

Modelos de Costo

Sr. G. Moumoulidis, OTE



UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES



Contenido

1. Introducción
2. Modelos de Costos Usados en Telecomunicaciones
 - 2.1 Generalidades
 - 2.2 Modelo de costo de cables
 - 2.3 Costo de sistemas de ganancia de par
 - 2.4 Costo de sistemas de transmisión
 - 2.5 Costo de conmutación
 - 2.5.1 Costo de sistemas de conmutación convencionales
 - 2.5.2 Costo de conmutación CPA (SPC)
 - 2.6 Costo de edificios
3. Costos de Capital
 - 3.1 Costo de inversión y sus componentes
 - 3.2 Costo de operación
4. Técnicas de Estudio Económico
 - 4.1 Consideración general
 - 4.2 Método del valor actual (Present worth, PW)
 - 4.2.1 Valor actual de gastos (Present worth of expenditures, PWE)
 - 4.2.2 Factor del valor presente (Present value factor)
 - 4.2.3 Valor actual del costo anual (Present worth of annual cost, PWAC)
 - 4.3 El método de las anualidades
5. Anexo
6. Referencias

1. Introducción

La finalidad de la planificación de redes es elaborar planes para satisfacer el futuro incremento de la demanda al costo más bajo posible. Dentro de este contexto, la planificación de redes se relaciona principalmente con los siguientes problemas:

- Evaluar y comparar diferentes propuestas para la provisión de ciertos servicios telefónicos.
- Decidir las ampliaciones de capacidad, lo cual involucra el tamaño de las facilidades a ser incorporadas y los momentos en que éstas deben introducirse.
- Decidir la introducción de una nueva central y determinar su ubicación y límites.
- Decidir la introducción de nueva tecnología, tal como tecnología digital en conmutación y transmisión.

Para resolver totalmente los problemas arriba indicados, uno debe conocer la estructura de costo de las diferentes partes de la planta y estar en condiciones de expresar el costo relevante como una expresión de ciertos parámetros, como por ejemplo, el tamaño o el número de los componentes de los que consta la planta. Con este propósito la red puede dividirse en ciertas unidades llamadas **unidades de planta**. Por ejemplo, una típica unidad de planta podría ser un km de 100 pares de cable enterrados, además del cable en sí, otros materiales como baldosa protectora, materiales de unión, etc. Ejemplos de otras unidades de planta son ductos, incluyendo aberturas para la entrada de personal por km, líneas de postes por km, terminales, aparatos telefónicos, etc.

2. Modelos de Costo Usados en Telecomunicaciones

2.1 Generalidades

Casi todas las plantas de telecomunicaciones presentan un fenómeno de economía de escala; es decir, el costo unitario disminuye en la medida que mayor es el número de unidades compradas. El caso más común es el modelo en el cual el costo es una función lineal de las unidades:

$$C = A + B \cdot x \quad (1)$$

- A es el costo básico o costo inicial
B es el costo incremental o costo marginal
x es el número de unidades

La relación de arriba generalmente es válida para los costos de cables, líneas abiertas, centrales, concentradores de línea, multiplexores, etc. Otro modelo de costo con uso limitado en telecomunicaciones es el modelo exponencial:

$$C = k \cdot x^a \quad (2)$$

En la relación, k y a son constantes y x representa el número de unidades de la planta.

2.2 Modelo de costo de cables

Como hemos mencionado en el párrafo anterior, el costo de los cable como una función del número de pares es la ecuación lineal (1). Cuando se toma en cuenta la longitud del cable, la ecuación (1) se vuelve:

$$C = (a + b \cdot x) \cdot \lambda \quad (3)$$

- λ es la longitud del cable.

Las constantes a y b se conectan con A y B mediante:

$$A = a \cdot \lambda \quad B = b \cdot \lambda$$

La relación (3) se ilustra en la Figura 1 abajo:

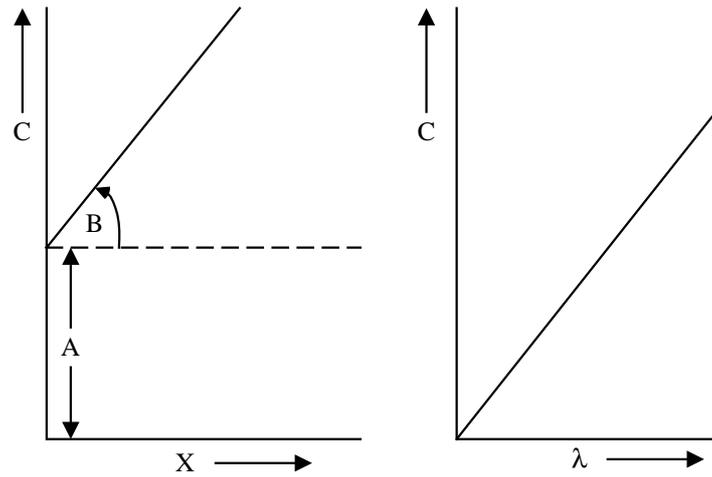


Figura 1

- a) proporciona el costo como una función del par con λ como parámetro
- b) proporciona el costo como una función de la longitud λ con x como parámetro

Para un cable instalado, el costo básico global **A** en las compras básicas, costos de excavación, colocación y de medición. La constante **B** se compone de: costo de compra, costo de unión por par, costo de conectar un par a la trama de distribución principal, etc. Haciendo uso de la ecuación (1), podemos encontrar el costo de un par.

$$C = \frac{A}{x} + B \tag{4}$$

La Figura 2 ilustra la relación anterior:

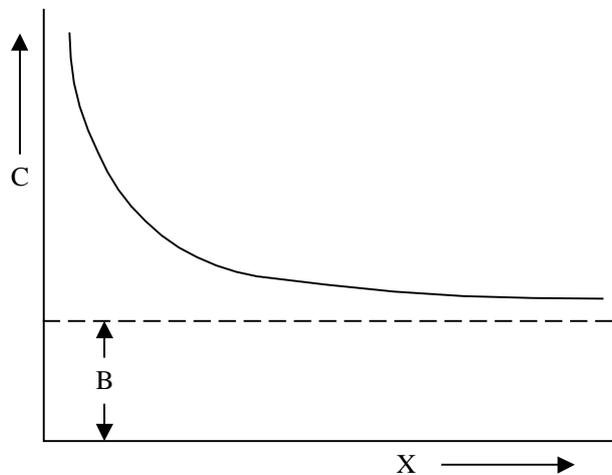


Figura 2 : Costo del par como una función de la capacidad X del cable

La curva es una hipérbola con una asíntota $C = B$. Cuando la capacidad del cable es suficientemente grande, el costo de un par es prácticamente **B**. Esta hipérbola proporciona el carácter de economía de escala de los cables. De la observación anterior concluimos que a mayor capacidad de planta, menor es el costo de un par..

Cuando se involucran problemas de ubicaciones y límites óptimos de centrales, es necesario expresar el costo de un par independientemente de la capacidad del cable. En este caso, el costo se calcula sobre la capacidad promedio de cable utilizado \bar{x} .

$$C = A / \bar{x} + B = B_0 = b_0 \cdot \lambda$$

La constante b_0 se expresa en unidades monetarias por par, por km, y da el costo promedio por kilómetro. Para problemas de ampliación de capacidad, se toma en cuenta la relación (3).

2.3 Costo de sistemas de ganancia de par

Los sistemas de ganancia de par reducen la necesidad de cables pares de abonados y, por tanto, la aplicación evidente de ganancia de par es como alternativa al cable adicional.

Los sistemas de ganancia de par más utilizados son:

- Concentradores de líneas
- Sistemas de portadoras
- Sistemas MIC (Modulación por impulsos codificados; Pulse code modulation, PCM).

El costo de un sistema de ganancia de par está dado por:

$$C = (a + b \cdot x) + k \cdot c \cdot \lambda \quad (5)$$

donde

- a** es el costo básico del sistema de ganancia de par
- b** es el costo dependiente del abonado, específicamente el costo de un abonado adicional a ser conectado al sistema
- c** es el costo de un par de enlace
- x** es la capacidad del sistema
- k** es el número de pares de enlace.

En aplicaciones de ubicación de centrales y límites, el costo de un par está dado por

$$C = p + s \cdot \lambda \quad (6)$$

donde **p** es el costo promedio de un abonado adicional

$$p = a / \bar{x} + b$$

y **s** es el costo promedio de enlaces por abonado, por km.

$$s = k \cdot c / \bar{x}$$

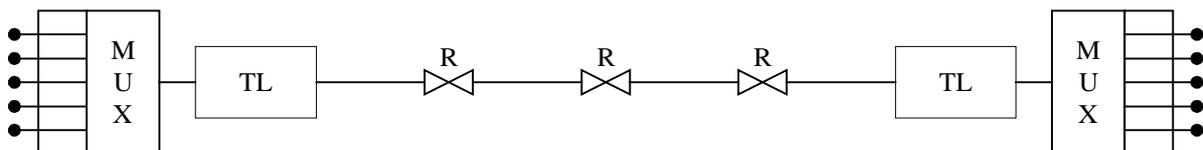
Para comparación de costos y problemas de ampliación de capacidad, se utiliza la relación (5). Es oportuno señalar que los parámetros en la función del costo deben incluir, aparte del costo de compra, los costos relativos a instalación, pruebas, mediciones, operación y mantenimiento..

2.4 Costo de sistemas de transmisión

La multiplexión por división de frecuencia (MDF; Frequency division multiplexing, FDM) y la multiplexión por división en el tiempo (MDT; Time division multiplex, TDM) son las dos categorías de multiplexión usadas en transmisión.

El objetivo primario de este capítulo es proporcionar orientación la formulación del costo de transmisión. Los parámetros presentados serán útiles como información básica para ayudar al planificador a formular el costo de los sistemas de transmisión como una función del número de circuitos.

La Figura 3 muestra la disposición de un sistema de transmisión para la formulación de la función de costo.



- MUX = MULTipleXor / deMULTipleXor
- TL = Terminal de Línea
- R = Repetidor / Regenerador

Figura 3 : Un Sistema de Transmisión MDF o MDT

La función de costo está dada por:

$$C = (a + b \cdot x) + k \cdot s \cdot \lambda \quad (7)$$

El primer término $a + b \cdot x$ representa el costo del equipo múltiplex y el segundo, $k \cdot s \cdot \lambda$ el costo de los medios de transmisión.

a es el costo básico que consiste en:

- costo de los multiplexores de más alto orden y el equipo de terminación de línea, específicamente para:
sistemas MDF (FDM), tenemos modems de grupo primario, secundario, terciario, etc., y repetidor de terminal; y para
sistemas MIC (PCM), tenemos multiplexor de segundo, tercer, etc. orden así como equipo de terminación de línea;
- costo de instalación, medición y alineación;
- costo de mantenimiento y operación.

b es el costo de proveer un canal adicional, el cual incluye: el costo del equipo del canal, y el costo relativo a instalación, medición, mantenimiento, etc.

k es el número de pares necesarios para los medios de transmisión de los sistemas; esto es, cable, fibra óptica, o radioenlaces.

s es el costo por par, por km del cable y del equipo de línea. Este costo está constituido por:

- el costo de compra de los medios de transmisión
- la colocación de los medios de transmisión
- el costo de equipo de línea (equipo repetidor) por kilómetro
- el costo de medición, alineación, mantenimiento y operación.

λ es la longitud de los sistemas en kilómetros.

Para ciertas aplicaciones se necesita conocer el costo de un circuito. Por supuesto que este costo, es una función del nivel de equipamiento x (utilización) del sistema, específicamente el número de circuitos con los cuales está equipado. Para establecer el costo existen dos alternativas:

considerar el costo de un circuito al nivel de equipamiento x

$$C = \left(b + \frac{a}{x} \right) + \frac{k \cdot s \cdot \lambda}{x} \quad (8)$$

o, considerar el costo de un circuito cuando el sistema está totalmente equipado:

$$C = \left(b + \frac{a}{x_N} \right) + \frac{k \cdot s \cdot \lambda}{x_N} \quad (9)$$

donde x_N es la capacidad del sistema de transmisión.

2.5 Costo de conmutación

2.5.1 Costo de sistemas de conmutación convencionales (electromecánicos)

La Figura 4 muestra un ejemplo de los grupos básicos de una central local. El costo que corresponde al sistema es una función lineal de:

- el número de líneas
- el número de circuitos entrantes y salientes.

Las etapas del selector de grupo dependen del tráfico manejado.

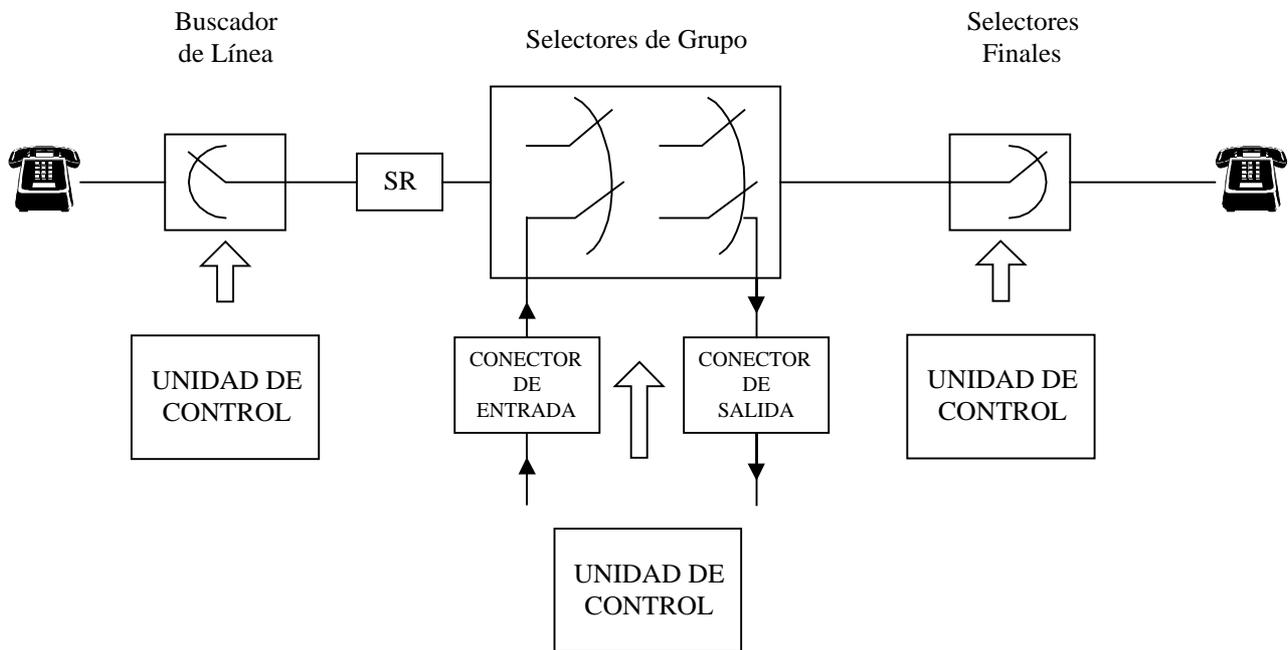


Figura 4 : Ejemplo de α agrupamientos de conmutador (switch groupings) en la central local

SR - Circuitos de supervisión para corriente de alimentación de micrófonos

IN-JUNC - Conector (Juntor) Entrante

OT-JUNC - Conector Saliente

Las unidades de control dependen de los intentos de llamada y la etapa del selector final depende, por supuesto, del tráfico de destino. La siguiente es una relación matemática práctica que puede proporcionar el costo del sistema:

$$C = a + b \cdot x + \sum_{j=1}^k S_0(i,j) \cdot n_0(j) + \sum_{j=1}^k S_i(i,j) \cdot n_i(j)$$

Los parámetros en la relación arriba descritos:

a : refleja el costo básico del sistema, que consiste en marcos de bastidores, campos, unidades de fuente de poder, equipo de control, etc.

b : el costo incremental de la línea de abonado

$S_i(\mathbf{I}, \mathbf{J})$: el costo incremental de los circuitos de entrada

$S_0(\mathbf{I}, \mathbf{J})$: el costo incremental de los circuitos de salida

k : determina el número de tipos de centrales a las cuales está conectado el sistema de conmutación

\mathbf{I}, \mathbf{J} : determina los tipos de centrales de origen y de terminación respectivamente.

Además,

x representa el número de líneas, y $n_0(\mathbf{I})$, $n_1(\mathbf{I})$ representan el número de circuitos entrantes y salientes, respectivamente. El parámetro a , no se mantiene constante sobre x , n_1 y n_0 . Cuando x se incrementa, el valor del costo básico (por encima de un número específico de líneas) presenta saltos. La Figura 5 muestra la función de costo de un sistema de conmutación.

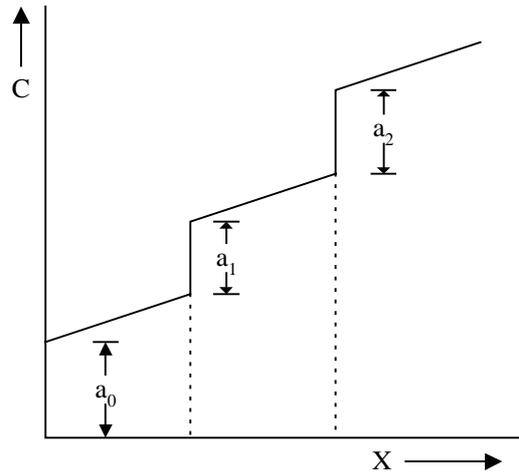


Figura 5 : Costo del sistema de conmutación local como una función del número de líneas

La función de costo es lineal tramo a tramo. El parámetro a depende del costo básico del sistema a_0 y a_1 , a_2 dependen del costo del equipo común adicional que se requiere cuando el número de líneas del sistema excede ciertos niveles (x_1 , x_2). En lo referente a la pendiente que proporciona el costo incremental de las líneas, ésta se mantiene constante sobre el rango de x . El costo de los conectores depende del tipo de central (EMD, pentaconta, strowger, etc.) y del tipo de sistema de transmisión L . La Figura 6 muestra un circuito de empalme entre 2 centrales (local o larga distancia).

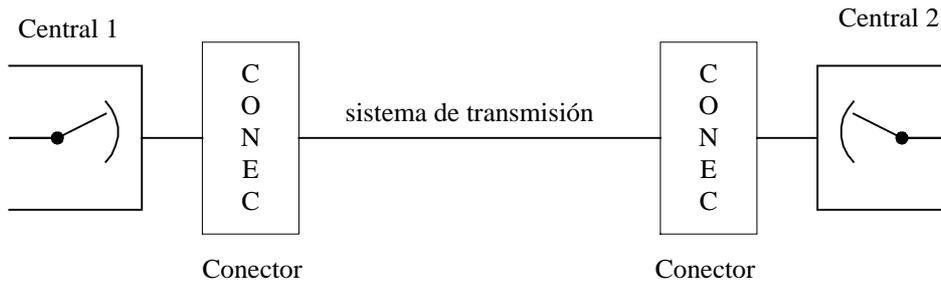


Figura 6 : Un circuito conectando dos centrales

$S_0(I, J)$ y $S_i(I, J)$ pueden ser escritos como sigue:

$$\begin{aligned} S_0(I, J) &= RS_0(I, J, L) + SW_0(I) \\ S_i(I, J) &= RS_i(I, J, L) + SW_i(I) \end{aligned} \tag{11}$$

L indica el tipo de medio de transmisión usado.

$SW_0(I)$ y $SW_i(I)$ son los costos del equipo de conmutación para establecer una conexión troncal y

$RS_0(I, J, L)$ y $RS_i(I, J, L)$ son el costo de los equipos de relevo para troncales de entrada y salida respectivamente.

I, J determinan los tipos de central de origen y de destino respectivamente

L la clase de sistema de transmisión (frecuencia de voz de 2w, frecuencia de voz de 3w, canal MDF, canal MIC, etc.).

RS se determina por medio de tres índices (I, J, K). En otras palabras, es una matriz tridimensional que puede dividirse en L matrices de 2 dimensiones.

2.5.2 Costo de la conmutación CPA

La estructura de costo de los sistemas de conmutación CPA es esencialmente la misma que para los sistemas convencionales. Aquí pueden distinguirse todos los grupos en los cuales se dividieron previamente los sistemas. Entre centrales digitales CPA no se necesitan conectores o interfaces (unidades de señalización) cuando se encuentra involucrada una facilidad de transmisión MIC, ya que las señales que son procesadas y conmutadas por el sistema son señales MIC. Este hecho debe tenerse en cuenta cuando se formula el costo de los sistemas de conmutación.

En lo referente a los concentradores de línea, que para el caso de los sistemas digitales CPA se llaman unidades remotas de abonado (RSU), éstos tienen algunas diferencias con respecto a los convencionales. Las más importantes se refieren al hecho de que las RSU son etapas de abonado remotas. Esto implica que las etapas de abonado se retiran de la central madre y se colocan en la RSU. Otro punto que debe mencionarse es que los enlaces de RSU deben ser exclusivamente MIC, aunque sí puede considerarse una conexión MDF, pero eso es económicamente prohibitivo.

La Figura 7 muestra una RSU conectada a su central madre.

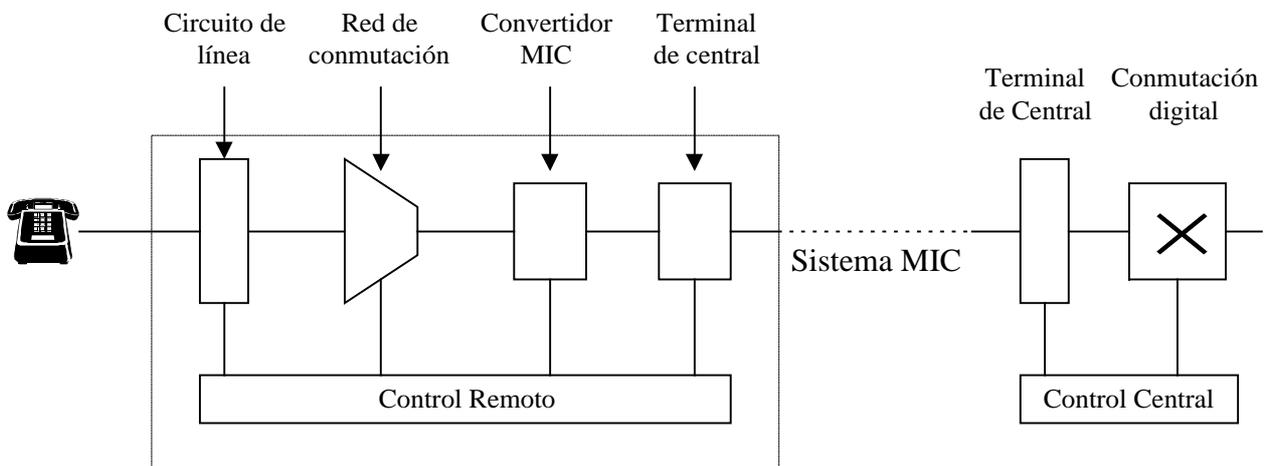


Figura 7 : Concepto de concentrador

2.6 Costo de los edificios

El costo de nuevos edificios es una función lineal del área del edificio y puede formularse así:

$$C = A + B(q) \tag{12}$$

donde

- A** es el costo básico
- B** es el costo incremental con respecto al número de metros cuadrados **q** del área del edificio.
- q** es el área del edificio

En la relación anteriormente mencionada, el parámetro **A** presenta saltos cuando el área excede ciertos niveles de metros cuadrados. Por otro lado, **B** permanece constante pero su valor es extremadamente bajo comparado con **A**. Para aplicaciones prácticas podemos aceptar

$$B = 0$$

lo que lleva al costo del edificio

$$C = A$$

En la Figura 8, se muestra la característica de **A** de ser afectada por tramos.

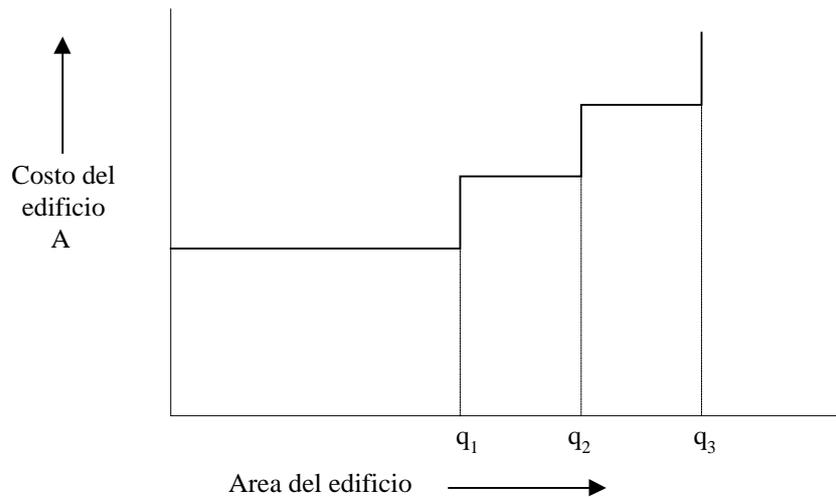


Figura 8 : Característica de función de grado de A

Los saltos se deben al hecho de que cuando el tamaño del edificio excede cierto valor, debe considerarse un tipo de edificio más grande. Cuando se determina el modelo de costo del edificio, es necesario conocer los saltos en el costo sobre el tamaño del edificio. El salto inicial es el más alto porque incluye el costo del terreno. El tipo de edificio depende principalmente del tipo de sistema de conmutación y del número máximo de líneas. Esto significa que, para cada central, se debe conocer la relación matemática entre el tamaño del edificio y el número de líneas. Esto significa que, para cada central, se debe conocer la relación matemática entre el tamaño del edificio y el número de líneas. Esta función es lineal tramo a tramo, que convierte las líneas al área del edificio.

La Figura 9 muestra una curva de conversión típica. $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ muestran los número de abonados para los cuales deben considerarse diferentes tipos de edificio.

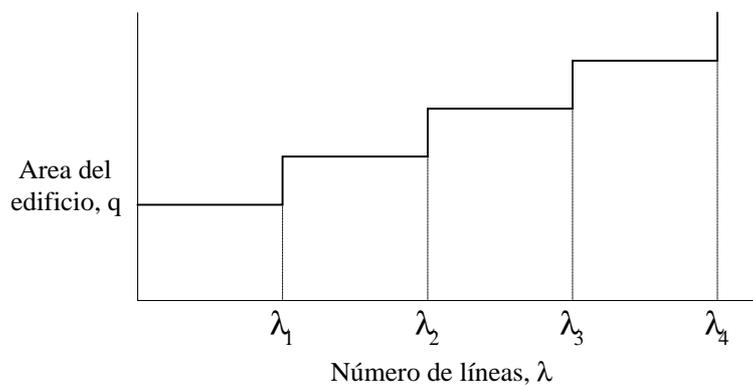


Figura 9

3. Costos de Capital

3.1 Costo de inversión y sus componentes

El término inversión designa la cantidad de dinero requerida para construir una nueva planta - la inversión en planta. Este es el costo total originalmente instalado. Los estimados de inversión que se utilizan en los estudios de costo incluyen por anticipado todos los gastos a realizarse desde el inicio hasta el momento en que el proyecto está completo y listo para ser utilizado. A continuación se describen los rubros de inversión más importantes:

- **Material:** Todo el material usado en la construcción de la planta, costos de flete, impuestos sobre ventas y gastos de suministros.
- **Instalación:** Todos los costos directos de mano de obra, así como gastos corrientes e imprevistos.
- **Carga miscelánea:** Gasto de instrumentos de supervisión, gastos generales, impuestos de seguridad social, beneficios y pensiones.
- **Ingeniería:** Todo el período de ingeniería y costos asociados.
- **Costos que ocurren durante la construcción** y que se añaden a la contabilidad de la inversión en planta. Estos costos incluyen el interés durante la construcción, impuestos ad valorem y seguro, cuando ello es necesario.

3.2 Costos de operación

Los costos de operación son aquéllos en los que se incurre debido a la existencia y uso de la planta. Estos costos dependen de la planta física: las cantidades de cada uno de los varios tipos de equipo, su forma de ensamblaje, localización, uso, mantenimiento, e inclusive su reordenamiento y cambios. Una característica saltante de los costos operativos es que éstos son generalmente continuos y recurrentes durante todo el tiempo que la planta permanece en servicio.

Los componentes de los costos de operación incluyen:

- Los costos de materiales y mano de obra asociados con el mantenimiento y reordenamiento de la planta. (costos de mantenimiento). Esto incluye el costo para entrenamiento de personal y para las pruebas de equipo y servicios.
- El costo de mano de obra asociado con la operación diaria de la planta, por ejemplo, el manejo de llamadas de larga distancia por el operador.
- Gastos misceláneos, tales como reparación en talleres, gastos en herramientas, guardianía, servicios, etc.
- Costos de obtención, manejo y almacenamiento de materiales y repuestos.
- Costos de supervisión.
- Alquiler e impuestos.

4. Técnicas de Estudio Económico

4.1 Consideración general

Los métodos de estudio económico básicos son:

- el método del valor actual
- el método de las anualidades
- el método de la tasa de retorno.

La elección del método a emplearse para un determinado estudio es más bien arbitrario y en la toma de decisión debe siempre considerarse factores como la facilidad de los cálculos y la simplicidad de la presentación. En problemas de optimización de planificación, el método más conveniente es la técnica del valor actual. El método de la tasa de retorno rara vez se utiliza en aplicaciones de planeamiento de redes, por lo que no lo describiremos.

4.2 *Método del valor actual (PW)*

El método más importante en problemas de optimización, es el método del valor actual. Este se refiere a todos los factores económicos, tanto ingresos como gastos, en el mismo punto de tiempo, y los expresa en forma de una cifra.

Cuando se comparan diferentes alternativas que proporcionan los mismos ingresos o ahorros de costos, es suficiente seleccionar la alternativa que tenga el valor actual más bajo de todos los gastos o costos anuales. Existen dos métodos de valor actual:

- el valor actual de gastos (Present worth expenditures, PWE); y,
- el valor actual de costos anuales (Present worth of annual charges, PWAC).

4.2.1 *Valor Actual de Gastos (PWE)*

El método del valor actual de gastos (PWE) es una medida de lo atractiva que son las alternativas desde el punto de vista de cuánto dinero debe gastar la administración en tomar cada una de ellas. Encontrando el PWE de cada alternativa, seleccionamos aquella con el valor más bajo, siempre que ésta proporcione el mismo servicio para los abonados. Este método no requiere ningún estimado de ingresos; sin embargo, si se anticipa una diferencia en ingresos debido a alguna diferencia en el servicio, entonces deben considerarse estos ingresos anticipados con el fin de mantener la comparación.

Ejemplo 1

Asúmense dos alternativas para las cuales tenemos la siguiente tabla:

Alternativa	A	B
Costo inicial	4000 MU	5000 MU
Recuperación bruta	400 MU	300 MU
Cost de remoción	300 MU	300 MU
Costo de operación y mantenimiento/año	1300 MU	700 MU
Vida útil	5 años	5 años
Tasa de interés	10 %	10 %

Queremos encontrar la alternativa más atractiva. Una buena prueba es realizar una comparación del valor actual de gastos (PWE).

Cálculos del PWE

Alternativa A:

- PWE de operación y mantenimiento

Usamos la fórmula (ver anexo) proporcionando el valor actual de una anualidad (valor actual de una unidad monetaria - monetary unit, MU - pagada al final de cada año durante N años).

$$(P/A)_N^{i\%} = \frac{(1+i)^N - 1}{i \cdot (1+i)^N}$$

Tenemos

$$P = A \cdot \frac{(1+i)^N - 1}{i \cdot (1+i)^N} = 1300 \cdot \frac{(1+0.1)^5 - 1}{0.1 \cdot (1+0.1)^5} = 4928 \text{ MU}$$

- PWE de recuperación neta

Hacemos uso de la fórmula de valor actual **P** de una cantidad futura (valor presente de una unidad monetaria pagada al final del año N).

$$(P/F)_N^{i\%} = (1+i)^{-N}$$

Tenemos

$$P = F \cdot (P/F)_N^{i\%} = F \cdot (1+i)^{-N} = -(400 - 300) \cdot (1+0.1)^{-5} = -62 \text{ MU}$$

Se toma recuperación negativa porque éste es un recibo.

- PWE del costo inicial = 4000 MU

$$\text{Total PWE} = 4000 + 4928 - 62 = 8866 \text{ MU}$$

Alternativa B:

- PWE de operación y mantenimiento

$$700 \cdot (P/A)_5^{10\%} = 700 \cdot \frac{(1+i)^N - 1}{i \cdot (1+i)^N} = 700 \cdot \frac{1.1^5 - 1}{0.1 \cdot 1.1^5} = 2654 \text{ MU}$$

- PWE de recuperación neta

$$-(500 - 300) \cdot (P/F)_5^{10\%} = -124 \text{ MU}$$

- PWE de costo inicial = 5000 MU

$$\text{Total PWE} = 5000 + 2654 - 124 = 7530 \text{ MU}$$

Comparando el PWE de cada alternativa, escogemos la alternativa **B** tiene un PWE mas pequeño, aunque su gasto inicial es mayor que el de la alternativa **A**.

4.2.2 *Factor del valor presente*

Cuando se hace cálculo de costos, a veces es conveniente expresar el valor presente total de gastos del esquema en términos de sus costos de provisión, incluyendo las sumas apropiadas para cubrir los costos de reposición, mantenimiento y operación. Esto se logra multiplicando la primera provisión por el siguiente factor del valor presente:

$$\mu = 1 + \frac{1-s}{(1+i)^T - 1} + \frac{u}{i} \quad (13)$$

donde

- T** es la vida útil de una planta
- s** es el valor de descarte de una planta en desuso (reducido por los costos de desmantelamiento) con relación a los costos de provisión
- u** es la suma de los costos de operación y mantenimiento anuales con relación a los costos de provisión
- i** es la tasa de interés (expresada en decimales)

En esta expresión, el primer término es proporcional a los costos de provisión; el segundo a los costos netos de reposición (para un período infinito de tiempo) y el tercero a los costos de operación y mantenimiento (para un período infinito de tiempo) En la mayoría de los casos, el valor de descarte de una planta en desuso es casi absorbido por los costos de desmantelamiento, de modo que **s = 0**. Asumiendo que **s = 0**, el factor de valor presente puede describirse así:

$$\mu = \frac{(1+i)^T}{(1+i)^T - 1} + \frac{u}{i} \quad (14)$$

Los costos anuales totales **a** de un esquema pueden obtenerse de los costos de provisión, multiplicándolos por el factor del valor presente y por la tasa de interés **i**.

$$a = c \cdot \mu \cdot i \quad (15)$$

- a** costo anual
- c** costo de provisión
- μ** factor del valor presente
- i** tasa de interés

El valor actual de gastos (PWE) se obtiene multiplicando el costo de inversión **c** por **μ**.

En la Tabla I se ilustran algunos valores aproximados para vida útil, costo anual de operación y mantenimiento y factor de valor presente promedio, para algunos de los equipos de transmisión y facilidades más comunes.

Tasa de interés = 10 %, valore de descarte = 0			
Unidad de planta	Vida útil	Costo de mantenimiento más costo operativo	Factor del valor presente (PVF)
Línea de hilo abierto	15-20	3.0	1.53
Cables aéreos	15-20	5.0	1.73
Cables enterrados	25-35	2.0	1.26
Cable subterráneo	30-40	2.0	1.26
Conductos	40-60	1.0	1.11
Sistemas de portadora	15-20	5.0	1.73
Equipo electrónico	15-20	5.0	1.73
Equipo de radio	15-20	5.0	1.73

Tabla I : Vida útil, costos de mantenimiento y de operación, factor de valor presente (PVF)

Ejemplo 2

Podemos proporcionar facilidades a los abonados empleando ya sea:

Alternativa A:

- Vida útil **T** = 40 años
- Costo de inversión **C** = 2500 MU (Monetary units)
- Costo de mantenimiento más costo de operación **u** = 2 %
- Valor de descarte **s** = 0

o

Alternativa B:

- Vida útil **T** = 15 años
- Costo de provisión **CB** = 1800 MU
- Costo de mantenimiento más costo de operación **u** = 5 %
- Valor de descarte **s** = 0
- Tasa de interés **i** = 10 %

Deseamos averiguar cuál es la alternativa más económica.

Cálculo del factor del valor presente de la alternativa A

$$\mu_A = 1 + \frac{1}{(1+0.1)^{40} - 1} + \frac{0.02}{0.1} = 1.223$$

El valor actual de gastos para la alternativa A es

$$PWE_A = \mu_A \cdot C_A = 1.223 \cdot 2500 = 3057 \text{ MU}$$

Cálculo del factor de valor presente de la alternativa B

$$\mu_B = 1 + \frac{1}{(1+0.1)^{15} - 1} + \frac{0.05}{0.1} = 1.815$$

Valor actual de gastos para la alternativa B

$$PWE_B = 1.815 \cdot 1800 = 3267 \text{ MU}$$

Comparamos ambas alternativas:

$$PWE = 3057 < 3267 = PWE_B$$

encontramos que la alternativa A es más económica que la B.

Sería una decisión errada si la comparación se hubiese basado solamente en costos de inversión. En ese caso, habría resultado más ventajosa la alternativa B.

4.2.3 *Valor Actual del Costo Anual (PWAC)*

El método del valor actual de los costos anuales es esencialmente el mismo método que el del valor actual de gastos (PWE), excepto que los costos de capital se convierten a costos anuales equivalentes (annual costs, AC) antes que su valor haya sido hallado. Los costos de operación deben tratarse como se espera que ocurran. En muchos casos los resultados de un análisis PWAC serán exactamente los mismos que aquéllos para un análisis PWE, debido a que el valor presente de una anualidad, que es equivalente a un gasto, es el gasto mismo. Consecuentemente, si el valor actual de los costos anuales se halla sobre un período igual a la vida de la planta, el valor actual de gastos es igual al valor actual del costo anual. De cualquier número de alternativas mutuamente excluyentes para realizar un trabajo específico, escoja siempre la alternativa más económica, la que tenga el PWAC más bajo del costo del dinero. El PWAC es muy popular y la razón es que trabajar con costos anuales puede simplificar el tratamiento de colocaciones y retiros de equipo no coincidentes.

4.2 *El método de las anualidades*

Con este método, los costos de capital iniciales se convierten a costos anuales equivalentes. Los ingresos anuales constantes y/o los costos de operación luego se restan y/o suman a los costos de capital anuales. Se asume que el valor residual es 0.

La aplicación del método de anualidades está limitada por las condiciones y supuestos siguientes:

- todas las inversiones deben hacerse a un mismo tiempo, al comienzo el período de cálculo;
- los gastos e ingresos de operación deben permanecer constantes durante el período de cálculo;
- el valor residual es 0.

Estas dificultades se pueden evitar utilizando el método del valor actual. Se determinan los costos para cada rubro de la planta y después se convierten a valores presentes.

5. Anexo

Factores de valor de tiempo

5.1 Valor futuro de una cantidad presente (F/P)

$$(F / P) = (1+i)$$

5.2 Valor actual de una cantidad futura (P/F)

$$(P / F)_N^i = 1 / (1+i)^N$$

5.3 Valor actual de una anualidad (P/A)

$$(P / A)_N^i = \frac{(1+i)^N - 1}{i \cdot (1+i)^N}$$

5.4 Valor futuro de una anualidad (F/A)

$$(F / A)_N^i = \frac{(1+i)^N - 1}{i}$$

5.5 Valor actual de una anualidad continua a (t) (PW)

$$PW = \int_0^T a(t) \cdot e^{-r \cdot t} dt$$

$$r = \ln(1+i)$$

6. Referencias

1. Planificación de Redes Locales. UIT/CCITT.
2. Planificación de Red General. UIT/CCITT.
3. GAS 9. Aspectos Económicos y Técnicos de la Transición de Redes de Telecomunicaciones, de Análogas a Digitales.
4. PLANITU - UIT Programas de Planificación de Redes, Vol I, II y III.
5. John Friedenfelds - Análisis de Ampliación de Capacidad de Modelos Simples con Aplicaciones. Holanda del Norte, Nueva York.
6. Investigación de Planeamiento de Redes, llevado a cabo por Yngve Rapp A. Resumen.
7. Introducción a la Ingeniería de Teletráfico Práctica, UIT - Estudio de Caso E1.