Apéndice G.

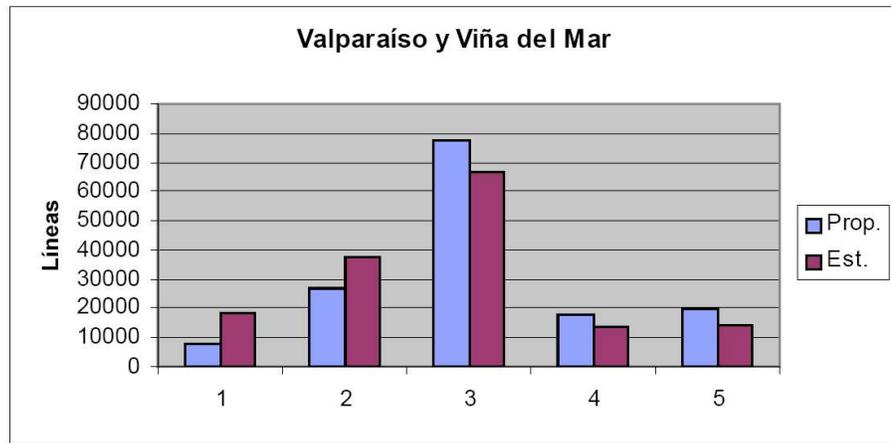


Figura N°6: Líneas Escalamientos Proporcional y Estadístico (cuadrículas)

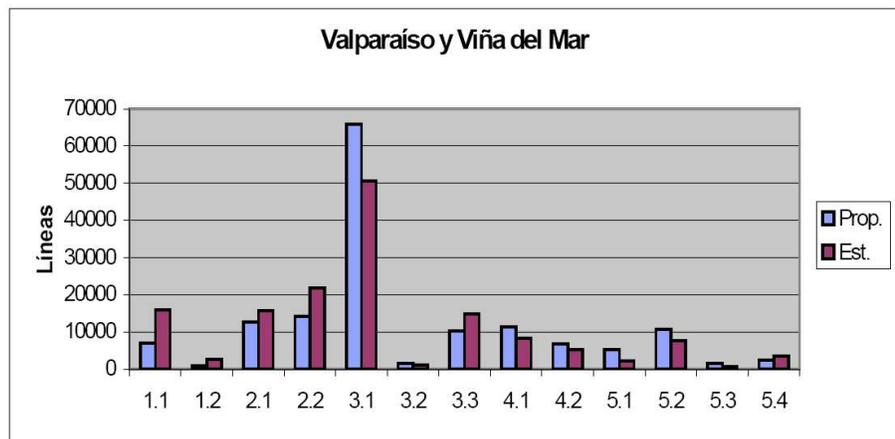


Figura N°7: Líneas Escalamientos Proporcional y Estadístico (polígonos)

3.4.6 Cálculo de Densidades:

De acuerdo a lo expuesto en el punto 2.2.4, se procedió a calcular las densidades para cada cuadrícula. La clasificación de densidades tipo para cada una de las cuadrículas y polígonos por ciudad pueden ser revisadas en Apéndice E.

3.4.6.1 Obtención de Densidades Tipo y Bandas de Líneas:

Al efectuar un análisis a las densidades de líneas obtenidas (Ver Figura N°8, Ejemplo: Santiago), se establecieron cuatro rangos de densidades tipos. Estos rangos de densidades tipo se muestran en la siguiente tabla. La clasificación para cada una de las cuadrículas y polígonos por ciudad, se entregan en Anexo E.

Tabla N° 5
Rangos de tipos de densidades

Tipo Densidades. Rango (Líneas/Km. ²)	Clasificación
0 - 800	Baja (B)
800 - 3000	Media Baja (M/B)
3000 - 8000	Media Alta (M/A)
8000 +	Alta (A)

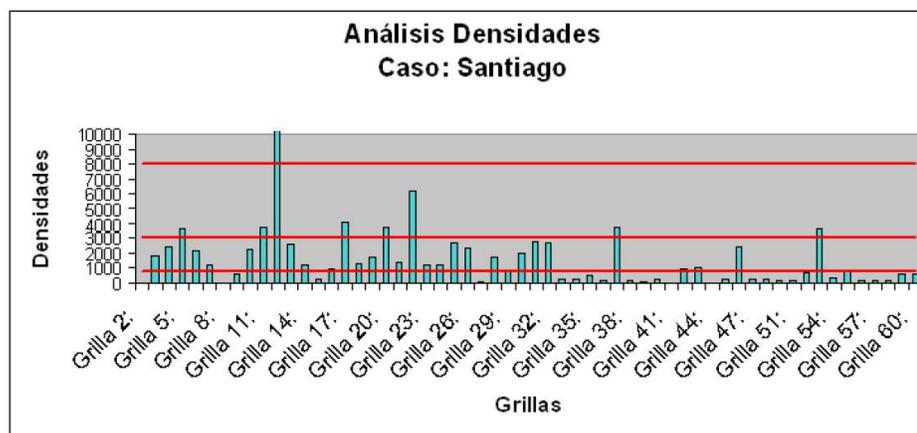


Figura N°8: Análisis de Densidades para Santiago

La distribución de los distintos rangos de densidades tipo para Santiago y para el Total Nacional se pueden ver en la siguientes figuras, donde claramente existe un predominio de las Densidades Media-Baja y Baja. Este análisis se efectuó por separado para el caso de cuadrículas y polígonos, obteniéndose resultados similares.

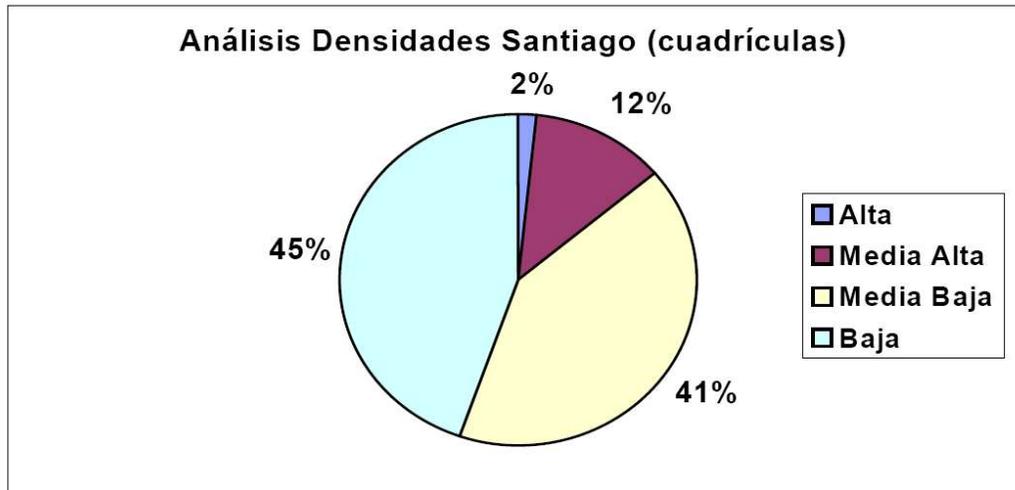


Figura Nº9: Distribución de Densidades para Santiago

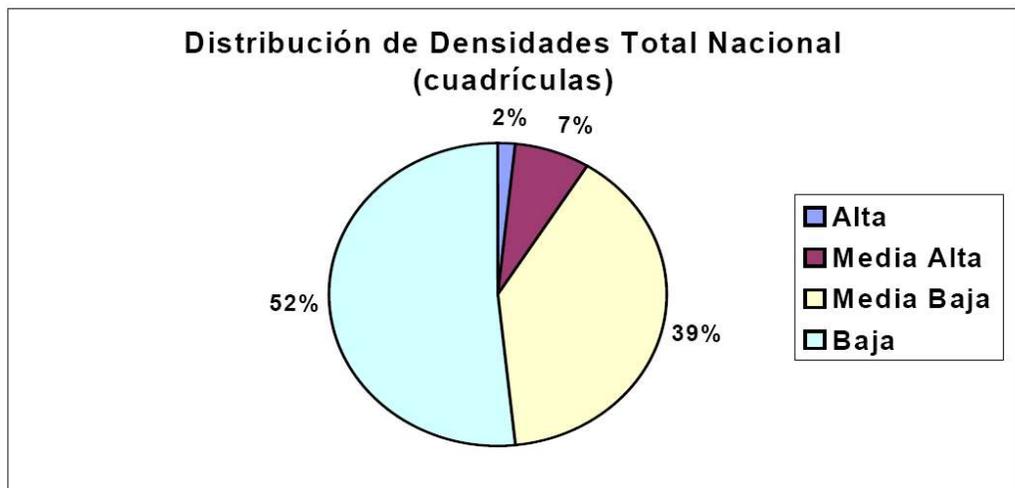


Figura Nº10: Distribución de Densidades para cuadrículas del Total Nacional

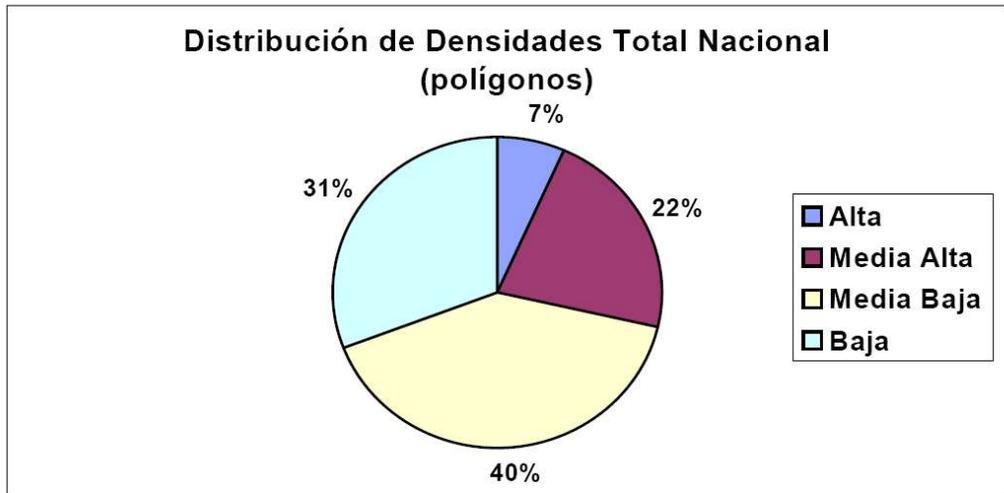


Figura N°11: Distribución de Densidades para polígonos del Total Nacional

Una vez obtenidas los diferentes rangos de Densidades de Líneas, se procedió a determinar para cada uno de éstos, Bandas de Líneas, a modo de ampliar los criterios en la determinación de costos para cada Densidad Tipo. Este análisis fue desarrollado por separado para cuadrículas y polígonos. Los resultados se pueden revisar en forma gráfica en Apéndice F. A modo de ejemplo el siguiente gráfico muestra las Bandas de Líneas obtenidas para el total de polígonos de densidad Media Baja.

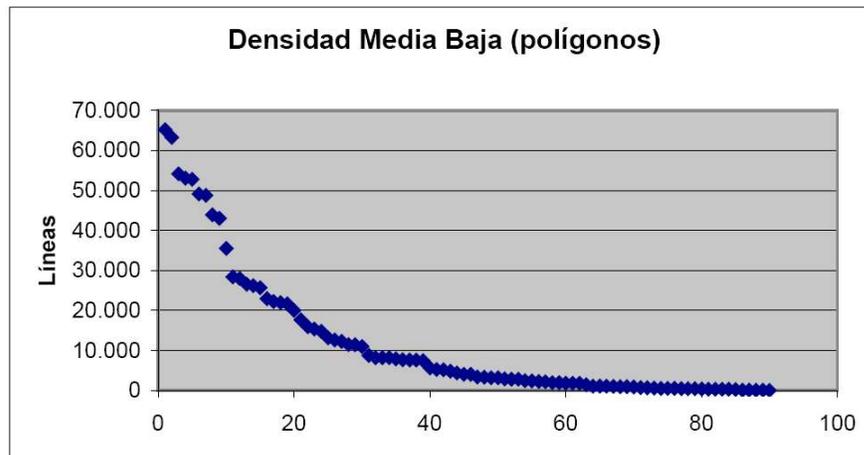


Figura N°12: Bandas de Líneas para Densidad Media-Baja (análisis polígonos)

3.4.7 Costeo por cuadrícula tipo.

El costeo de la planta externa de las cuadrículas tipo, se realizó considerando una estructura flexible compuesta por cables de cobre, armarios de distribución y cajas terminales desde los cuales se llega a los clientes. El costo unitario de los distintos elementos de red tales como canalizaciones, cables de cobre, armarios, cajas de distribución, etc. se muestran en la tabla siguiente:

Tabla N° 6
Elementos de Red de Planta Externa

Elementos de Red	medida	Valor Unitario \$
Canalización	m	Reservado
Cámaras	c/u	
Tubos de PVC	m	
Cable de 25 pares	m	
Cable de 50 pares	m	
Cable de 100 pares	m	
Cable de 200 pares	m	
Cable de 300 pares	m	
Cable de 400 pares	m	
Cable de 600 pares	m	
Cable de 1200 pares	m	
Cable de 2400 pares	m	
Cajas de distribución 10 pares	c/u	
Armarios	c/u	
Regletas 10 pares	c/u	
Cables de acometida	m	
Ferretería	c/u	
Instalación de cables	m	
Empalmes	c/u	
Apoyos (Ferretería)	c/u	
Permisos	gl	
Ingeniería	gl	

Como las cuadrículas tipo de 25 Km² están definidas para un rango de densidades de líneas por Km², se dimensionó y costeo cuatro proyectos tipo de planta externa, uno para cada cuadrícula tipo, definidas de acuerdo a la cantidad de clientes por manzana y porcentaje de canalización subterránea y tendido aéreo de cables, según lo especificado en la tabla siguiente y señalado en color amarillo. Posteriormente se interpoló linealmente el costo por línea para diferentes densidades dentro de cada grilla tipo. En el Apéndice H se muestra el detalle del costeo de cada proyecto tipo.

Tabla N° 7
Costo de Red de Planta Externa

Tipología	Líneas	Líneas/Km.2	Clientes por manzana	% Canalización	% Aéreo	Costo US\$/línea
A	375.000	15.000	100	100	0	Reservado
	225.600	9.024				
MA	200.000	8.000	60	70	30	
	144.000	5.760				
	100.000	4.000				
MB	75.000	3.000	20	50	50	
	48.000	1.920				
	25.000	1.000				
B	20.000	800	6	86	14	
	15.600	624				
	5.000	200				
	1.000	40				

3.4.8 Descripción de la determinación de emplazamientos óptimos.

3.4.8.1 Emplazamientos en Santiago.

A partir de los datos de demanda obtenidos para las 58 grillas de Santiago se determinó la cantidad y ubicación de las centrales madres (CM) y sus URAs dependientes. Para ello se tuvo como base tres criterios básicos: a) Cada CM tendrá un máximo en torno a las 90.000 líneas, b) Las CM más sus URAs dependientes tendrá un máximo en torno a las 100.000 líneas y c) Las URAs serán atendidas desde la central madre más cercana.

De esta forma para cubrir las 58 grillas se definieron veintiocho centrales madres, 75 centrales remotas y 6 concentradores.

En el Gran Santiago se ubican 50 grillas que son atendidas por 22 centrales que se denomina C1 a C22 y 34 URAs dependientes de ellas, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla N° 8
Centrales madres

Nombre de central	Emplazamiento	Grilla	Líneas escaladas año 0
C1	URA	Grilla 38:	855
C1	URA	Grilla 39:	1.804
C1	URA	Grilla 40:	3.782
C1	URA	Grilla 44:	34
C1	URA	Grilla 45:	8.235
C1	CM	Grilla 46:	78.315
C1	URA	Grilla 47:	2.271
C1	URA	Grilla 49:	4.503
			99.799



C2	URA	Grilla 2:	95
C2	CM	Grilla 3:	25.503
C2	URA	Grilla 37:	13.989
			39.587

C3	CM	Grilla 4:	35.658
C3	URA	Grilla 43:	38
			35.696

C4	CM	Grilla 5:	52.643
C4	URA	Grilla 41:	13
C4	URA	Grilla 53:	8.766
			61.422

C5	CM	Grilla 7:	31.584
C5	URA	Grilla 42:	1.314
C5	URA	Grilla 54:	4.891
C5	URA	Grilla 55:	28.207
			65.996

C6	CM	Grilla 6:	89.896
			89.896

C7	URA	Grilla 8:	253
C7	URA	Grilla 9:	3.733
C7	CM	Grilla 10:	48.843
C7	URA	Grilla 15:	1.083
			53.912

C8 a C13	CM	Grilla 11:	107.674
C8 a C13	CM	Grilla 12:	384.098
			491.772



Para cubrir la demanda de las grillas 11 y 12 se instalan 6 CM (C8, C9, C10, C11, C12 y C13)

C14	CM	Grilla 13:	82.961
			82.961

C15	URA	Grilla 16:	3.179
C15	CM	Grilla 17:	33.200
			36.379

C16	CM	Grilla 18:	35.181
			35.181

C17	CM	Grilla 19:	59.569
			59.569

C18	URA	Grilla 14:	12.225
C18	CM	Grilla 20:	33.073
C18	URA	Grilla 21:	5.956
C18	URA	Grilla 27:	276
			51.530

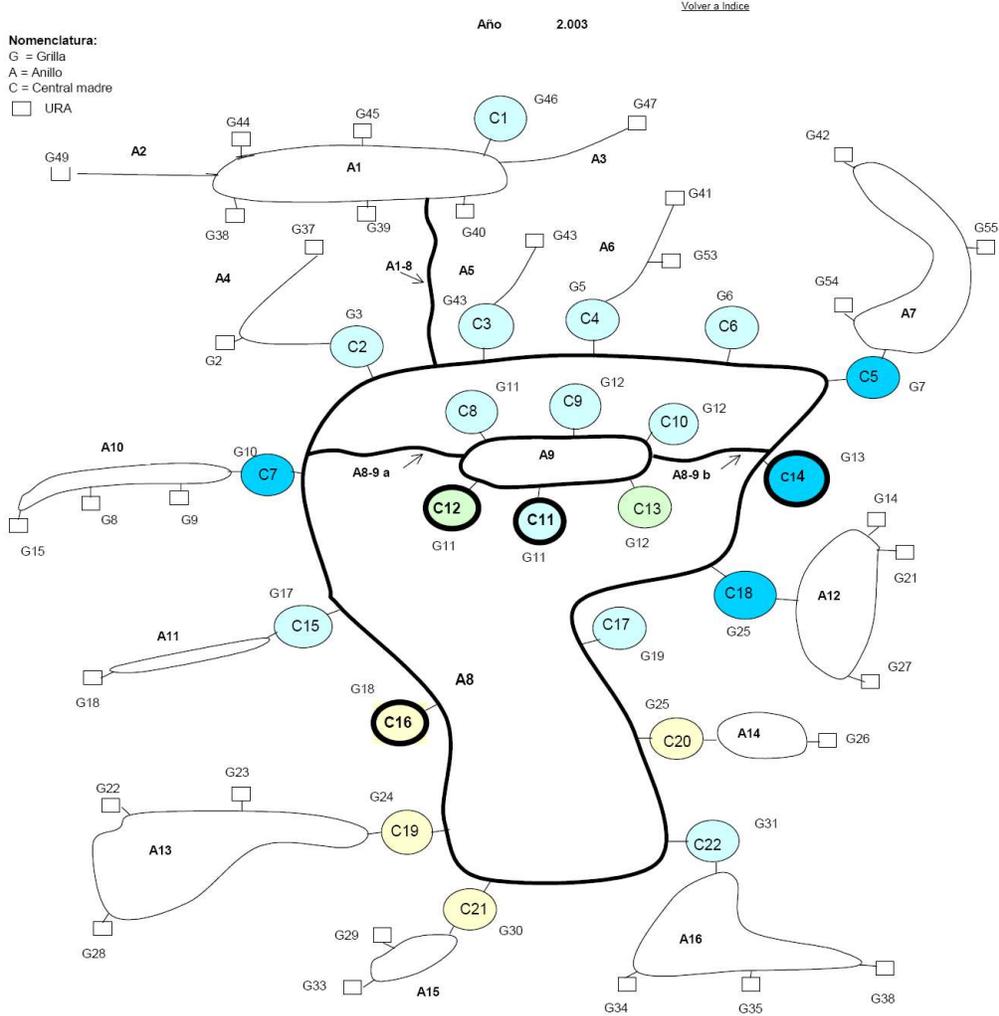
C19	URA	Grilla 22:	18.896
C19	URA	Grilla 23:	19.119
C19	CM	Grilla 24:	23.143
C19	URA	Grilla 28:	3.014
			64.172

C20	CM	Grilla 25:	40.709
C20	URA	Grilla 26:	26.992
			67.701

C21	URA	Grilla 29:	15.328
C21	CM	Grilla 30:	25.189
C21	URA	Grilla 33:	4.926
			45.443

C22	CM	Grilla 31:	28.083
C22	URA	Grilla 32:	10.922
C22	URA	Grilla 34:	3.682
C22	URA	Grilla 35:	13.036
C22	URA	Grilla 36:	519
			56.242

**ANILLOS DE FIBRA OPTICA QUE INTERCONECTAN LAS CENTRALES ENTRE SI
Y LAS CENTRALES CON LAS URAs**

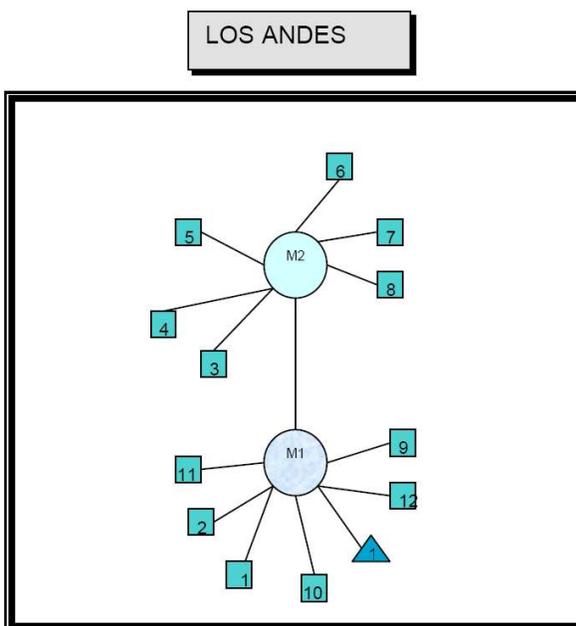


3.4.8.2 Emplazamientos en regiones:

En regiones se determinaron 400 grillas en las cuales se ubicaron 35 centrales madres (CM), 236 URAs y 130 concentradores, tomando en cuenta los mismos criterios básicos indicados en el punto 3.1.1, es decir a) Cada CM tiene un máximo de 90.000 líneas, b) Las CM más sus URAs dependientes no superan las 100.000 líneas y c) Las URAs son atendidas desde la central madre más cercana.

La topología de red considerada es de tipo estrella y en cada área primaria existe sólo una central madre que tiene funciones de PTR, es decir en total existen 23 PTR en regiones.

En la figura siguiente se muestra la topología de la red para el caso del área primaria de Los Andes y en el Apéndice J se muestra la topología de la red para cada una de las áreas primarias.



3.4.9 Descripción del dimensionamiento de la red.

3.4.9.1 Dimensionamiento de la red de Santiago.

En el dimensionamiento de la red se ha considerado la demanda de líneas y tráfico, horizonte de planificación, criterios para estimar la distribución de tráfico entre centrales entre otros, lo cual permite determinar las capacidades de las centrales madres, URAs y enlaces de interconexión entre centrales madres y entre URAs y la central madre de las cuales dependen.

Los enlaces de Interconexión son entre CM y otra CM, y entre URA y su respectiva CM. El Modelo calcula las capacidades de los elementos antes indicados a partir de la demanda de líneas y de las estimaciones de tráficos para cada uno de los proyectos, expansión y reposición.

Los enlaces de interconexión entre las centrales se determinaron y dimensionaron en base a las matrices de tráfico que se indican a continuación:

a) Se determinó la Matriz de comunidad de intereses entre cada par de centrales madres. Para la demanda atendida por cada central C_i se determinaron sus características más importantes, como por ejemplo ubicación geográfica en la ciudad de Santiago, comunas a las que pertenece la población atendida, tipo de actividades dominantes (negocios, servicios, industrias, residencial grupo socioeconómico bajo, residencial grupo socioeconómico medio, residencial grupo socioeconómico alto).

Para cada par $C_i C_j$ de centrales se asignó un grado de comunidad de intereses en base a las características antes indicadas tanto para C_i como para C_j . Los posibles grados de comunidad de intereses asignados a cada par $C_i C_j$ son: MB = muy bajo; B = bajo; M = medio; A = alto; MA = muy alto y se indican en la hoja "Matriz cualitativa". En la misma hoja de cálculo se especifica el valor relativo con respecto a MB que se dará a los otros grados de comunidad de intereses. Así por ejemplo B puede corresponder a una comunidad de intereses que generará un tráfico 20 veces mayor que MB, M 40 veces mayor que MB, etc.

b) Se construyó la matriz de distribución del tráfico local entre centrales propias. Cada fila de esta matriz indica la forma como se distribuye el tráfico total hacia otras centrales locales propias generado en la central correspondiente a esa fila. Esta matriz de distribución se obtiene a partir de la matriz cualitativa y los valores relativos asignados a los grados de comunidad de intereses que aparecen en ella.

c) Se obtuvo la matriz de tráfico. El tráfico total generado hacia otras centrales locales propias depende de la cantidad de líneas de la central y de la tasa de tráfico generado hacia otras centrales locales propias por línea. Estos valores se calculan para cada una de las centrales y se distribuyen de acuerdo a la “Matriz de distribución del tráfico”, lo que da origen a la Matriz de tráfico local hacia otras centrales locales propias.

d) Se obtuvo la matriz de tráfico abatida, que corresponde a la suma del tráfico en ambas direcciones para cada par $C_i C_j$ y se obtiene directamente de la Matriz de tráfico. Sus valores determinan el tráfico por los enlaces de interconexión entre las centrales de la red.

e) Se determinan los enlaces de interconexión. A partir de los datos de tráfico obtenidos en la Matriz abatida, en un proceso iterativo, se determinan las rutas directas entre centrales.

f) Para dimensionar cada uno de los enlaces de interconexión entre CM se encaminó el tráfico local hacia otra central local originado por los abonados de Santiago. También se encaminaron los tráficos LD Nacional, LD Internacional, Móvil, Internet y con otras Compañías Locales, hacia el respectivo PTR. La suma de todos los tráficos asignados a cada enlace determina su dimensionamiento.

g) Para dimensionar los enlaces entre URA y sus CM correspondiente se encaminó por dichos enlaces la totalidad del tráfico originado y recibido, menos el tráfico interno dentro de la URA.

3.4.9.2 Dimensionamiento de la red de regiones.

En el dimensionamiento de la red se ha considerado la demanda de líneas y tráfico, horizonte de planificación, criterios para estimar la distribución de tráfico entre centrales entre otros, lo cual permite determinar las capacidades de las centrales madres, URAs y enlaces de interconexión entre centrales madres y entre URAs y la central madre de las cuales dependen.

4. PLAN DE INVERSIONES

4.1 Planta Externa.

4.1.1 Resumen

El modelo de costos para la determinación de las inversiones de Planta Externa entregó los siguientes resultados para el período de análisis.

Tabla N° 9
Costos de Inversión de Planta Externa

RESUMEN DE INVERSIONES EN PLANTA EXTERNA (US\$)					
Item	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Canalización	523.939.322	9.335.447	10.287.354	9.979.737	8.471.580
Cableado	363.306.305	6.520.643	7.185.503	6.970.587	5.917.247
Ferretería	64.561.523	1.179.379	1.299.633	1.260.768	1.070.244
Concentradores	6.923.511	-	-	-	-
Enlaces Concentradores	6.063.685	-	-	-	-
TOTAL	964.794.345	17.035.468	18.772.489	18.211.092	15.459.071

4.1.2 Costos de Inversión en Planta Externa.

La planta externa de la Empresa Eficiente se costeo considerando un horizonte de planificación de 1 año y dimensionada para satisfacer la demanda de líneas en planta con una holgura de 2% con respecto a la demanda de líneas.

Se determinaron 508 grillas de 25 Km.2 para satisfacer la demanda de las diferentes localidades del país. Para cada una de éstas se determinó el número de líneas en planta y el área efectiva que cubre la demanda, lo cual permitió calcular el índice líneas por Km.2, con este índice cada grilla se asimiló a una de las grillas tipo, obteniéndose el costo de la planta externa por línea, que se corrige por un factor de ubicación geográfica, considerando factor 1 para la región metropolitana, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla N° 10
Factores geográficos

Zona Primaria	Factor
Arica	1,15
Iquique	1,15
Antofagasta	1,15
Copiapó	1,1
La Serena	1,1
Ovalle	1,1
Los Andes	1
Quillota	1
Valparaíso	1
San Antonio	1
Santiago	1
Rancagua	1
Curicó	1,1
Talca	1,1
Linares	1,1
Chillán	1,1
Concepción	1,1
Los Ángeles	1,15
Temuco	1,15
Valdivia	1,15
Osorno	1,15
Puerto Montt	1,15
Coyhaique	1,25
Punta Arenas	1,25

En el costo inversión de Planta Externa se incorporó el costo de los concentradores y enlaces que los unen a la central del cual dependen. El cálculo del costo de enlaces se encuentra en el punto relativo a la transmisión.

Tabla N° 11
Detalle de Costos de Inversión en Planta Externa

RESUMEN DE INVERSIONES EN PLANTA EXTERNA (US\$)						
Item	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Santiago PE	502.638.165	4.403.612	4.933.812	5.437.019	5.274.360	4.477.281
Resto del país PE	463.331.886	11.088.229	12.422.719	13.689.266	13.279.933	11.273.143
TOTAL	965.970.050	15.491.841	17.356.531	19.126.285	18.554.293	15.750.424

En el apéndice K se encuentra un detalle a nivel de zonas primarias.

4.1 Conmutación

4.1.1 Resumen

El modelo de costos para la determinación de las inversiones de la red de conmutación entregó los siguientes resultados para el período de análisis.

Tabla N° 12
Costos de Inversión en Conmutación

RESUMEN DE INVERSIONES EN CONMUTACIÓN (US\$)						
Item	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Equipo Común	18.623.002	18.889	21.165	23.323	22.625	19.206
Tarjetas de clientes	121.531.767	1.987.761	2.227.024	2.454.077	2.380.768	2.020.975
Total Tarjetas E1	21.863.737	158.128	161.405	170.397	170.536	150.220
TOTAL	162.018.505	2.164.778	2.409.594	2.647.797	2.573.928	2.190.401

4.1.2 Costos de Inversión en la red de conmutación.

La red de conmutación de la Empresa Eficiente se costó considerando un horizonte de planificación de 1 año y dimensionada para satisfacer la demanda de líneas en planta.

Los costos unitarios de equipos de conmutación instalados considerados en el modelo se obtuvieron de cotizaciones de centrales Huawei, que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla N° 13
Costo de equipos de conmutación

Líneas	E1	Costo común (US\$)	Costo marginal	
			(US\$/línea)	(US\$/E1)
0 - 1.000	6	Reservado		
1.001 - 5.000	25			
5.001 - 10.000	48			
10.001 - 50.000	234			
50.001 - 100.000	465			

De la aplicación de esta tabla a las capacidades de las centrales dimensionadas para los diferentes proyectos, se obtuvo los costos de inversión en conmutación para el Gran Santiago y el resto del país.

Los costos de inversión de supervisión se encuentran incluidos en los costos de inversión de conmutación.

Con el fin de considerar costos de centrales que actualmente utiliza Telefónica CTC, se aumentaron los costos obtenidos del modelamiento con centrales Huawei, de modo que el costo promedio por línea fuera equivalente a los obtenidos de cotización de centrales Alcatel tipo A1000 E10,

Reservado

Tabla N° 14
Detalle de Costos de Inversión en Conmutación

RESUMEN DE INVERSIONES EN CONMUTACIÓN (US\$)					
Item	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Santiago	92.556.710	773.959	853.018	827.968	704.745
Resto del país	71.626.573	1.635.634	1.794.779	1.745.960	1.485.656
TOTAL	164.183.283	2.409.594	2.647.797	2.573.928	2.190.401

En el apéndice K se encuentra un detalle a nivel de zonas primarias.

4.2 Transmisión

4.2.1 Resumen

El modelo de costos que determina las inversiones de la red de transmisión entregó los siguientes resultados para el período de análisis.

Tabla N° 15
Costos de Inversión en Transmisión

RESUMEN DE INVERSIONES EN TRANSMISIÓN (US\$)						
Item	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
MM.OO	9.333.337	471	-	-	-	-
F.O.	16.205.066	819	-	-	-	-
TOTAL	25.538.403	1.290	-	-	-	-

La distribución de costos en transmisión diferenciados entre Santiago y el resto del país puede verse en la siguiente tabla:

Tabla N° 16
Costos de Inversión en Transmisión

RESUMEN DE INVERSIONES EN TRANSMISIÓN (US\$)						
Item	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
MM.OO Santiago	734.118	37	-	-	-	-
MM.OO Resto del país	8.599.219	434	-	-	-	-
F.O. Santiago	11.787.908	595	-	-	-	-
F.O. resto del país	4.417.158	223	-	-	-	-
TOTAL	25.538.403	1.290	-	-	-	-

4.2.2 Costos de Inversión en la red de transmisión.

La red de transmisión de la Empresa Eficiente se costeoó con un horizonte de planificación de 1 año y dimensionada para satisfacer la demanda de troncales E1, una reserva técnica de 2% y con respaldado.

Se consideró enlaces de MM.OO y F.O. En casos particulares de difícil acceso o distancias superiores a 180 Km, se utilizó arriendo de medios.

Los enlaces de MM.OO. se utilizaron cuando la distancia aérea era superior a 60 Km., con un máximo de tres saltos, para el resto de los enlaces siempre que fue posible se utilizó enlaces de F.O.

La inversión se calculó de acuerdo a los siguientes precios unitarios:

Tabla N° 17
Costos de equipos de MM.OO.

Costo Instalado enlace MM.OO. (K US\$)				
	4 E1	8 E1	16 E1	24 E1
	4	8	16	24
1+1				

Tabla N° 18
Costos de equipos de F.O.

Cantidad tramas E1	Máxima cantidad tramas E1	Costo Prom. / E1 (USD)	Costo equipado totalmente (USD)
1 a 63	63	Reservado	
64 a 126	126		
127 a 189	189		
190 a 252	252		
253 a 315	315		
316 a 378	378		
379 a 441	441		
442 a 504	504		

Aplicando los costos antes mencionados a las capacidades requeridas por los enlaces de acuerdo a su dimensionamiento, se obtuvo los costos de inversión en transmisión.



4.3 Supervisión

La inversión en supervisión se calculó como el 3% de la inversión en conmutación, tanto para el proyecto de Reposición como para los proyectos de expansión y se encuentran incluidos en los costos de inversión de conmutación

4.4 Energía y climatización.

4.4.1 Resumen

El modelo de costos que determina las inversiones en energía y conmutación entregó los siguientes resultados para el período de análisis.

Tabla N° 19
Costos de Inversión en Climatización y Energía

RESUMEN DE INVERSIONES EN CLIMATIZACIÓN Y ENERGÍA (US\$)						
Item	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Energía	6.042.951	98.005	109.801	120.996	117.380	99.641
Climatización	6.100.503	98.938	110.846	122.149	118.498	100.590
TOTAL	12.143.455	196.943	220.647	243.145	235.877	200.230

4.4.2 Costos de Inversión en energía y climatización.

Los costos de inversión en energía y climatización incluyen los requerimientos para la conmutación y transmisión.

El cálculo de los costos se realizó considerando un costo promedio por línea de 6.41US\$. Esta inversión cubre grupos generadores, rectificadores, bancos de batería y equipos de climatización. Las inversiones se determinaron con un horizonte de planificación de un año.

Tabla N° 20
Detalle de Costos de Inversión en Climatización y Energía

RESUMEN DE INVERSIONES EN CLIMATIZACIÓN Y ENERGÍA (US\$)						
Item	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Energía Santiago	3.476.349	32.083	35.947	39.613	38.428	32.620
Energía resto del país	2.566.603	65.922	73.854	81.384	78.952	67.020
Climatización Santiago	3.509.457	32.388	36.289	39.990	38.793	32.931
Climatización resto del país	2.591.046	66.550	74.557	82.159	79.704	67.659
TOTAL	12.143.455	196.943	220.647	243.145	235.877	200.230

4.5 Plan de Inversiones de Interconexiones

Las inversiones de interconexiones corresponden a las tramas E1 destinadas al tráfico de interconexión con otras compañías, y se reflejan en los costos de inversión de conmutación y transmisión desde el cliente de Telefónica CTC hasta el PTR.



Santiago de Chile, diciembre 2003. www.regulacion-mercados.cl

MODELO DE
COSTOS DE
INVERSIÓN
TÉCNICA

ANEXO N° 3

