

**Ministerio de Planificación y Cooperación
División de Planificación, Estudios e Inversiones**

Metodología Proyectos de Reemplazo de Equipos

Introducción.....	3
1 Teoría sobre la cual se basa la metodología.....	4
1.1 Indicadores de rentabilidad	4
a) Criterio de decisión	4
b) Costo marginal de operación	4
c) Costo anual equivalente (C.A.E.).....	5
d) Análisis después de Impuestos.....	6
e) Cálculo de VAN y TIR	7
2 Preparación de proyectos	8
2.1 Análisis de antecedentes.....	8
2.2 Diagnóstico situación actual.....	8
2.3 Optimización de la situación actual	8
2.4 Alternativas de solución	9
3 Evaluación del proyecto.....	10
3.1 Estimación de beneficios.....	10
3.2 Estimaciones de costos.....	11
a) Costos privados	11
b) Costos sociales.....	13
3.3 Cálculo de indicadores	13
a) Valor actual neto	13
3.4 Beneficios y costos no medidos	15
3.5 Conclusiones y recomendaciones.....	15
3.6 Elementos condicionantes del proyecto	15
4 Financiamiento	16
5 Presentación del documento.....	16

Introducción

La metodología que se presenta a continuación pretende entregar al evaluador de proyectos algunas herramientas prácticas, que le faciliten la labor de selección entre las diferentes alternativas que ofrece el mercado para reemplazar aquellos equipos que se estima han llegado al término de su vida útil económica, de tal forma que posteriormente pueda ser demostrada la rentabilidad de su reemplazo por otro equipo que, ofreciendo los mismos niveles de servicio al usuario, presente menores costos.

En esta oportunidad no se analiza el caso de aquellos proyectos de reemplazo de equipos en que, producto de mejoras tecnológicas y de eficiencia, se espera que el equipo nuevo permita aumentar la capacidad y mejorar el servicio para el usuario.

1 Teoría sobre la cual se basa la metodología

En términos generales, los proyectos a los cuales va dirigida esta metodología son aquellos que se generan cuando el evaluador se enfrenta a la decisión de reemplazar un equipo actualmente en funcionamiento por uno nuevo que cumple el mismo servicio. Su aplicación supone que el nivel de servicios y por consiguiente el beneficio que se obtiene con la máquina nueva será idéntico al que se obtenía con la máquina antigua, y que lo que varía son los costos involucrados en mantener y operar cada máquina. Por ello interesa establecer dos aspectos:

- Para el nuevo equipo, conocer cual es su vida económica, o lo que es equivalente, cual es el momento óptimo de reemplazarlo a su vez por otro nuevo de iguales características.
- Si conviene reemplazar la maquinaria o equipo ahora, (saber si ya completó su vida útil económica) o postergar la decisión (determinar el momento óptimo de reemplazarlo).

1.1 Indicadores de rentabilidad

a) Criterio de decisión

El criterio de decisión aplicable en los casos detallados precedentemente es el del valor actual neto VAN, siendo conveniente la alternativa de mayor VAN positivo. Alternativamente y con las simplificaciones del caso, se recomiendan los criterios que se exponen a continuación:

- El criterio para decidir el reemplazo de un equipo por otro nuevo estará dado al comparar el costo anual equivalente, CAE, del equipo nuevo con el costo marginal de seguir operando el equipo viejo por un período adicional. Si este último costo es superior al primero de los mencionados, convendrá efectuar el reemplazo. En caso contrario, la decisión será continuar con la operación del equipo antiguo y posponer el reemplazo hasta un período en que la situación se revierta. Demás está decir que si ambos costos son iguales, el evaluador de proyectos se encontrará frente a una situación de indiferencia al reemplazo.
- Para conocer la vida útil económica del equipo nuevo, se compara el CAE de reemplazar el equipo todos los años; cada dos años; cada tres años y así sucesivamente. Aquel período que determine el CAE mínimo, corresponderá al que fija la vida del equipo y también el momento óptimo de reemplazarlo.

b) Costo marginal de operación

Como se mencionó anteriormente, consiste en aquel costo relevante para continuar operando un equipo durante un período adicional de tiempo. Esto es posible expresar de la siguiente manera:

$$C.M. = \frac{C_1}{(1+i)} + VR_0 - \frac{VR_1}{(1+i)^n} \quad (1)$$

donde:

C.M. : Costo marginal de operación

C_1 : Costo directo e indirecto asociado a la operación del equipo durante un período adicional.

VR_0 : Valor residual del equipo en el momento cero. Representa un costo marginal no percibido en caso de continuar operando el equipo.

VR_1 : Valor residual del equipo al final del período adicional.

i : Tasa de descuento relevante para la Empresa o Servicio.

Los valores residuales (VR) mencionados anteriormente, corresponden a aquellos valores en que es posible liquidar en el mercado, tanto hoy como en un período de tiempo adicional, el equipo que se pretende reemplazar. Al respecto es importante destacar que, normalmente, producto del uso del equipo viejo por otro período, éste presentará un deterioro adicional actual, el que se verá reflejado en una disminución del precio en el mercado en términos reales.

Sucede también que, producto del grado de deterioro o antigüedad de un equipo, a veces su precio real no varía de período en período, e incluso en ocasiones éste es nulo o asimilable al de la chatarra. Por otro lado, los costos (C_1) relevantes a considerar con aquellos que, producto de la experiencia o estimaciones de posibles mantenciones y otros, es esperable incurrir para mantener en servicio el equipo por un período más.

Si bien es cierto que los costos pertinentes deben ser determinados en cada caso en particular, cabe señalar que además de los costos tradicionalmente conocidos, como mano de obra, combustibles, energía eléctrica, mantención, reparación, supervisión y otros, deben considerarse los seguros, patentes municipales, permisos de circulación, y las mantenciones mayores que conduzcan a mantener un nivel de servicio similar al del equipo nuevo.

c) Costo anual equivalente (C.A.E.)

La expresión matemática que permite anualizar los costos totales de tener y mantener un equipo está dada por:

$$CAE = \left[I_0 - \frac{VR_n}{(1+i)^n} + \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \right] \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} \quad (2)$$

donde:

CAE : Costo Anual Equivalente

i : Tasa de descuento pertinente para la Empresa o Servicio

n : Número de períodos considerados

C_j : Costo directo e indirecto asociado a la operación del equipo en el año j

VR_n : Valor residual del equipo en el año n

I_0 : Valor de la inversión del equipo en el año 0.

Esta expresión que conduce a idénticos resultados que el criterio VAN, tiene por objeto anualizar dos términos de comportamiento antagónico: por un lado, los costos totales de operación, que crecen a medida que transcurre el tiempo; y por otro, la inversión neta del equipo, que tiende a disminuir al considerar más años en su anualización. Ello ocurre suponiendo un sistema de depreciación lineal para los equipos.

Así, al conjugar ambos términos se suele encontrar un punto en que el costo anual equivalente tiene un mínimo.

El número de años para el cual el costo anual equivalente es mínimo representa la vida económica del equipo que se está analizando.

Como ya se mencionó al destacar el criterio de decisión de reemplazo de equipos, lo relevante para el análisis es el cálculo del Costo Anual Equivalente Mínimo del equipo o los equipos nuevos que están compitiendo entre sí para reemplazar a uno viejo.

Así las cosas, se tendrá que aquel equipo nuevo que posea un CAE mínimo, comparado con el del resto de los equipos nuevos que están compitiendo, podrá ser comparado con la continuación de las operaciones del equipo viejo (costo marginal del equipo viejo).

Esto se advierte con mayor facilidad en el gráfico que se muestra a continuación.

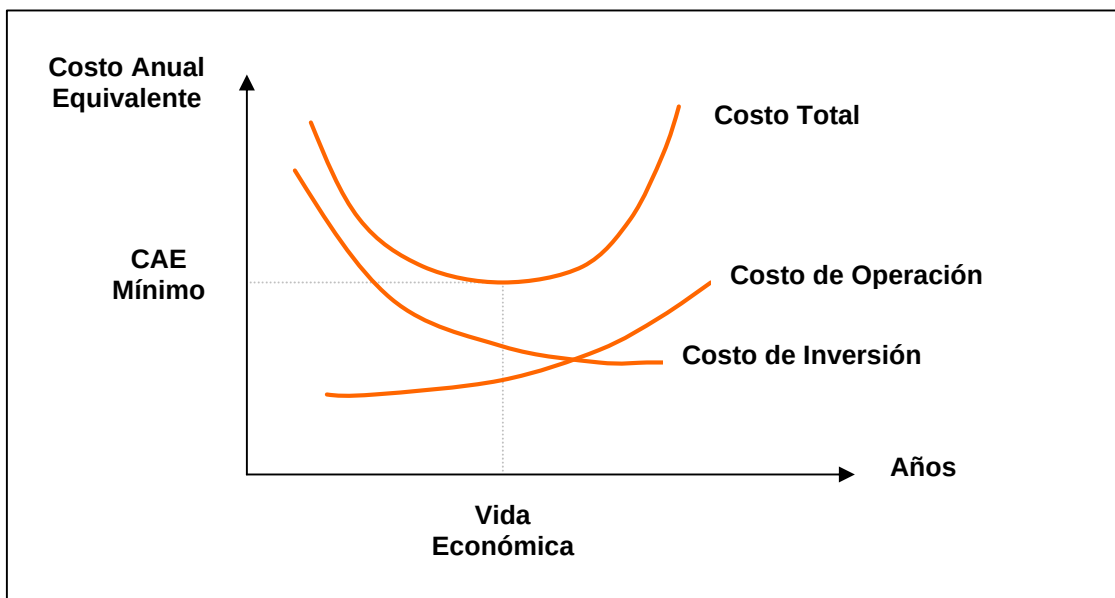


Gráfico 1: Costo de reemplazar equipos

d) Análisis después de Impuestos

El hecho que la entidad que pretende efectuar el reemplazo de un equipo esté afecta a alguna tasa de impuesto que grave las utilidades que ella genera (Empresas), introduce una distorsión en la toma de decisiones con respecto al momento óptimo para reemplazar un equipo. Esto se debe a

que los costos marginales de cualquier empresa que genera utilidades son absorbidos en parte por ella y en parte por quien recibe los impuestos.

Al existir los impuestos mencionados las expresiones de Costo Marginal de Operación y Costo Anual Equivalente, se modifican según se indica a continuación:

$$C.M. = \frac{C_1(1-t) - D_1t}{(1+i)} + VR_0 - t(VR - VL_0) - \frac{VR_1 - t(VR_1 - VL_1)}{(1+i)^n} \quad (3)$$

donde:

D_1 : Depreciación del equipo asociada al año 1
 VL_0 : Valor libro del equipo en el año 0
 VL_1 : Valor libro del equipo en el año 1
 t : Tasa de impuesto.

$$CAE = \left[I_0 - \frac{VR_n - t(VR_n - VL_n)}{(1+i)^n} + \sum_{j=1}^n \frac{C_j(1-t) - D_jt}{(1+i)^n} \right] \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} \quad (4)$$

donde:

D_j Depreciación del equipo asociada al año j.
 VL_n Valor libro del equipo en el año n
 t Tasa de impuesto.

Con respecto a la expresión de Costo Marginal de Operación, es importante destacar que la depreciación (D_1) corresponde a aquella que la empresa imputará para el cálculo de impuestos en el período. Por lo tanto, si el equipo ya se encuentra totalmente depreciado, este valor será nulo y por consiguiente su valor libro también lo será, ya que este último corresponderá a la inversión inicial realizada para adquirir el equipo menos la depreciación acumulada del mismo.

En la expresión de Costo Anual Equivalente, fuera de ser válidas las observaciones hechas anteriormente, hay que tener presente que las depreciaciones del equipo nuevo (D_j) corresponden a las realmente imputables, o sea que, independientemente de la vida económica de dicho equipo, las depreciaciones anuales serán siempre las mismas y por un período fijo.

e) Cálculo de VAN y TIR

Una vez demostrado que el momento óptimo de reemplazar un equipo es hoy y no mañana, a través del método sugerido, es importante calcular los indicadores de VAN y TIR con el fin de hacer comparables este tipo de proyectos con otros de similares características.

2 Preparación de proyectos

2.1 Análisis de antecedentes

Se presentarán datos referentes a la institución que presenta el proyecto y al equipo en cuestión.

De la institución debe proporcionarse antecedentes generales respecto de su actividad, servicio que presta, tamaño, ubicación geográfica y disponibilidad de recintos adecuados para el equipo.

En relación al equipo, objeto del proyecto, debe indicarse:

- Tipo de equipo y producto que proporciona.
- Descripción del equipo existente marca, año de adquisición y calidad de producción del bien o servicio.
- Descripción del equipo que se pretende adquirir y calidad de su producción.
- Indicar los niveles de producción o prestación de servicios de los últimos años.
- Indicar los niveles de producción o prestación de servicios solicitados a terceros.

2.2 Diagnóstico situación actual

En el planteamiento y análisis del problema, corresponde definir la necesidad que se pretende satisfacer o se trata de resolver, establecer su magnitud y señalar las deficiencias detectadas. Es necesario indicar los criterios que han permitido detectar la existencia del problema, verificando la confiabilidad y pertinencia de la información utilizada.

Si el problema está relacionado con el funcionamiento actual de un equipo la presentación del proyecto deberá respaldarse con informes técnicos referidos a las causas del funcionamiento deficiente.

2.3 Optimización de la situación actual

La determinación de la situación actual optimizada es clave para determinar los beneficios pertinentes al reemplazo de un equipo específico. Ello con el objeto de no atribuir al proyecto beneficios que se podrían obtener incurriendo en menores costos.

Es posible que con medidas administrativas o de racionalización del servicio, se logre una situación mejor que la actual. En el caso de proyectos de reemplazo, puede mejorar el rendimiento del equipo existente perfeccionando al personal a cargo de su operación.

2.4 Alternativas de solución

Para el caso de proyectos de reemplazo, las alternativas de solución son:

- Mantención del equipo existente.
- Reemplazo del equipo por uno nuevo.
- También, puede considerarse como alternativa adicional la contratación de servicios a terceros.

3 Evaluación del proyecto

Corresponde en esta etapa definir todos los beneficios y costos atribuibles al proyecto. Estos pueden ser directos o indirectos. La evaluación privada sólo considera los beneficios y costos que afectan directamente a los “dueños” del proyecto, en tanto la evaluación social introduce correcciones a dichos valores privados y agrega los costos y beneficios que genera el proyecto y que afectan los mercados de bienes o servicios no considerados en la determinación de los valores privados.

Además, los proyectos pueden generar beneficios y costos difíciles de medir, e incluso difíciles de identificar tales como contaminación, calidad de trabajo, etc.

En todo caso, los beneficios y costos por considerar en el análisis son incrementales, en otras palabras, sólo importa identificar los costos y beneficios adicionales que proporciona el proyecto en relación a la situación sin proyecto.

En ese sentido, la evaluación del reemplazo de equipos que mantienen un determinado nivel de servicio o producción no requiere determinar los beneficios de la situación con y sin proyecto ya que en la comparación se anularían.

En ese caso, los beneficios están dados exclusivamente por las diferencias de costos de operación y mantención de ambas situaciones.

Previo a determinar si se reemplaza un equipo, se debe determinar la alternativa de mínimo CAE. Seleccionada la alternativa más conveniente, se compara el CAE con los costos marginales de seguir operando el equipo antiguo; si el CAE es menor se reemplaza, de lo contrario conviene postergar.

Si la decisión es reemplazar se debe calcular el VAN del proyecto.

3.1 Estimación de beneficios

Los beneficios deben estimarse para la alternativa de mínimo costo anual equivalente y compararlos con los beneficios de la situación base optimizada.

Los principales beneficios asociados a estos proyectos corresponden a ahorros de costos de operación y mantención; sin embargo, por constituir un costo, su análisis se realiza en la estimación de costos.

Los beneficios atribuibles a la producción de bienes o servicios pueden determinarse en base al valor asignado a cada unidad multiplicados por la cantidad de unidades entregadas o producidas.

Si se diera el caso, que la alternativa elegida presentara realmente beneficios adicionales a los considerados relevantes para tomar la decisión de reemplazar o no, como por ejemplo, mejorar la

calidad del producto o del servicio entregado, disminución de la contaminación, aumento en la seguridad de trabajo, etc., en el cálculo del VAN deben considerarse.

Por otra parte, al final de la vida del proyecto debe considerarse el valor residual del equipo (que dependerá de los años de funcionamiento que aún le quedan al equipo); se puede tomar como valor residual el probable valor de venta que tendría el equipo a esa fecha, o el valor de sus elementos que pueden usarse como repuestos al integrar otros procesos.

En la evaluación privada los valores antes indicados no deben incluir el impuesto IVA. Para la evaluación social los valores privados deben corregirse por los factores de ajuste de la divisa y mano de obra, eliminando previamente todo impuesto o subsidio.

3.2 Estimaciones de costos

a) Costos privados

Los costos que deben considerarse corresponden a los desembolsos que requeriría la alternativa seleccionada en relación a la situación base optimizada y que presenten variaciones en el tiempo.

Los costos pueden ser ocasionados por la adquisición de bienes y servicios, por la utilización de mano de obra y por el pago de impuestos a las utilidades. En el caso de bienes y servicios, su valor debe excluir el impuesto al valor agregado (IVA), e incluir los aranceles de importación, además de todas las erogaciones necesarias para tenerlos disponibles en la institución o Empresa.

En el caso de personal, el costo se mide por las remuneraciones que deben pagarse. Ellas deben incluir todos los conceptos que signifiquen una erogación para la institución (lo que se le paga al empleado, los aportes patronales, etc.).

i) Costos de inversión

En la situación sin proyecto se incluye el costo que requiere la mantención del equipo existente para seguir operando. La base para la estimación de la inversión serán las cotizaciones obtenidas de una o más empresas. Este desembolso se efectúa en el momento inicial del proyecto (llamado momento cero), aunque puede suceder que no sea necesaria una mantención mayor.

Es importante conocer la vida útil de la mantención mayor, es decir, dentro de cuántos años, a partir del año cero, habría que hacer otra mantención importante. Si es necesario dentro del horizonte considerado como vida del proyecto, en el año que corresponda, habrá que prever la inversión correspondiente a la nueva mantención mayor.

En la situación con proyecto, se incluye la inversión total de compra del equipo nuevo hasta su puesta en funcionamiento, incluyendo también las modificaciones y/o adaptaciones en el edificio.

También corresponde asignar ese gasto al momento cero, si la inversión durará más de un año se asignará a cada año la erogación que le corresponda.

La duración del proyecto a partir del inicio de la operación coincidirá con los años de vida normal del equipo nuevo.

ii) Costos de operación

Se estimarán los costos de operación en que incurrirá la institución debido a la producción de bienes o prestación de servicios, para la situación base optimizada y para la alternativa seleccionada.

El costo total de operación será igual a los costos fijos, que no dependen de los niveles de producción, más el costo unitario variable multiplicado por el nivel de producción o prestación de servicios.

Para obtener el costo unitario variable, por producto o prestación de servicio, se deben determinar los costos totales variables incurridos en un determinado período, en el tipo de producto o servicio que se está estudiando y se dividirá luego por el nivel de producto o servicio de ese mismo período.

El costo fijo se estimará como un promedio de esos gastos en una época de funcionamiento normal del equipo.

Para el equipo nuevo se puede obtener el costo promedio de un equipo similar (en tamaño y características) al que se pretende adquirir.

Deben incluirse en este análisis los costos correspondientes a la adquisición de:

- Insumos, materiales necesarios para la producción o prestación del servicio.
- Remuneración del personal (puede incluir a profesionales, ayudantes, secretarias, etc.).
- Gastos generales, fijos y variables.
- Útiles, etc.

iii) Costos de mantención

Para la situación base optimizada y la alternativa seleccionada deberá estimarse los costos de mantención.

Es una información que suelen proporcionar las empresas que reparan o venden los equipos. Puede aparecer como un porcentaje del valor inicial del equipo y generalmente los gastos de mantención crecen a medida que el equipo se hace más antiguo.

b) Costos sociales

A partir de los datos de costos privados se estiman los costos sociales, correspondientes a las alternativas de solución y la situación considerada como base. Para ello, se deben realizar correcciones a los costos de acuerdo con las instrucciones sobre precios sociales dadas por MIDEPLAN cada año.

Bienes materiales y servicios: (reparación, equipos nuevos, insumos materiales para operación, combustibles, etc.) se dividirán en bienes que son transables internacionalmente y los que no lo son.

Bienes transables: en primer lugar, se debe descontar el IVA y el arancel de importación. Así, si el IVA es 18%, y el arancel 15%, el valor del bien se debe dividir por $(1,18 \times 1,15)$ para llegar al valor sin IVA y sin arancel. Luego, el valor así obtenido debe multiplicarse por el factor de corrección dado por MIDEPLAN para el valor social de la divisa. De esta forma se obtiene el valor social del bien transable.

Bienes no transables: se debe descontar solamente el IVA y otros impuestos específicos aplicables a ese bien. Si el impuesto es del 20%, se divide por 1,20.

Remuneraciones: se deberá distinguir entre tres categorías de recursos humanos:

- Mano de obra calificada
- Mano de obra semicalificada
- Mano de obra no calificada

Los valores privados correspondientes a cada tipo de mano de obra deberán ser multiplicados por los factores de corrección difundidos por MIDEPLAN² para obtener el costo social de la mano de obra.

Estos cálculos referentes a bienes materiales y a remuneraciones se harán para cada uno de los rubros de costos indicados anteriormente.

3.3 Cálculo de indicadores

a) Valor actual neto

Para llegar a la obtención de indicadores de rentabilidad social es necesario en primer lugar, formar el flujo de costos y beneficios que se espera ocurrirán como consecuencia del proyecto, para la situación base optimizada y la alternativa de solución.

² MIDEPLAN. Departamento de Inversiones "Procedimientos y Formularios para el Sistema de Estadísticas Básicas de Inversión"

Por ejemplo, si la inversión de un proyecto demora dos años se tendrán valores de inversión en el momento cero y en el momento uno del proyecto. Los beneficios y costos de operación asociados a un intervalo de tiempo “i” se asignarán al término de este período, denominado momento “i”.

Al final de la vida útil del proyecto debe incorporarse el valor residual como un beneficio asociado al último momento.

A partir de estos elementos puede formarse perfiles de costos y beneficios para la situación base optimizada y para la alternativa de mínimo CAE como se indica en el siguiente cuadro (N°1).

Cuadro 1

	0	1		n
Inversión	-I			
Beneficios		B ₁		B _n
Valor Residual				VR
Costos Operación		(CO ₁)		(CO _n)
Costos Mantención		(CM ₁)		(CM _n)
Beneficio Neto	-I + B ₁ - CO ₁ - CM ₁ ..B _n + VR - CO _n - CM _n			

La comparación entre beneficios y costos de la situación sin proyecto y con proyecto permite calcular los beneficios netos atribuibles a la alternativa de proyecto.

Si se considera que los beneficios netos se obtienen a partir de la diferencia entre beneficios brutos (B_i) y costos brutos (C_j) esta relación se transforma en:

$$BN_i = (B_{ic/p} - C_{ic/p}) - (B_{is/p} - C_{is/p})$$

Para el caso particular de aquellos proyectos que proporcionarán igual nivel de producción o servicio que su situación base, el beneficio neto puede escribirse como:

$$BN_i = C_{is/p} - C_{ic/p}$$

En otros términos, los beneficios atribuibles al proyecto se pueden estimar a partir de los ahorros de costo (mantención y operación) de las situaciones planteadas. Los beneficios brutos se anulan en la comparación de ambas situaciones.

Para el cálculo del valor actual neto, será necesario actualizar cada flujo por la tasa de descuento pertinente para la institución o empresa según lo indica la siguiente relación:

$$VAN = BN_0 + \frac{BN_1}{(1+r)} + \dots + \frac{BN_n}{(1+r)^n}$$

3.4 Beneficios y costos no medidos

Es importante tener en cuenta que los indicadores de rentabilidad se obtienen considerando los beneficios y costos que pudieron cuantificarse. Es decir, si hay alternativas en que no es posible calcular algunos beneficios y muestran indicadores de rentabilidad bajos, no significa que deban descartarse del análisis.

Por otra parte, puede suceder que los beneficios no medidos no sean iguales en todas las alternativas de solución consideradas. En ese caso, hay que tomarlos en cuenta para la decisión final de la elección de alternativas y de la ejecución del proyecto.

3.5 Conclusiones y recomendaciones

En esta sección debe incluirse las principales conclusiones del estudio y en forma específica las recomendaciones surgidas del estudio.

3.6 Elementos condicionantes del proyecto

Deberán indicarse todos aquellos factores externos al proyecto que condicionan los resultados obtenidos (procesos productivos y tecnología asociada, tecnología y tamaño óptimo, tamaño y mercado del producto e insumos, estacionalidad de los insumos, razones institucionales, de geografía física, economías o diseconomías externas, etc.). Deberá incluirse en este punto aquellas variables que presentan más problemas en su estimación, como también los problemas más comunes que presentan los proyectos en análisis.

4 Financiamiento

Si corresponde, se deberá indicar los criterios utilizados para el financiamiento del proyecto y las instituciones que en él participan. Al mismo tiempo deberá indicarse los requisitos que se exigirán a las instituciones que participan en el financiamiento (carta compromiso del Gerente, del Alcalde, etc.).

5 Presentación del documento

La presentación del proyecto o estudio resultante debe incluir al menos todos los puntos señalados en la sección **preparación de proyectos** de esta pauta, agregando un primer capítulo llamado “Resumen y Conclusiones” donde se presente una síntesis de los aspectos más relevantes del estudio, de modo que sea autosuficiente para entender todo el proyecto y en especial la situación problema que se quiere resolver.

Con respecto a la forma de presentación del documento que contiene el detalle del estudio de preinversión, se señalan algunas indicaciones básicas tales como:

- Todas las cifras monetarias deben expresarse en moneda de un mismo momento del tiempo (inclusive el tipo de cambio utilizado).
- En todo cuadro, figura o tabla debe indicarse el respectivo título y fuente de información.
- La numeración tanto de tablas, cuadros y/o figuras debe ser por capítulos.
- Se debe señalar al final del texto la bibliografía utilizada en el estudio.
- Las referencias a textos o estudios dentro del documento mismo deben hacerse con un número que se explicará a pie de página.