

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: CAMINOS I

Planificación del Transporte

La materialización de una obra requiere tres etapas indisolublemente ligadas, cada una de ellas tan importantes como las demás y en una secuencia fija:

1. PLANEAMIENTO
2. PROYECTO
3. CONSTRUCCIÓN

El planeamiento no puede suprimirse, ni efectuarse posteriormente al proyecto, ya que si bien la calidad del proyecto y de la construcción es fundamental, no la es menos la determinación de la conveniencia de la ejecución de la obra y la verificación de que si efectivamente es la más necesaria.

A continuación Vemos los fundamentos de una parte básica del planeamiento de transporte, la evaluación de proyectos, cuyas técnicas son generales y aplicables a proyectos de otros sectores.

El planeamiento tiene como misión básica:

- 1) Identificar aquellos proyectos que permitan cubrir demandas insatisfechas, promover el desarrollo en general y en particular el camino.
- 2) Analizar la verdadera necesidad de construir cada obra comparando el esfuerzo que demandará (sobre todo el económico) en relación a los beneficios que probablemente produzca.
- 3) Estudiar la posibilidad de cumplir con la misma demanda con otras alternativas, o sea otras soluciones para el mismo proyecto.
- 4) Teniendo en cuenta la limitación de los recursos disponibles, determinar las posibilidades de inversión entre distintos proyectos y la fecha óptima de realización de cada uno.

Para evaluar es necesario establecer criterios de evaluación, que son los criterios utilizados como base de comparación para determinar el grado en que los planes analizados permiten alcanzar las metas y objetivos fijados, de acuerdo a los recursos disponibles.

En general para evaluar un plan de obras, o una obra específica se cuantifican los beneficios de carácter económico que su realización reporta a la sociedad y se los compara con el volumen de inversiones que requiere su ejecución.

Como marco de referencia para la evolución de proyectos se establecen las políticas de transporte (políticas tarifarias, fiscales en materia de transporte por ejemplo), o sea, los cursos de acción estipulados para la implementación de un plan de transporte.

Los programas de inversión son conjuntos de proyectos que constituyen partes coordinadas del plan, encuadradas en las políticas y recursos disponibles para el área, que se ha decidido sean construidos en un determinado periodo.

En cuanto al 3º punto enunciado como misión básica del planeamiento cabe destacar que el conjunto de alternativas a evaluar debe reducirse a las más razonables, pues de otra forma la tarea sería ímproba. Pero es necesario recalcar la importancia de estudiar muy bien qué proyectos alternativos se van a evaluar, ya que si la mejor solución a nuestro problema no se encuentra entre las planteadas, mal podrá salir seleccionada.

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: **CAMINOS I**

Existen diferentes métodos de evaluación que conducen a la determinación de índices, los más utilizados son:

- ***Costo anual de transporte.***
- ***Valor neto actualizado.***
- ***Relación beneficio-costo.***
- ***Tasa interna de retorno.***

Previamente a la definición y análisis de cada uno veremos elementos de cálculo comunes a todos ellos.

Costos a considerar en estudios de evaluación de proyectos de transporte:

El cálculo de los costos de transporte no sigue un patrón común para todos los medios de transporte, la heterogeneidad de las técnicas utilizadas, de la organización de las empresas en cada medio determinan que haya diferencias bastante importantes en la forma de calcular costos de transporte.

Hacemos una descripción de todos los rubros que intervienen en el costo total de la prestación de un servicio de transporte. Luego para cada medio particular, cada rubro genérico tomará una determinada denominación y será o no aplicable.

Tenemos así en primer lugar:

- 1) **BIENES DE CAPITAL**: comprende la instalación de infraestructura (caminos, vías férreas, canales, etc.), la instalación de superestructura, las terminales (puertos, aeropuertos, estaciones), y los vehículos.

El primer elemento presente en cualquier cálculo de costo de transporte será por lo tanto el de los **Costos de capital**.

Estos incluyen:

- a) Costo de capital (Amortización, Interés) de los **vehículos**. Ej.: Automotores, material rodante ferroviario, navíos, aeronaves, etc.
- b) Costo de capital (Amortización, Interés) de la **infraestructura de transporte**. Ej.: Carreteras, vías férreas, vías navegables, tuberías.
- c) Costo de capital (amortización e interés) de los elementos de **superestructuras y de las terminales**. Incluyen también los elementos de ayuda al tránsito, a la navegación, a la aeronavegación y toda otra instalación auxiliar para el transporte.

En muchos casos el cálculo de costos empresarios, lleva a incluir en otros rubros parte de los costos de capital. Como por ejemplo, el mantenimiento de la infraestructura de los caminos. Las empresas de transporte caminero pagan a través de los impuestos a los combustibles, peajes, cubiertas, patentes, etc., gran parte de los costos de infraestructura vial. En la misma forma la empresa de transporte aéreo o naviero paga a través de la tasa aeroportuaria y portuaria parte de los costos de las instalaciones.

Cuando se trata de calcular costos para la economía en su conjunto, se deberá tener cuidado de evitar duplicaciones, al incluir costos de infraestructura y posteriormente el pago de impuestos, que financian la construcción y mantenimiento de la misma.

En el cálculo de los costos de capital es fundamental definir la vida útil de cada uno de los elementos y el costo de oportunidad del capital o tasa de interés a aplicar que se definirá más adelante.

Finalmente deben considerarse los costos de mantenimiento de los distintos bienes de capital. Esto amplía la conservación del ítem:

- d) Costo de **mantenimiento de los bienes de capital**.

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: **CAMINOS I**

- 2) **ESFUERZO HUMANO**: Se trata del esfuerzo aplicado en forma directa para lograr la realización del transporte.

Según el destino del personal empleado podemos enunciar los siguientes rubros:

- e) Personal de conducción y operación de vehículos.
- f) Personal de terminales (carga, descarga, etc.) y de apoyo a la operación de vehículos.
- g) Personal de dirección y administración.

- 3) **ENERGIA**: Sin energía no hay transporte, ya que tanto en el movimiento de bienes como en el de personas existe un trabajo consumido en el vencimiento de las resistencias al movimiento, la superación de desniveles, etc.

El tipo de energía consumida depende de las características técnicas de cada modalidad de transporte, en algunos casos es electricidad y en la mayor parte de los casos combustible.

Se puede definir entonces otro rubro de costos:

- h) Combustible, electricidad, u otro tipo de energía.

La realización de servicios de transporte implica por lo general la utilización de otros elementos materiales y de servicios de gran diversidad y que dificulta su enunciación exhaustiva. Por ejemplo: lubricantes, útiles, cubiertas, repuestos, etc. Los sintetizamos en el rubro:

- i) Materiales y servicios diversos.

Finalmente podemos decir que no pueden dejar de considerarse los siguientes rubros:

- j) Seguros.
- k) Impuestos y Patentes.

Por último puede decirse que cualquier medio de transporte requiere la ocupación de terrenos para poder realizar el movimiento de bienes y personas. En el caso del ferrocarril o la carretera se trata de la ocupación de una franja de terreno a lo largo del itinerario de la vía férrea o la ruta. En el caso del transporte aéreo o el transporte por agua la ocupación se restringe sólo a las terminales (aeropuertos o puertos). En el caso del transporte por tubería o el transporte subterráneo la ocupación del terreno es insignificante, aunque ella existe, ya sea por la necesidad de contar con bocas de acceso o por la necesidad de instalar plantas de bombeo u otras facilidades.

La ocupación del terreno implica un costo ya que habrá que considerar una partida real de arrendamiento, de expropiación o en el caso de terrenos propios la imposibilidad de agregarlos a otros usos alternativos.

En general el costo del terreno está incluido en el de la infraestructura. En caso contrario habrá que tenerlo en cuenta como un rubro específico.

- l) Costo de terreno.

Podemos reagrupar los distintos rubros mencionados según los siguientes ítems de costos:

I = Costo de infraestructura (costo de capital invertido en la construcción.)

M = Costo de mantenimiento, administración y operación de la infraestructura.

C_v = Costo de vehículos usuarios (costo de capital invertido en su adquisición).

O_v = Costo de mantenimiento y operación de los vehículos usuarios.

T_v = Costo de tiempo de Usuarios.

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: **CAMINOS I**

Veremos ahora costos considerados en el caso particular de una obra vial:

a) COSTOS DE INFRAESTRUCTURA (CAPITAL INVERTIDO EN LA CONSTRUCCIÓN). “I”

Incluyen:

- **CZC** : Los costos derivados de la adquisición del terreno ocupado por la zona de camino.
- **COB** : Los costos correspondientes a la obra básica.
- **CPAV** : Los costos de pavimento.
- **CPU** : Los costos de puentes.

Todas estas erogaciones se realizan previamente a la habilitación de la obra al tránsito, o sea durante el periodo de construcción.

b) COSTOS DE MANTENIMIENTO, ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA. “M”

Incluyen:

La operaciones ordinarias o extraordinarias de reparación para conservar a la obra en perfectas condiciones de uso, tales como bacheo de pavimentos asfálticos, el sellado de juntas de pavimentos de hormigón, perfilado de taludes, limpieza de cunetas, reparación y renovación de señales, etc.

El costo de administración incluirá la parte alícuota correspondiente a ese tramo de camino en relación al total de gastos de la administración central del organismo responsable.

El costo de operación puede incluir gastos totales como la iluminación y los de señalización luminosa, que sólo ocurren ocasionalmente.

En caso de obras financiadas por peajes incluye los costos de operación para cobro de tarifas.

Estos costos del punto b) ocurren todos los años con posterioridad a la habilitación y hasta el término de la vida útil de la obra.

c) COSTOS DE VEHÍCULOS USUARIOS. “Oc”

Son los costos derivados de la inmovilización del capital requerido para la adquisición de los distintos tipos de vehículos.

d) COSTOS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE VEHÍCULOS (LLAMADO SIMPLEMENTE “COSTOS DE OPERACIÓN DE VEHÍCULOS”). “Ov”

Se dividen en aquellos que dependen del recorrido del vehículo y los que dependen exclusivamente del transcurso del tiempo.

En el primero tenemos los siguientes ítems:

Combustible – Lubricantes – Cubiertas – Mantenimiento – Lavado – Engrase – Fracción del salario del conductor proporcional al recorrido mensual – Depreciación o amortización (se toma 100% en caso de vehículos comerciales y una parte en caso de automotores).

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: **CAMINOS I**

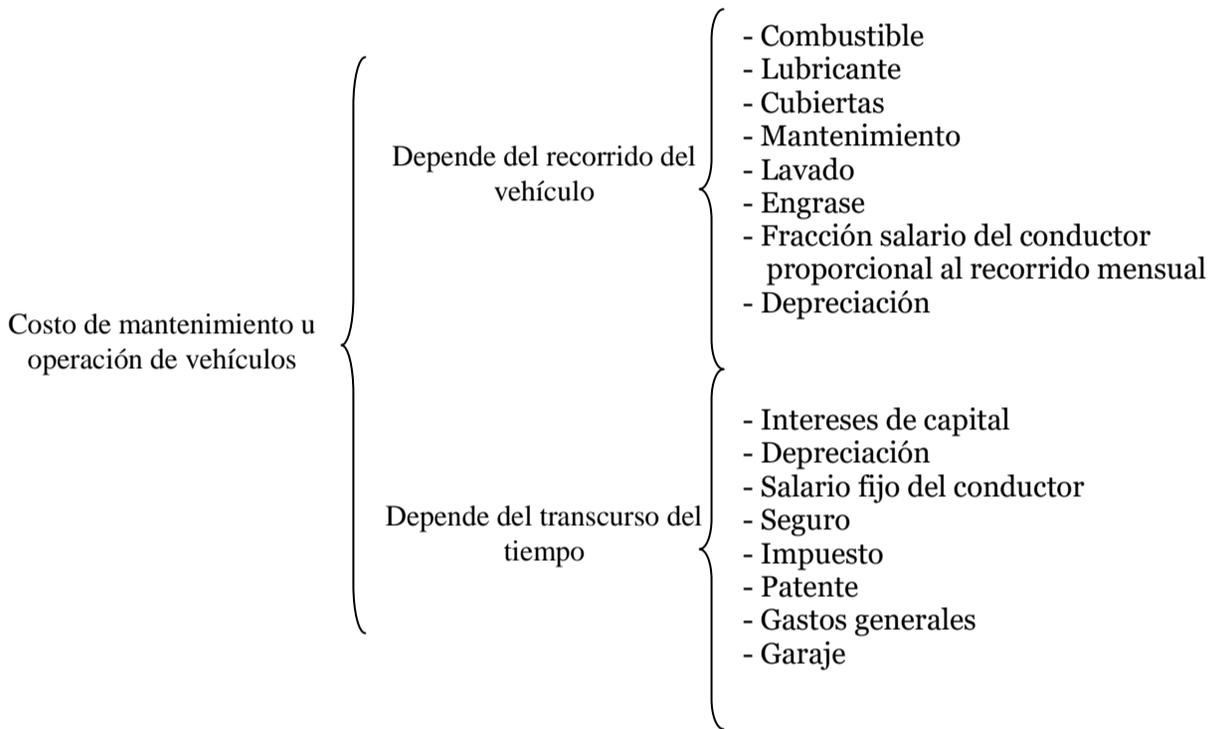
Ítems que dependen exclusivamente del transcurso del tiempo:

Depreciación o amortización (la parte complementaria a la incluida en el ítem variable con el recorrido para el automóvil) – Intereses de capital – Salario fijo del conductor – Seguros - Impuestos y Patentes – Gastos generales - Garaje.

Se los calcula por *km* y para cada tipo de vehículo, para circulación recta y horizontal y flujo libre de tránsito, para caminos pavimentados, enripiados y de tierra.

Estos costos son función de la velocidad de operación.

Finalmente se corrigen los valores obtenidos para tramos rectos en horizontal y flujo libre de tránsito, teniendo en cuenta la presencia de curvas horizontales, pendientes, congestión de tránsito combinada con condiciones prevalecientes de calzada en cuanto a ancho de carriles y obstáculos laterales a menos de 1,80 *m* de distancia. También se tiene en cuenta cruces con otros caminos y vías férreas.



e) *COSTOS DE TIEMPO DE USUARIOS. “Tv”*

Es el valor que los usuarios asignan al tiempo, y puede considerarse como el costo del tiempo consumido en el viaje.

El método más simple, más comúnmente usado para la valoración del tiempo de usuarios, es el de suponer, que está relacionado con el ingreso de los mismos. Tomando un ingreso medio horario, se lo asimila al valor del tiempo.

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: **CAMINOS I**

Beneficios de una obra de mejoramiento vial

- a) Ahorro de tiempo de usuarios.
- b) Ahorro de costos de operación
- c) Disminución de accidentes.
- d) Aumento de la comodidad.
- e) Desarrollo económico de la zona de influencia.
- f) Disminución de los gastos de mantenimiento.

Los ahorros de tiempo, que pueden valorarse en términos monetarios pueden originarse en:

- Disminución de la distancia recorrida
- Aumento de la velocidad media.
- Disminución de las demoras en puntos específicos.

El aumento de la velocidad media de circulación puede derivarse de mejoras en el diseño geométrico (aumento del radio de curvas horizontales, disminución de pendientes, eliminación de obstáculos laterales), en las características de la superficie de rodamiento y en la disminución de congestiónamiento del tránsito.

Los ahorros en los costos de operación pueden derivarse también de:

- Disminución de la distancia recorrida.
- Disminución de las pendientes.
- Aumento de los radios de las curvas horizontales.
- Mejoras de la superficie de rodamiento.
- Disminución de la necesidad de cambios de velocidades, de detenciones y de arranques.

La disminución de las tasas de accidentes, reduce el número de muertos o heridos, o el valor de los daños materiales por cada 10.000 *veh/km* recorridos, que pueden extraerse de las estadísticas correspondientes a cada tipo de camino, permite valorar en función de los *veh/km* previstos para la obra los beneficios que en este sentido reportará la mejora de las características del camino.

La valoración de los aumentos de la comodidad de la circulación solo puede realizarse en forma cualitativa ya que es muy difícil cuantificarlos.

Existe una interpretación generalmente aceptada según la cual el desarrollo económico de la zona de influencia provocado por la mejora del camino (y que puede valorarse por ejemplo mediante los incrementos de la producción de la zona) es un beneficio que debe utilizarse alternativamente a los anteriores. No se los puede sumar, ya que el desarrollo económico ocurrirá precisamente por el efecto de los ahorros de tiempo, de costo de operación, etc. La suma de los ahorros implica una disminución de los costos de transporte y puede poner en posición de competir en los mercados de consumo una mayor producción de esa zona, lo cual provocará el desarrollo, razón por la cual computar ambos beneficios simultáneamente equivaldría a una duplicación.

Los ahorros de mantenimiento serán analizados con más detalle en la realización del trabajo práctico.

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: **CAMINOS I**

Elementos de álgebra financiera

El capital se remunerara mediante intereses, que lo incrementan por el solo transcurso del tiempo.

Un capital de \$100, colocado al 25% de interés anual permite obtener una suma adicional de \$25 en el transcurso de un año

La formula de interés compuesto no permite determinar la suma que se acumulará al final de **n** periodos mediante un depósito inicial único **P**, que genera interés a la tasa **i** en cada uno de esos periodos.

$$S = P(1+i)^n = P \cdot k_1$$

Llamamos **k₁**, al futuro **(1+i)ⁿ** que aplicado al valor de **P** nos brinda el valor de **S**.

Por eso no es lo mismo disponer de un cierto capital dentro de un año que disponerlo hoy.

Un capital de \$100 que será entregado dentro de un año, equivale hoy a \$90,909, si rige en el mercado una tasa de interés de 10%, ya que si se contará hoy con esos \$90,909, se los pusiera a esa tasa de interés, en un año se hubieran transformado en \$100.

\$90,909 surge precisamente de dividir \$100 por **1+i** o 1,10

En efecto:

$\$90,909 = \frac{\$100}{1,10}$, colocado durante un año al 10% de interés producirá una suma

$$S = 90,909 \cdot (1+i) = 90,909 \cdot 1.10 = \$100$$

Para el caso de **n** periodos, recurrimos a la fórmula del valor actual.

$$P = \frac{S}{(1+i)^n} = S \cdot k_2 \quad \text{Donde:} \quad k_2 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{k_1}$$

Luego se despeja **P**, de la formula anterior:

$$S = P \cdot (1+i)^n$$

Un caso que interesa también, es el de tratar de determinar qué suma **S** se acumula haciendo depósitos uniformes de valor **R** al final de cada uno de una serie de **n** periodos que se capitalizan a la tasa de interés **i**.

$$S = R \frac{(1+i)^n - 1}{i} = R \cdot k_3$$

Esta fórmula se denomina de *ANUALIDADES CAPITALIZADAS*.

Siendo:

$$k_3 = \frac{(1+i)^n - 1}{i}; \quad \mathbf{k_3} \text{ es conocido como factor de capitalización de una serie uniforme.}$$

Se calcula el monto producido por cada depósito de valor **R**, colocado hasta el final del periodo.

Obtenida así una suma cuyos sumandos son términos de una progresión geométrica de razón **(1 + i)**.

El caso inverso consiste en determinar la suma uniforme **R** que debe depositarse al final de cada uno de una serie de **n** periodos para acumular un fondo que permita el pago de una deuda **S** a hacerse efectivo al final del periodo, capitalizando los depósitos a una tasa de interés **i**.

$$R = S \frac{i}{(1+i)^n - 1} = S \cdot K_4$$

“Fórmula de las anualidades de rescate” donde $K_4 = \frac{i}{(1+i)^n - 1} = 1/K_3$

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: **CAMINOS I**

Otro caso que se presenta es la determinación del valor actual **P** de una serie de pagos **R** iguales entre sí que se reciben al final de cada uno de una serie de **n** periodos, siendo estos pagos descontados a la tasa de interés **i**.

Valor Actual de una serie uniforme.

$$P = \frac{R \cdot (1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} = R \cdot K_5 \quad \text{Donde:} \quad K_5 = \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} = \frac{K_3}{K_1} = K_3 \cdot K_2$$

Vemos que la expresión de **P** se obtiene dividiendo por **(1+i)ⁿ** a la expresión que nos da **S** en función de **R** (anualidades capitalizadas)

Se entiende que así ocurra por cuanto, el monto parcial producido por cada cantidad **R** al final del periodo, equivale a un valor actual que se obtiene dividiendo monto parcial por **(1+i)ⁿ**.

El caso inverso ocurre cuando se trata de determinar el valor de una cantidad uniforme **R** depositada al final de cada uno de **n** periodos, que es equivalente a un capital **P**, de una tasa de interés **i** del que se dispone en la actualidad, formando amortización.

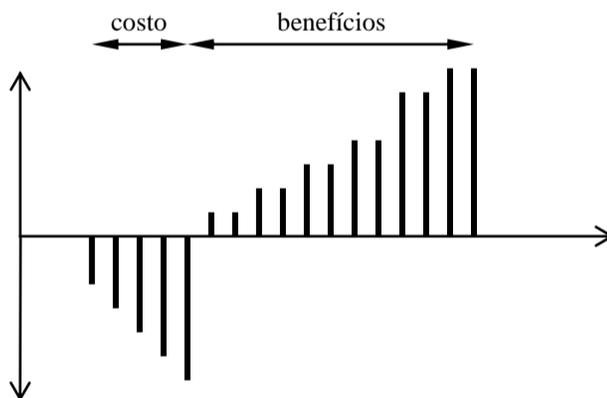
$$R = P \cdot \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = P \cdot K_6 \quad \text{Donde:} \quad K_6 = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \frac{1}{K_1} = \frac{K_1}{K_3}$$

El concepto de las series uniformes de cantidades **R**, es el de cantidades depositadas para saldar al cabo de los **n** periodos, en donde **P** contraída en la actualidad, considerando amortización e interés.

También puede pensarse como el de cantidades que se depositan para disponer al final de los periodos **n** de una suma **S** que permiten remplazar por uno nuevo, a un bien de capital de valor **P** adquiriendo en la actualidad, que para ese entonces estará totalmente depreciado y contar además con los intereses que el capital **P** hubiera producido en dicho periodo sino se lo hubiera amortizado.

Para el análisis económico conviene visualizar costos y beneficios de acuerdo a su ubicación en el tiempo mediante lo que se denomina perfil del proyecto.

EJE DE ANÁLISIS O DE ACTUALIZACIÓN



En general una obra permite diferenciar claramente los años del periodo de construcción y el periodo de análisis, a partir de la habilitación de la obra.

En el primero solo se tienen gastos y en el segundo se considera los beneficios por ahorro de costos de operación de vehículos, de tiempo de usuarios, también se deben tener en cuenta diferencias de costos de mantenimiento.

Como esos costos y beneficios ocurren en distintos momentos para hacerlos comparables es necesario tener en cuenta el factor interés, llevarlo a un mismo punto en el tiempo.

Este puede ser el año de comienzo de la obra, el año de habilitación, el año de finalización del periodo de análisis, o cualquier otro que se seleccione arbitrariamente.

Si se trata de cuotas distintas en cada uno del periodo hay que recurrir a los coeficientes **K₁** y **K₂** según que el año de actualización es posterior o anterior, respectivamente al año en que se produce el beneficio o costo que se considera.

Si se trata de cuotas iguales se utilizan los coeficientes **K₃** y **K₅**.

COSTO DE TRANSPORTE

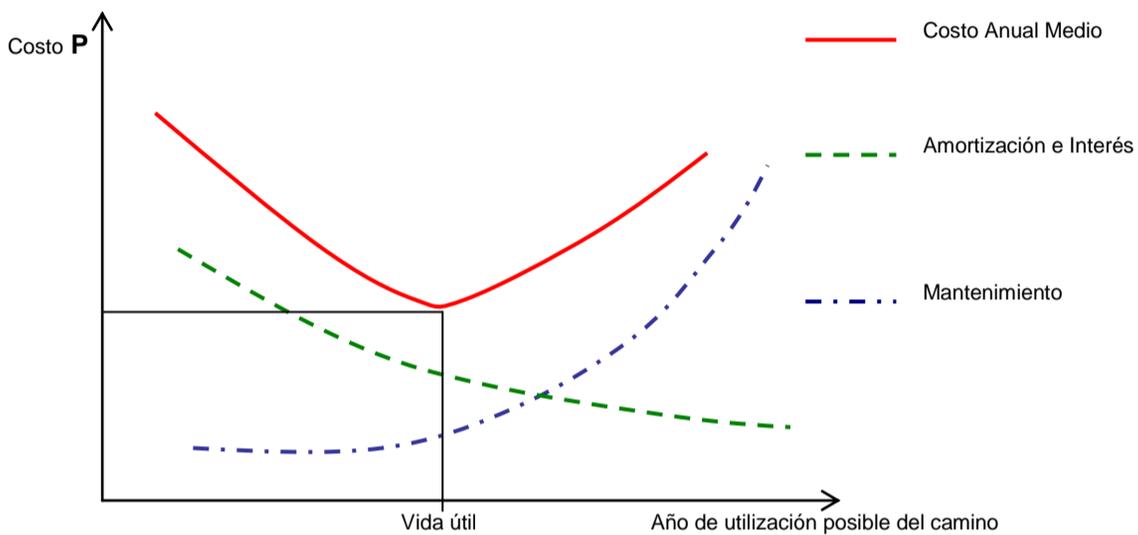
Cátedra: **CAMINOS I**

Concepto de Vida útil

Se entiende por vida útil de un camino, al plazo de utilización para el cual el costo anual medio del camino se hace mínimo.

Se puede utilizar el mismo concepto para determinar la vida útil de cada componente por separado.

Dado que el costo anual medio se obtiene de la suma de los costos anuales medios de capital (amortización e interés), que disminuye a medida que las inversiones iniciales se distribuyen en un número mayor de años más los costos anuales medios de mantenimiento, que aumentan cuanto mayor sea el periodo en que se utilice el camino, existirá una vida (periodo de utilización), para el cual los costos totales medios se hagan mínimos. Se trata precisamente de la vida útil.



VIDA ÚTIL A CONSIDERAR:

Puente y obra básica: Puede considerarse que duran tanto como el camino, cuya vida puede aceptarse entre 30 y 40 años.

Los pavimentos en cambio deben renovarse alrededor de la mitad de la vida útil del camino.

Periodo de análisis: Par el estudio de evaluación de caminos, se toma en general de 20 años.

Se limita porque como es necesario proyectar el tránsito hacia el futuro, tomar periodos mas extremos podría conducir a errores considerables.

Al finalizar el periodo de análisis habrá componentes que ya han sido renovados, por tener una vida útil menor, y otro que aun no han alcanzado la vida útil.

En todos los casos en que corresponda, se debe tener en cuenta el valor residual V_R , como un costo de signo negativo.

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: CAMINOS I

Índices de Evaluación

A. COSTO ANUAL DEL TRANSPORTE:

El método más antiguo de evaluación consiste en la comparación de los costos anuales de transporte de dos o más proyectos alternativos.

El más conveniente es aquel para el cual el costo anual del transporte es menor.

Como en general existe previamente alguna forma de vinculación (*por ejemplo: un camino existente de categoría inferior.*), la no ejecución de ningún proyecto alternativo y la continuación de utilización del camino existente debe considerarse entre las alternativas. En general se las toma como alternativas de referencia.

Para el Transporte en general:

$$C_{A.TRANSPORTE} = C_{A.MEDIO} + C_{A.ESTACION} + C_{A.USUARIO} + C_{A.EXTERNALIDADES}$$

Para el Transporte vial carretero en particular:

$$CAT = CAC + CAV$$

CAT = Costo Anual Transporte

CAC = Costo Anual Camino (*MEDIO*)

CAV = Costo Anual Operación Vehículo (*USUARIO*)

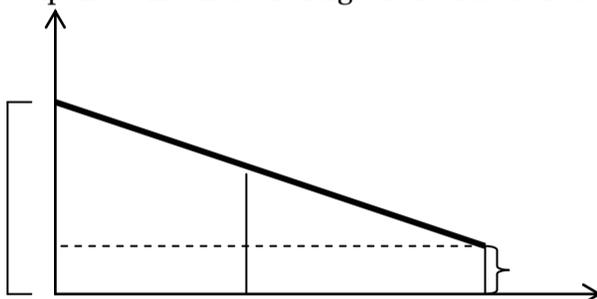
Costo Anual de Camino: método aproximado.

Se considera Amortización e Interés por separado.

La Amortización se supone constante a lo largo de la vida de la obra si el valor inicial es V_0 y al término de la vida de la obra tiene un valor residual V_R , la diferencia entre ambos valores se amortiza en n cuotas iguales, si n es el número de años de vida.

$$A = \frac{V_0 - V_R}{n}$$

El Interés se calcula sobre el valor medio de la obra (*suponiendo una variación lineal de V*) y también se la supone constante a lo largo de la vida de la obra.



$$I_m = V_m \cdot i$$

Siendo i la tasa de interés.

$$V_m = \frac{V_0 + V_R}{2} = \frac{V_0 - V_R}{2} + V_R$$

$$I = \frac{V_0 + V_R}{2} \cdot i \quad \text{o} \quad I = \left[\frac{V_0 - V_R}{2} + V_R \right] \cdot i$$

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: **CAMINOS I**

Mantenimiento:

Se toma
$$M = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_i}{n}$$

Es decir **M** es el valor medio de los mantenimientos durante la vida de la obra.

$$C_A = \frac{V_0 - V_R}{n} + \left[\frac{V_0 - V_R}{2} + V_R \right] \cdot i + \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_i}{n}$$

$$C_A = A + I + M$$

Si corresponde, se deberá considerar también los costos medios de administración y explotación durante la vida útil de la obra.

Costo Anual de Camino: método exacto.

En general para el cálculo del costo anual, se actualiza cada costo a considerar, al año inicial al periodo de análisis, y luego se calcula la anualidad equivalente mediante el coeficiente **K₆**, o bien se calcula la suma que cada costo produce, capitalizándolo hasta el final del periodo, luego se calcula la anualidad equivalente mediante el coeficiente **K₄**.

Estos procedimientos de cálculo consignados constituyen, al mismo tiempo, una definición del costo anual.

$$C_{AC} = C_{AZ} + C_{AO} + C_{APav} + C_{APu} + C_{AMa}$$

CAC = Costo Anual Camino

CAZ = Costo Zona de camino

CAO = Costo Anual Obra básica.

CAPav = Costo Anual Pavimento

CAPu = Costo Anual de puentes

CAMa = Costo Anual de Mantenimiento.

$$C_{AMa} = K_6^{i,n} \left(\sum_{x=1}^{x=n} M_x \cdot K_2^{i,x} \right)$$

Siendo **M_x**, el costo de mantenimiento en un año **x** del periodo de análisis.

En general, el costo de mantenimiento, para un camino determinado se toma como una fracción lineal del tránsito medio diario anual.

$$M_x = (A + B) \cdot TMDA_x$$

Siendo **A** y **B**, Constantes a determinar por procedimientos estadísticos, o por cálculo de carácter empírico.

Cada uno de los cuatro primeros sumandos del **CAC**, constituyen el costo anual de construcción de la infraestructura, y pueden expresarse por la fórmula general.

$$CA_j = C_j \cdot K_6^{i,n} - R_j \cdot K_4^{i,n}$$

Donde:

CA_j = Costo Anual del elemento **j**.

C_j = Costo inicial del elemento **j**.

R_j = Valor residual del elemento **j** al final del periodo de análisis.

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: **CAMINOS I**

Zona de camino:

$$C_{AZ} = Z_0 \cdot K_6^{i,n} - Z_R \cdot K_4^{i,n} \quad \text{Si} \quad Z_0 = Z_R \therefore C_{AT} = Z_0 \cdot (K_6^{i,n} - K_4^{i,n}) = Z_0 \cdot i$$

Obra básica:

$$C_{AO} = O_0 \cdot K_6^{i,n} - O_R \cdot K_4^{i,n}$$

Pavimento:

$$C_{APav} = Pa_o \cdot K_6^{i,n} - Pa_R \cdot K_4^{i,n}$$

Si el valor residual del pavimento **Pa_R** es nulo $C_{APav} = Pa_o \cdot K_6^{i,n}$

TOMA DE DESCUENTO O ACTUALIZACIÓN UTILIZADA EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS:

Ya se hablo anteriormente de la necesidad de actualizar valores de costo y beneficio, a un instante determinado (el mismo para todos los costos, beneficios), con el objeto de homogeneizar, y hacer comparable sumas de dinero que se producen en distintos periodos.

Una cuestión de fundamental importancia, tanto práctica como conceptual es la de la tasa de interés a utilizar en el precio de actualización. (Si se trata de la determinación del costo anual, interesa la tasa de interés utilizada en el proceso de cálculo)

Podemos decir que dicha tasa de interés debe reflejar el costo social del dinero.

Se la podría interpretar en tal caso como aquella tasa que tiende a equilibrar la disponibilidad de ahorro de la sociedad con la posibilidad de inversión que se le ofrece.

Si la tasa utilizada es más baja que la que corresponde, las inversiones que resultarán factibles superarán a la disponibilidad del país. Si la tasa utilizada es más alta que la que corresponde, aparecerá como inconveniente, inversiones para las cuales existirá disponibilidad de capital.

También se dice que debe coincidir con el costo de oportunidad del capital.

El concepto de costo de oportunidad de capital es el que tratan los proyectos más rentables y las rentabilidades de la última inversión (inversión marginal), que se puede realizar con el capital disponible, en una escala decreciente de rentabilidades, define la tasa de interés en el mercado.

Para los últimos estudios se ha estado tomando una tasa de descuento del 10%.

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: **CAMINOS I**

B. INDICE DE EVALUACIÓN V.N.A. Y RELACION B/C:

En una evaluación siempre hay que tomar una situación de referencia, puede ser la continuidad de la situación actual o la situación que corresponde a la ejecución de uno de los proyectos alternativos que se analizan. La denominaremos alternativa básica.

Como beneficios se consideran:

- a) Ahorro de operación de vehículos (del proyecto alternativo considerado con respecto a la alternativa básica).
- b) Ahorro de costo de tiempo de usuario (siempre del proyecto alternativo considerado con respecto a la alternativa básica).

En el desarrollo del trabajo práctico se verá que los beneficios en cada año son directamente proporcionales al **T.M.D.A.** de ese año.

Como costos se consideran:

- a) Costos de construcción de la infraestructura (En cuanto a los costos de mantenimiento de la infraestructura su consideración haría necesario un análisis adicional.)

Costos de construcción de la infraestructura, siempre como diferencia entre los costos correspondientes al proyecto alternativo analizado y los costos correspondientes a la alternativa básica.

Si la alternativa básica corresponde a la continuación de la situación actual, los costos de construcción de infraestructura, para la misma, durante el periodo de construcción generalmente son nulos.

Se debe considerar el costo de honorarios a afectar dentro del periodo de análisis

Si los proyectos evaluados corresponden a la construcción de un puente y la alternativa básica corresponde al cruce actual con balsa, hay que tener en cuenta los costos de operación. Existen en este caso importantes costos negativos como resultado de la supresión del servicio de balsas.

Con respecto a los costos de mantenimiento diremos que en un año del periodo en que los costos de la alternativa evaluada no son mayores que las de la alternativa básica, la diferencia entre ambas se debe computar como un costo positivo o como un beneficio negativo.

Finalmente se debe considerar los valores residuales, hacia el fin del periodo de análisis como costos negativos.

En el caso opuesto, la diferencia se debe computar como un beneficio positivo o como un costo negativo.

Luego veremos que los criterios alternativos de tomar a los costos de mantenimiento como beneficio o como costos (con el signo que corresponda), no altera los resultados en cuanto a rentabilidad de un proyecto, pero puede provocar variaciones numéricas en los índices.

Calculado los costos y beneficios para cada año del periodo de análisis, también los costos correspondientes al periodo de construcción y actualización al año seleccionado, podemos definir el:

Valor Neto Actualizado V.N.A. :

Diferencia entre el total del beneficio actualizado **B**. y el total del costo actualizado **C**.

$$V.N.A. = \bar{B} - \bar{C}$$

Relación Beneficio Costo R.B.C. :

Cociente entre el total de beneficios actualizados y total de costos actualizado.

$$R.B.C. = \frac{\bar{B}}{\bar{C}}$$

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: **CAMINOS I**

Si la alternativa básica corresponde a la continuación de la situación actual, los índices son índices absolutos del proyecto analizado **i**.

$$V.NA .i = \bar{B}_i - \bar{C}_i \quad ; \quad R.B.C.i = \frac{\bar{B}_i}{\bar{C}_i}$$

Si la alternativa básica corresponde a la situación de ejecución de un proyecto alternativo, entonces los índices serán índices relativos del proyecto **i** con respecto al proyecto **j**.

$$V.NA .ij = \bar{B}_{ij} - \bar{C}_{ij}$$

Para que un proyecto **i** sea rentable debe cumplirse.

$$V.NA .i > 0 \quad ; \quad R.B.C.i > 1$$

Si $V.NA .ij > 0$; $R.B.C.ij > 1$ la alternativa correspondiente al proyecto **i** es más conveniente que la correspondiente al proyecto **j**.

La existencia de criterios alternativas de incluir a las diferencias de cotos de mantenimiento dentro de los costos (con el signo que corresponde a cada caso), no produce modificaciones algunas en el valor numérico del **V.N.A.** ; pero si en el valor numérico de la **R.B.C.**, no obstante no altera los resultados de la evaluación que nunca produce variaciones de valores menores que 1 a valores menores que 1 y viceversa.

Puede comprobarse haciendo ejemplos numéricos sencillos.

Cabe señalar en este punto que el cambio en la elección del año de actualización puede alterar numéricamente el índice **V.N.A.**, pero nunca como para hacerlo pasar de un valor positivo a uno negativo o viceversa.

No produce en cambio alteraciones en el **R.B.C.**

COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: CAMINOS I

C. TASA INTERNA DE RETORNO:

Si se modifica la tasa de descuento (tasa de interés utilizada en el momento de la actualización) se modifica el **V.N.A.** y la **R.B.C.**

El aumento de la tasa de descuento produce una disminución de los índices **V.N.A.** y **R.B.C.**

En efecto, supongamos que el eje de actualización este más a la izquierda que cada uno de los costos y beneficios a considerar. Un aumento de la tasa **i** produce una disminución de los beneficios actualizados y de los costos actualizados por la disminución del coeficiente **K₂**.

$$k_2 = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Luego disminuye tanto **B** como **C**.

Pero dicha disminución afecta en mayor grado a los beneficios que a los costos por su ubicación en el perfil económico del proyecto.

Finalmente, la mayor disminución de **B**, con respecto a la de **C**, produce una disminución de **V.N.A.** = $\bar{B} - \bar{C}$ y también de **R.B.C.** = $\frac{\bar{B}}{\bar{C}}$.

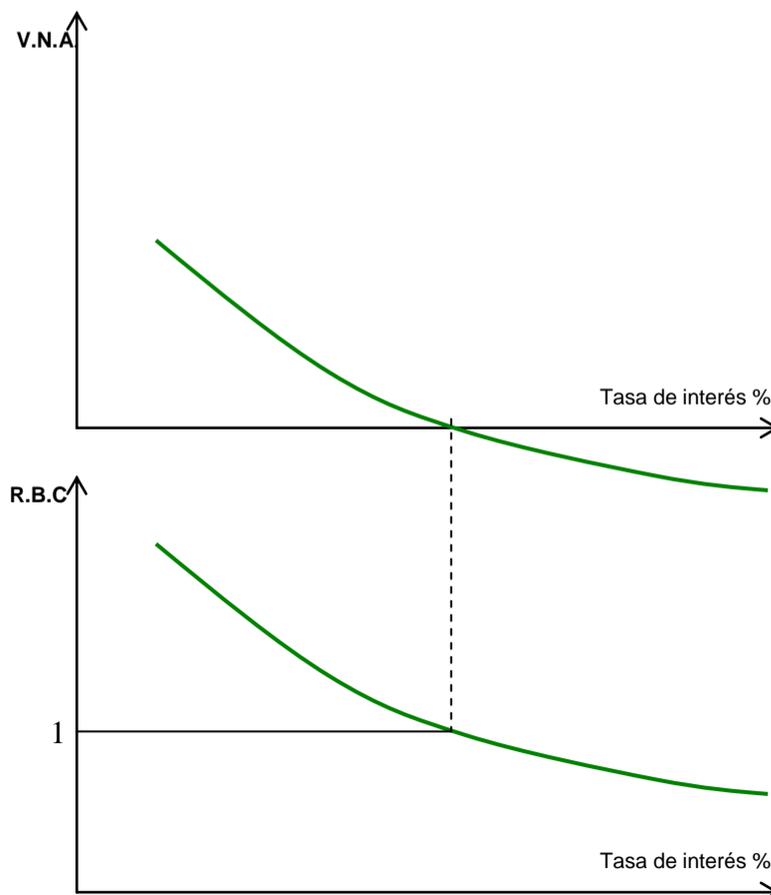
Esto significa que si recalculamos el **V.N.A.** y **R.B.C.** con tasas de descuento crecientes obtenemos valores de dicho índice cada vez menor.

Habrà una tasa de descuento que haga el **V.N.A.** serà igual a **0** o sea que $\bar{B} = \bar{C}$, y por consiguiente para dicha tasa de descuento la **R.B.C.** serà igual a **1**. **Esto es precisamente la tasa interna de retorno.**

Para la determinación de la **T.I.R.** se calcula distintos valores de **V.N.A.** correspondientes a distintas tasas de descuento, hasta determinar las curvas que representan al **V.N.A.** en función de la tasa de descuento.

La abscisa del punto en que dicha curva corta al eje de las tasas, es el **T.I.R.**

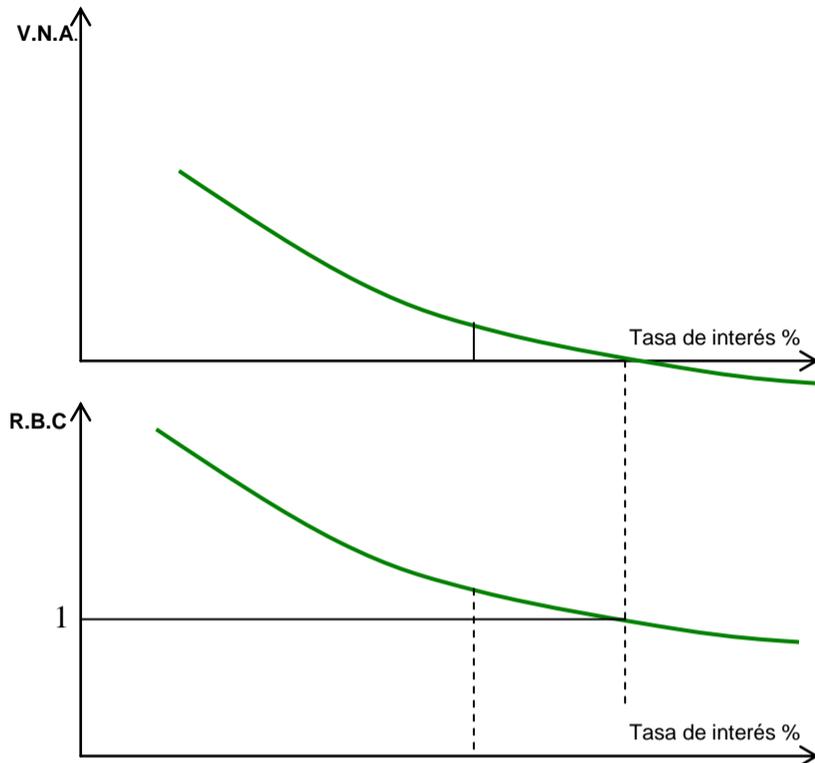
En el T.P. determinaremos los puntos y supondremos que la curva es una recta. Esto se hace como simplificación para evitar cálculos muy extensos, pero en la práctica debe determinarse por lo menos 4 o 5 puntos, pues la hipótesis de variación lineal de **V.N.A.** puede conducir a errores importantes en el cálculo de la **T.I.R.**



COSTO DE TRANSPORTE

Cátedra: CAMINOS I

Si la tasa interna de retorno es mayor que la tasa que representa al costo de oportunidad del capital, el proyecto será rentable, para la tasa de descuento igual al costo de oportunidad del capital el V.N.A. será positivo y el R.B.C. mayor que uno.



También podemos decir que si la tasa interna de retorno es superior a la tasa vigente en el mercado de capitales, eso significa que los beneficios que la obra reeditarán, serán superiores a los que se obtendrían como beneficio del capital puesto a interés.