



PRIMER BORRADOR

**GUÍA GENERAL PARA LA PREPARACIÓN Y
PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS DE EVALUACIÓN
SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS DE
REEMPLAZO DE EQUIPOS**

Diciembre 2005

**NOTA INTRODUCTORIA**

El CEPEP presenta una serie de “Guías Metodológicas”, las cuales deben considerarse como **no oficiales**, para la evaluación y presentación de proyectos sectoriales. Adicionalmente a las guías ya elaboradas por el CEPEP referentes a la construcción de carreteras y a la construcción de hospitales de segundo y tercer nivel de atención, a continuación se presentan dos guías más: de edificación pública y de reemplazo de equipos.

Estas guías deberán servir de apoyo y como un complemento a la información que la Unidad de Inversiones de la Subsecretaría de Egresos, de la SHCP presenta en los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión” que publica en su página de Internet.

Paulatinamente el CEPEP incorporará “Guías” especiales para la evaluación y presentación de otros tipos de proyectos de inversión.

TERCERA EDICIÓN 2005

D.R.© Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C.
*Centro de Estudios para la Preparación y
Evaluación Socioeconómica de Proyectos.*

Registro en Trámite
ISBN: 968-7457-30-9

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra
sin autorización por escrito de su editor.

MÉXICO



GUÍA PARA LA PREPARACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS DE EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS DE REEMPLAZO DE EQUIPOS

CONTENIDO DE LA GUÍA

El contenido general de un estudio de evaluación a nivel de perfil de proyectos de reemplazo de equipos es el siguiente:

1. Resumen Ejecutivo
2. Situación sin Proyecto y Posibles Soluciones
3. Descripción del Proyecto
4. Situación con Proyecto
5. Evaluación del Proyecto
6. Análisis de Sensibilidad y Riesgos
7. Conclusiones

Ejemplificación del cálculo del CAE y VAN, así como la determinación de la vida útil económica de un equipo

Bibliografía

1. RESUMEN EJECUTIVO

Para redactar este apartado ver “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión”, sección IV, numeral 8, del Manual de Normas Presupuestarias de la Administración Pública Federal de la SHCP.

2. SITUACIÓN SIN PROYECTO Y POSIBLES SOLUCIONES

En este apartado se deberá describir la problemática que da origen al proyecto propuesto. Independientemente del tipo de reemplazo de equipos que se desee evaluar (equipo de transporte, maquinaria para la construcción, motores, moto-generadores, transformadores, etc.), deberá presentarse una descripción de las condiciones y ubicaciones en las que se encuentran operando los equipos (tipo de activo, antigüedad, marca, número, capacidad, niveles de producción o de servicios en los últimos años, calidad de su producción, problemas que se tienen tanto en la operación como en el mantenimiento, etc.), de modo que el lector entienda las razones que llevan al promotor del proyecto a solicitar su reemplazo por otros que tengan, en términos generales, características similares.

Los costos de operación y mantenimiento, su evolución histórica y su comportamiento futuro en caso de no llevarse a cabo la sustitución, serán parte de la información relevante que deberá citarse en este apartado.

Se deberá mencionar si se pretende cubrir una necesidad de producción o la prestación de un servicio que los equipos actuales no alcanzan a satisfacer, o resolver un problema que se presenta por la utilización del equipo existente, como puede ser el alto costo de operación o las frecuentes fallas en la operación. De ser esta última la razón por la que se está analizando el proyecto, se deberá de soportar con reportes técnicos los problemas operativos que se han presentado y sus causas.

Se deberán describir las consecuencias que las fallas o retrasos en la actividad de los equipos puedan tener en la producción de bienes o servicios públicos que presta la entidad que solicita la realización del proyecto, cuantificando y valorando (en la medida de lo posible) estos efectos sobre la producción normal de bienes o servicios públicos.

2.1 Objetivo del estudio

En este punto deberán mencionarse los alcances del estudio; es decir, si la evaluación se realizará a nivel de prefactibilidad o factibilidad. Asimismo, deberá indicarse si es posible aplicar el principio de separabilidad de proyectos.

El criterio de evaluación para determinar la vida útil económica, invariablemente se hará mediante el cálculo del costo anual equivalente (CAE), posteriormente para determinar la rentabilidad de la realización del proyecto se calculará el valor actual neto (VAN). Por ello, deberá mencionarse, que el objetivo del estudio será el determinar la vida útil económica de los equipos, tanto actuales como los propuestos, así como la conveniencia de llevar a cabo el reemplazo de los equipos bajo análisis.

2.2 Situación sin proyecto

Con la finalidad de no atribuirle al proyecto costos y beneficios de manera ilegítima, se deberán proponer “medidas de optimización” de la situación actual, de “bajo” costo de inversión, para así mejorar o restituir el nivel de servicio para el cual fueron adquiridos los equipos existentes, así como las medidas administrativas que pudieran modificarse para obtener una mejora en la operación de éstos. Con ello se obtiene la situación base optimizada (o situación sin proyecto), que es la que se debe comparar con la situación con proyecto. También se deberán tomar en cuenta los efectos de los proyectos que se encuentren en ejecución o con presupuesto asignado, que también modifiquen la situación sin proyecto.

En la medida que el diagnóstico de la situación actual esté claro y se conozcan los verdaderos problemas que se enfrentan, se facilitará la identificación de las posibles medidas de optimización que se deberán proponer para mejorar la situación actual.

Dependiendo de las condiciones actuales de los equipos, las “medidas de optimización” sugeridas podrían ser de manera enunciativa más no limitativa, las siguientes:

- a) Capacitación al personal que opera los equipos, con la finalidad de evitar posibles problemas en la operación de éstos.
- b) Capacitación del personal que da el mantenimiento a los equipos, o como alternativa, evaluar la contratación de este servicio con terceros.
- c) Contratación a terceros de los servicios que prestan los equipos que se están evaluando, ya que pudiera ser más conveniente esta alternativa.
- d) Ampliación en los horarios de servicio.

Finalmente, se deberá de proyectar esta situación optimizada, durante todo el horizonte de evaluación que se requiera para determinar la vida útil económica de

los equipos con los que se cuenta. La situación optimizada será la base de comparación con la situación con proyecto.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se deberá de describir física y operativamente al proyecto de reemplazo que se propone llevar a cabo. Asimismo, deberán señalarse las alternativas de solución que se analizaron, como pueden ser diferentes marcas, modelos a adquirir, o en el caso de subcontratar a terceros, si se conoce que esta alternativa puede dar solución a la problemática existente.

Deberán señalarse cuáles son las alternativas de solución propuestas, cuáles se han desechado y porqué, y cuáles se han elegido para evaluarse.

Se deberán describir las características de los equipos que se propone reemplacen a los equipos con los que se cuenta, como son la capacidad de éstos, su número, los costos de operación y mantenimiento, la disponibilidad de refacciones y mano de obra para llevar a cabo estas actividades. Mencionar si los equipos son de fabricación nacional o de importación, así como una estimación de la vida útil de acuerdo a la ficha técnica de los fabricantes.

Incluir la descripción del proyecto que se menciona en “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión”, sección IV, numeral 8, apartado iii, del Manual de Normas Presupuestarias de la Administración Pública Federal de la SHCP.

3.1 Descripción física

Se deberán de describir las características de los equipos a adquirir, como son:

- Origen: nacional o importado (en este último caso señalar el país de procedencia y porcentaje de arancel de importación respectivo).
- Costos de importación total, internación e instalación,
- En su caso, señalar si la operación o el mantenimiento requerirá la importación de partes y refacciones o personal especializado.
- Número de equipos y sus capacidades de producción.
- Adaptaciones que deberán realizarse para poner en funcionamiento los equipos a adquirir. Por ejemplo, si los requerimientos de los nuevos equipos son de introducir energía eléctrica con características diferentes a la que utilizan los equipos actuales, o modificaciones a los edificios que albergarán a éstos, se deberá de describir en que consisten estas obras complementarias y

sus características.

3.2 Descripción operativa

En este apartado deberá mencionarse los diferentes requerimientos que se derivarán del reemplazo de los equipos, como pueden ser:

- Requerimientos de personal para su operación y mantenimiento, mencionando si éste podrá ser el mismo que opera los equipos existentes o tendrá que ser capacitado para ello. También se deberá considerar si habrá un aumento o disminución en el personal.
- Vida útil de acuerdo a las especificaciones del fabricante, considerando cargas de trabajo similares a las que estará expuesto el equipo en la situación analizada, si esto es posible.
- Requerimientos de mantenimiento (mayor y menor) del equipo propuesto, así como su calendarización futura. Es conveniente precisar los tiempos fuera de servicio de los equipos, derivados de cada uno de los mantenimientos que requieran, ya que finalmente, estos periodos deben ser considerados como costos indirectos de la operación de los mismos.
- Mencionar los insumos y materiales necesarios para la producción o prestación del servicio, señalando si los equipos a adquirir son más o menos eficientes tanto en los combustibles que requieren para su operación, como en la eficiencia en la producción que tienen, con respecto a los equipos actuales.

4. SITUACIÓN CON PROYECTO

Se mencionará el costo total de inversión del proyecto, señalando si incluye impuestos, la fecha de estimación de esta cifra y el tiempo estimado de entrega después de formalizar su adquisición. Esto último, es importante en los casos que los equipos no se encuentran en inventario y sólo se fabrican sobre pedido, como puede ser el caso de transformadores eléctricos de gran capacidad, turbinas, cierto tipo de motores, etc.

Se deben de describir los costos que generarán las alternativas propuestas tanto por su adquisición e instalación, así como por la operación y mantenimiento de los mismos, para lo cual habrá que mencionar los montos de recursos y los tiempos en que éstos se presentarán. También deberán de mencionarse las ventajas y desventajas que estos equipos tienen sobre los equipos que se tienen en la situación sin proyecto; como pueden ser cambio en la calidad de los productos o servicios entregados, contaminación producida por su operación, seguridad en el trabajo de los operarios y demás personal, etc.

Toda esta descripción deberá considerar el horizonte de evaluación que se tenga contemplado, y como referencia deberá de tomar en cuenta la vida útil entregada por los fabricantes de los equipos.

5. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

El propósito de este apartado es identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios sociales del proyecto en términos monetarios, a lo largo de todo el periodo de evaluación. Dado que se pretende reemplazar el equipo actual por otro de características similares, los beneficios que se esperan de todas las alternativas son básicamente los mismos, por lo que se deberá de determinar la alternativa de mínimo costo, y una vez identificada dicha alternativa, los beneficios se obtendrán de comparar dicha alternativa con la situación sin proyecto. Todos los flujos del proyecto deberán estar expresados en pesos constantes y en los cuadros que éstos se citen, deberá citarse la fecha en la que éstos están expresados.

5.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos

a) Costos de inversión

Los costos de inversión incluyen los costos de los equipos, las adecuaciones, modificaciones e instalación de los mismos. Si es necesaria la capacitación del personal para la operación de los equipos, se deberá de incluir los costos que esta actividad ocasione. Todos estos recursos deberán cuantificarse y después valorarse a precios de mercado quitando los impuestos que estén incluidos en éstos, deberá de proporcionarse un desglose de los componentes que integren la inversión (materiales, mano de obra calificada, semicalificada y no calificada, maquinaria, equipos, etc.). En caso de equipos y materiales de importación deberán descontarse los aranceles de importación.

b) Costos de operación y mantenimiento

Se deberán de considerar todos los costos de la operación de los equipos, como son:

- Materiales e insumos necesarios para el funcionamiento de los equipos, ya sea para producción de bienes o servicios, según sea el caso.
- Sueldos y remuneraciones al personal que se requiere para la operación de los equipos.
- Pago de servicios para la operación de los equipos, tanto fijos como variables.

5.2 Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios

Los principales beneficios que existen para este tipo de proyectos, son los menores costos de operación y mantenimiento, los cuales deberán de ser calculados entre la alternativa de menor costo anual equivalente y la situación sin proyecto.

En este apartado se deben de identificar, si fuera el caso, los beneficios adicionales entre las alternativas analizadas, como son una mejor calidad de los bienes o servicios producidos, una mayor seguridad para el personal, menor contaminación por la operación de este tipo de equipos, etc.

En general, cuando se reemplaza un equipo, en la mayoría de los casos éste tiene un valor de rescate, el cual sólo puede ser obtenido si es que se lleva a cabo el reemplazo, ya que si no es así, el equipo actual tiene que seguir en operación. Este beneficio deberá ser considerado en el cálculo del costo anual equivalente, de cada una de las alternativas analizadas.

5.3 Criterio de evaluación

El criterio que deberá de calcularse primeramente será el costo anual equivalente (CAE) para varios años de operación, desde el año uno hasta que el equipo pueda seguir en operación adecuada para los servicios que presta. A partir de estos cálculos se obtiene la vida útil económica del equipo, tal como se muestra en la figura 1.

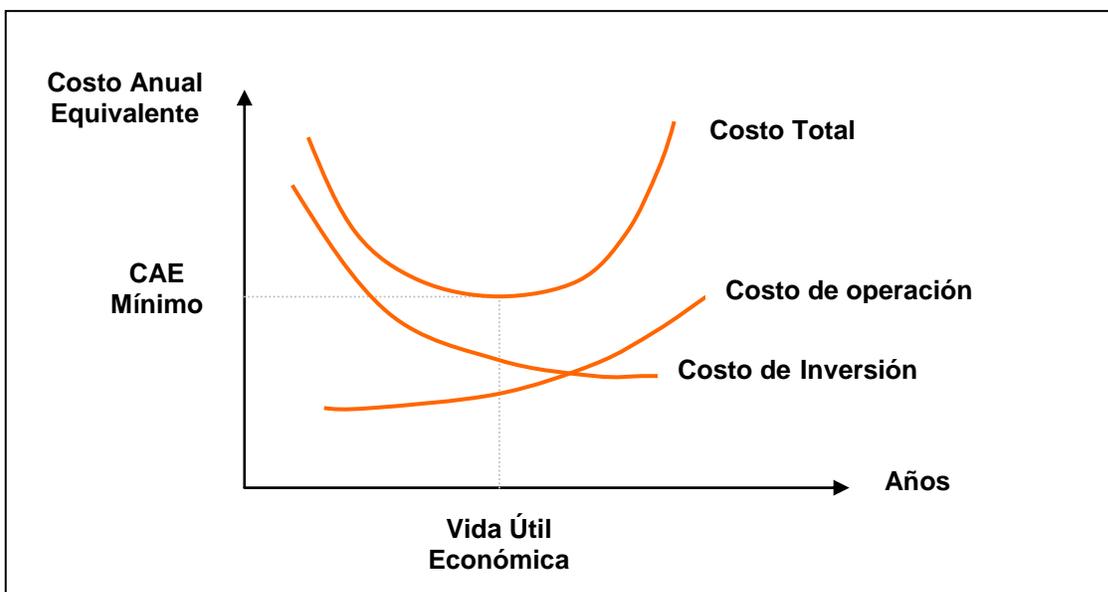


Figura 1. Costos para determinar el momento óptimo del reemplazo de equipos

La curva de costo total es la suma para cada uno de los años de los costos asociados a la inversión del equipo y del costo de operación que éste genera. El punto de la curva de costo total donde alcanza su valor más bajo se denomina “costo anual equivalente mínimo” y éste define la vida útil económica del equipo, ya que es el periodo de uso del activo, en el que operarlo cuesta la menor cantidad posible de recursos año con año.

Una vez obtenida la alternativa de menor costo anual equivalente, se pueden plantear los flujos de costos y beneficios derivados de las situaciones sin y con proyecto. Como se mencionó anteriormente, la mayor parte de los beneficios se obtienen de los diferenciales de costos entre estas dos situaciones, ya que lo que se pretende es reemplazarlos por equipos con características similares, es por esta razón que los beneficios entre ambas por lo general serán muy similares y por lo tanto en el análisis incremental, prácticamente no existirían diferencias en beneficios entre una situación y otra.

En otras palabras, lo que se está obteniendo como flujos, serán los diferenciales entre los beneficios netos de cada una de las situaciones bajo análisis, en cada uno de los periodos, tal y como a continuación se expresa en la ecuación 1:

$$BN_i = (B_{ic/p} - C_{ic/p}) - (B_{is/p} - C_{is/p}) \quad (1)$$

Donde:

BN_i = beneficio neto en el periodo i

$B_{ic/p}$ = beneficio en la situación con proyecto en el periodo i

$B_{is/p}$ = beneficio en la situación sin proyecto en el periodo i

$C_{ic/p}$ = costo en la situación con proyecto en el periodo i

$C_{is/p}$ = costo en la situación sin proyecto en el periodo i

Posteriormente, con cada uno de los flujos analizados para el periodo de evaluación considerado se obtiene el valor actual neto (VAN), actualizando cada uno de los flujos con la tasa de descuento pertinente¹, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$VAN = BN_0 + \frac{BN_1}{(1+r)} + \dots + \frac{BN_n}{(1+r)^n} \quad (2)$$

Donde:

VAN = valor actual neto

BN_i = beneficio neto en el periodo i

r = tasa de descuento

¹ Para la evaluación Socioeconómica, se deberá de considerar la tasa social de descuento que para tales casos publica la Unidad de Inversiones de la SHCP:

6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RIESGOS

Se deberá de realizar un análisis de sensibilidad unidimensional, de las variables más significativas en el cálculo del CAE y en específico en el cálculo de la rentabilidad de VAN. Esto pudiera ser derivado de un cambio en los valores de rescate de los equipos o en los costos de operación y mantenimiento considerados en los equipos analizados, así como un incremento en los costos de inversión de los equipos que se piensan adquirir.

7. CONCLUSIONES

Este apartado deberá exponer las principales conclusiones del estudio de evaluación. Es decir, indicar si conviene llevar a cabo el reemplazo de los equipos o conviene postergar su realización, continuando con la operación de los equipos actuales. También se puede concluir que conviene destinar más recursos para realizar un estudio a nivel de factibilidad y calcular con mayor detalle el CAE y el VAN.

Asimismo, se deberán señalar las recomendaciones del estudio, como podría ser obtener con mayor detalle los costos de inversión del proyecto, ya que un cambio de estas cifras pudiera modificar la conclusión de cuándo llevar a cabo el reemplazo de los equipos. Finalmente se deberán mencionar las principales limitaciones del estudio de evaluación.

Ejemplificación del cálculo del CAE y VAN, así como la determinación de la vida útil económica de un equipo

Con la finalidad de explicar como se realiza el cálculo del costo anual equivalente (CAE) y con ello determinar la vida útil económica de un equipo, a continuación se presenta un caso hipotético donde una dependencia está interesada en conocer la vida útil económica de cierto tipo de vehículo y si es conveniente su reemplazo.

Se analiza el caso de una dependencia que cuenta con vehículos de 9 años y más de antigüedad y donde el costo de operación directo e indirecto de éstos se ha incrementado sustancialmente, no conociéndose cuál es la vida útil económica, por lo cual tampoco se sabe cuando será conveniente el reemplazo de los vehículos.

Para este ejemplo se ha considerado un vehiculo, el cual se refiere a una camioneta pick up de 8 cilindros. De acuerdo a las bitácoras de uso de este vehículo se obtienen los costos de operación y mantenimiento (directos), que se presentan en la columna 3 del cuadro 1. Los costos indirectos (calculados en base al número de días que el vehículo dejó de operar, derivados de un mayor número de fallas o de días en mantenimiento, multiplicado por el costo de una renta de un

vehículo con características similares) se presentan en la columna 4 del cuadro 1. La suma del costo directo e indirecto, son el costo total de operación y mantenimiento anual del vehículo (columna 5 del cuadro 1).

Cuadro 1. Costos relevantes para determinar la vida útil económica de la pick up (pesos de diciembre de 2005)

Año (1)	Valor de Rescate (2)	Costo Directos (3)	Costo Indirectos (4)	Costos totales de operación y mtto. (5)
0	168,000	-	-	-
1	114,240	44,000	10,560	54,560
2	100,800	47,363	11,616	58,979
3	85,680	50,958	12,778	63,736
4	77,280	54,799	17,569	72,368
5	68,880	58,899	15,461	74,360
6	62,160	63,270	17,007	80,277
7	52,080	67,927	18,708	86,634
8	47,040	72,882	25,723	98,605
9	43,680	78,149	22,636	100,785
10	42,000	83,741	24,900	108,641
11	38,640	89,669	27,390	117,059
12	35,280	95,946	37,661	133,607
13	31,920	102,582	33,142	135,724
14	28,560	109,585	36,456	146,041
15	25,200	116,963	40,102	157,065

Fuente: aquí se deberán referenciar las bitácoras de la operación del vehículo, la factura original del equipo, así como la fuente de donde se obtuvieron los valores de rescate de un vehículo con condiciones similares en el mercado.

• **Cálculo del CAE**

A continuación se calculan los costos anuales equivalentes de la inversión y de operación y mantenimiento. Suponiendo que el valor de compra de una pick up nueva es de \$168,000 y que los valores estimados de rescate del vehículo son los que se muestran en la columna 1 del cuadro 1. Los valores de rescate pueden ser estimados en base a los reportados en el “libro azul” que utilizan las empresas aseguradoras para estimar el valor comercial de los vehículos.

a) Cálculo del CAE asociado a inversión del equipo

Para el primer año de operación, el CAE asociado a inversión se obtiene calculando el costo de oportunidad por invertir en el vehículo nuevo (precio de una unidad nueva) en el año 0 y venderlo al final del año 1 (valor de rescate). A partir

de estos valores es posible calcular el costo anual equivalente asociado a inversión, esto se esquematiza en la figura 2.

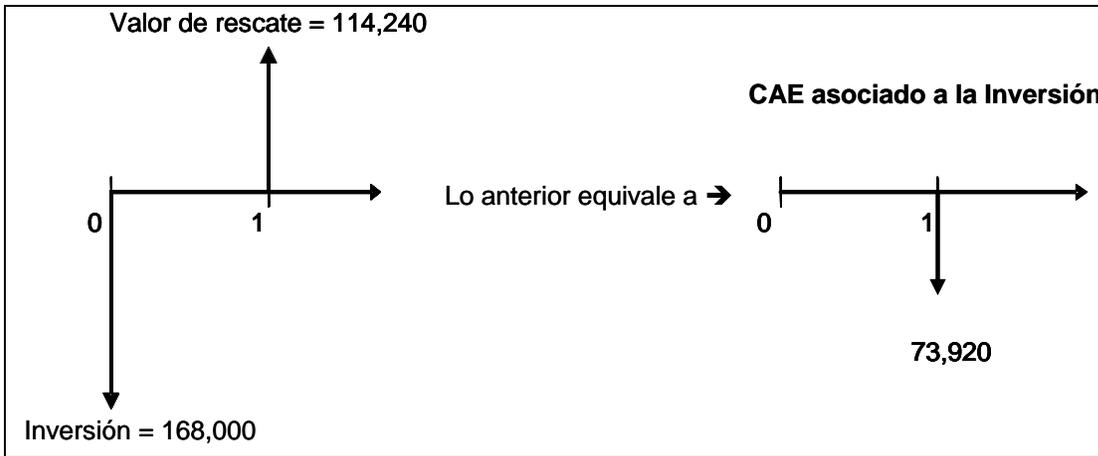


Figura 2. Flujos de inversión y valor de rescate para un año de utilización del equipo y el CAE asociado a inversión

Los flujos mostrados al lado izquierdo de la figura 2, son la inversión y el valor de rescate, donde el costo de oportunidad de la inversión con una tasa del 12% en términos reales, equivale a \$20,160. Al sumar la inversión más el costo de oportunidad de la inversión y restar el valor de rescate del equipo en el año 1, se obtiene el CAE asociado a inversión del activo, por un año de uso, el cual asciende a \$73,920 ($168,000 + 20,160 - 114,240 = 73,920$).

De la misma forma, si se decidiera operar dos años con el vehículo, los flujos relevantes para el cálculo del CAE asociado a inversión serían, el valor del equipo nuevo en el año 0 y el valor de rescate del vehículo en el año 2, lo cual se muestra en la figura 3.

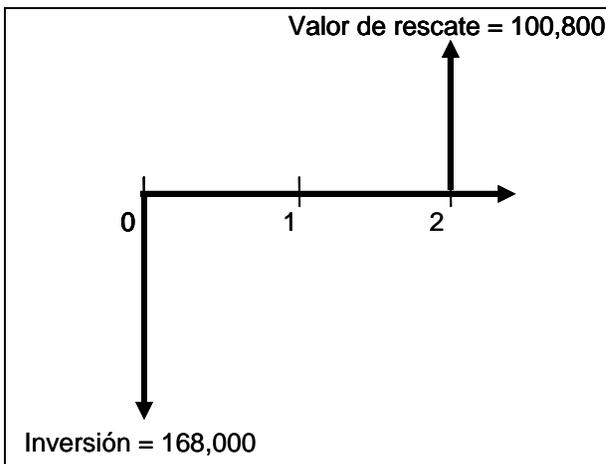


Figura 3. Flujos de inversión y valor de rescate

Para obtener el CAE asociado a inversión de la pick up por dos años, se debe calcular el valor presente, de la inversión y del valor de rescate, lo cual resulta de restar a la inversión el valor de rescate descontado por dos períodos a una tasa del 12%. Obteniéndose un valor presente de costos de \$87,643, tal y como se presenta en la ecuación 3:

$$VP = \left(-168,000 + \frac{100,800}{(1.12)^2} \right) = -168,000 + 80,357 = -87,643 \quad (3)$$

Una vez obtenido el valor presente de los flujos de inversión y del valor de rescate, se utiliza la ecuación 4 para obtener el CAE:

$$CAE = VP \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \quad (4)$$

Donde:

CAE = costo anual equivalente

VP = valor presente de los flujos de inversión y valor de rescate

i = tasa de descuento

n = número de períodos

Aplicando la ecuación 4, tenemos que el CAE asociado a inversión es de \$51,858. Los cálculos se muestran en la ecuación 5.

$$CAE = 87,643 \frac{0.12}{1 - (1.12)^{-2}} = 87,643 \frac{0.12}{0.203} = 51,858 \quad (5)$$

En la figura 4 se observan las equivalencias matemáticas de los flujos de la inversión y el valor de rescate (lado izquierdo), y del CAE asociado a inversión (lado derecho).

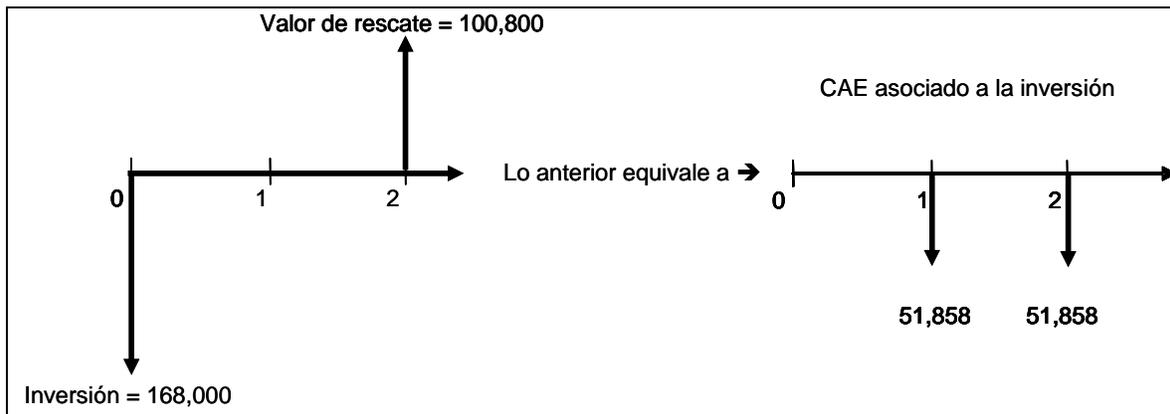


Figura 4. Equivalencias entre flujos de inversión y valor de rescate y el CAE asociado a inversión

b) Cálculo del CAE asociado a operación y mantenimiento del equipo

El CAE asociado a operación y mantenimiento (O&M) para el primer año es igual al mismo flujo, pues corresponde a un solo periodo. Para calcular el CAE asociado a O&M para dos años de uso, éste se obtiene de calcular el valor presente de los dos flujos de costos en los años 1 y 2 (ecuación 6), y después utilizar la ecuación 4, anteriormente señalada, y la cual se encuentra expresada con los valores correspondientes en la ecuación 7.

$$VP = \left(-\frac{54,560}{(1.12)^1} - \frac{58,979}{(1.12)^2} \right) = -48,714 - 47,0184 = -95,732 \quad (6)$$

$$CAE = 95,732 \frac{0.12}{1 - (1.12)^{-2}} = 95,732 \frac{0.12}{0.203} = 56,644 \quad (7)$$

En la figura 5, se pueden observar los flujos totales de O&M para los años 1 y 2, y su CAE correspondiente. De forma análoga, se puede calcular el CAE para cualquier otro periodo de uso del activo.

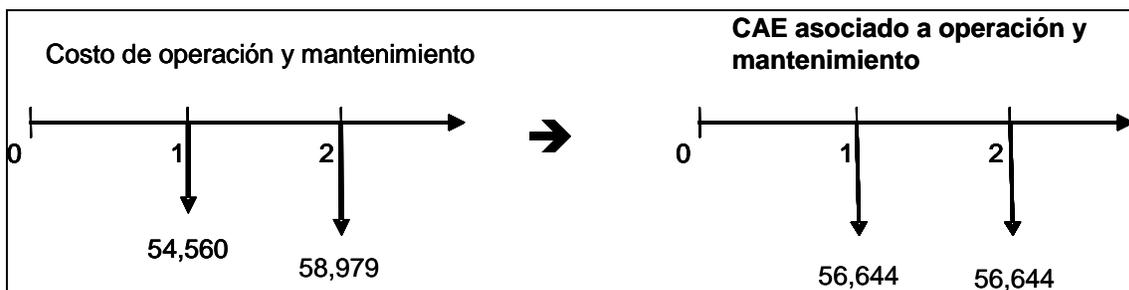


Figura 5. Flujos anuales de operación y mantenimiento para dos años de utilización del equipo y su CAE

c) Cálculo del CAE total

Una vez calculados los CAEs por separado (tanto asociado a inversión como a operación y mantenimiento), para obtener el CAE total solamente se suman. El CAE total para dos años es de $(56,644 + 51,858 = 108,502)$ \$108,502.

También es posible obtener en un solo paso el CAE total (CAE asociado a inversión + CAE asociado a operación y mantenimiento), aplicando la ecuación 8:

$$CAE = \left[I_0 - \frac{VR_n}{(1+i)^n} + \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \right] \frac{i}{1-(1+i)^{-n}} \quad (8)$$

Donde:

- i = tasa de descuento
- I_0 = inversión inicial
- n = número de períodos considerados
- C_j = costo directo e indirecto asociado a la operación del equipo en el año j
- VR_n = valor de rescate del equipo en el año n

A continuación se ejemplifica el cálculo del CAE total por el uso de la pick up, por un periodo de dos años:

$$CAE = \left[168,000 - \frac{100,800}{(1+0.12)^2} + \frac{54,560}{(1+0.12)^1} + \frac{58,979}{(1+0.12)^2} \right] \frac{0.12}{1-(1+0.12)^{-2}} \quad (9)$$

Realizando las operaciones se obtiene:

$$CAE = [168,000 - 80,357.14 + 48,714.29 + 47,017.70] 0.5917 \quad (10)$$

$$CAE = 108,502 \quad (11)$$

Como se puede ver en la ecuación 11, el CAE total para dos años equivale a un costo de \$108,502/año, que corresponde al mismo valor obtenido anteriormente, calculando los CAE de inversión y de operación y mantenimiento, por separado.

En el cuadro 2, se pueden ver los CAE totales de utilizar la pick up para diferentes períodos (hasta 15 años de uso), así como los CAE asociados a inversión y a operación y mantenimiento. También se puede observar que la vida útil económica de la pick up es de 6 años. En este periodo se generan los costos anuales equivalentes más bajos para el horizonte analizado (15 años).

Cuadro 1. CAE y determinación de la vida útil económica de la pick up
(pesos de diciembre de 2005)

Año (1)	Valor de Rescate (2)	Costo Directos (3)	Costo Indirectos (4)	Costos totales de operación y mtto. (5)	CAE de Inversión (6)	CAE de Operación y Mtto. (7)	CAE Total (8)
0	168,000	-	-	-			
1	114,240	44,000	10,560	54,560	73,920	54,560	128,480
2	100,800	47,363	11,616	58,979	51,858	56,644	108,502
3	85,680	50,958	12,778	63,736	44,555	58,746	103,301
4	77,280	54,799	17,569	72,368	39,142	61,596	100,738
5	68,880	58,899	15,461	74,360	35,762	63,605	99,368
6	62,160	63,270	17,007	80,277	33,202	65,660	98,862
7	52,080	67,927	18,708	86,634	31,650	67,739	99,388
8	47,040	72,882	25,723	98,605	29,994	70,248	100,243
9	43,680	78,149	22,636	100,785	28,574	72,315	100,889
10	42,000	83,741	24,900	108,641	27,340	74,385	101,725
11	38,640	89,669	27,390	117,059	26,423	76,451	102,874
12	35,280	95,946	37,661	133,607	25,659	78,819	104,479
13	31,920	102,582	33,142	135,724	25,015	80,850	105,865
14	28,560	109,585	36,456	146,041	24,465	82,862	107,327
15	25,200	116,963	40,102	157,065	23,991	84,853	108,843

Fuente: aquí se deberán referenciar las bitácoras de la operación del vehículo, la factura original del equipo, así como la fuente de donde se obtuvieron los valores de rescate de un vehículo con condiciones similares en el mercado.

En la figura 6 se pueden observar los comportamientos que tienen los CAE, total, asociado a inversión y operación y mantenimiento. En la misma figura 6 se señalan tanto el CAE total mínimo como la vida útil económica.

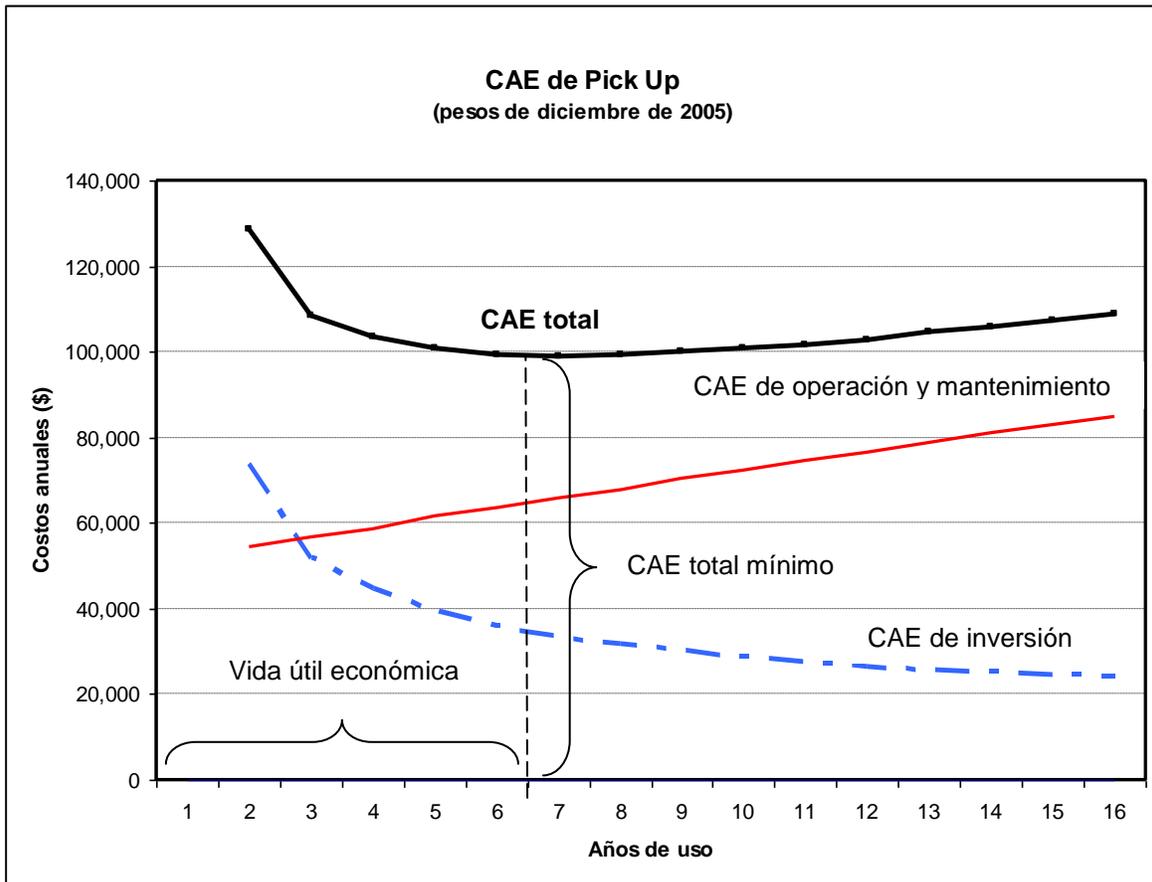


Figura 6. Comportamientos de los CAE's de inversión, operación y mantenimiento y total

d) Cálculo del valor actual neto (VAN)

Para realizar el cálculo del valor actual neto (VAN) de este ejemplo, se consideró que en la situación actual se tiene en operación una pick up con una antigüedad de 9 años y que en la situación sin proyecto se seguirá utilizando este vehículo por un periodo de 6 años más, tal y como se obtuvo en los cálculos presentados en el cuadro 2. Por otro lado, en la situación con proyecto se considera que se reemplaza el equipo por otra pick up nueva de características similares, y se utiliza por 6 años².

Los flujos de inversión, costos anuales de operación y mantenimiento, y valor de rescate que se presentan en la situación sin proyecto, se muestran en la figura 7, tal y como se presentan en el tiempo. Seguir operando la pick up actual, equivale a renunciar al valor de rescate que ésta tiene. Por lo tanto, equivale a invertir \$43,680, de acuerdo a información presentada en la columna 1 del cuadro 2.

² Periodo correspondiente a la vida útil económica que se presenta el cuadro 2.

Posteriormente, para que la pick up se encuentre en operación por seis años más, para los años del 1 al 6, se tienen costos de operación y mantenimiento, que van de \$108,641 en el año 1 a \$157,065 en el año 6, como se muestran en la figura 7 y corresponden a los datos mostrados en columna 5 del cuadro 2. Por último, se tiene un valor de rescate al final del año 6, que asciende a \$25,200 y que se puede ver en la columna 1 del cuadro 2.

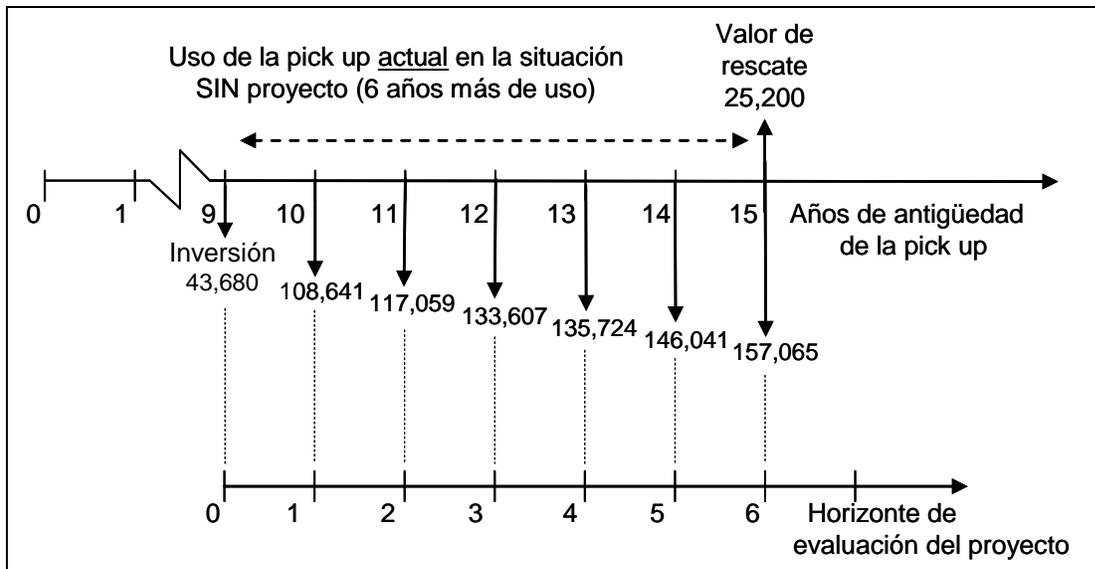


Figura 7. Flujos en la situación sin proyecto

Por otra parte, en la situación con proyecto, los flujos de inversión, costos anuales de operación y mantenimiento, y valor de rescate, se muestran en la figura 8. Adquirir una pick up nueva significa invertir \$168,000, de acuerdo a información presentada en la columna 1 del cuadro 2. Posteriormente, para que la pick up opere seis años, se tienen costos de operación y mantenimiento, que van de \$54,560 en el año 1 a \$80,277 en el año 6, como se muestran en la figura 8 y corresponden a los datos mostrados en la columna 5 del cuadro 2. Por último, se tiene un valor de rescate al final del año 6, que asciende a \$62,160, el cual se muestra en la columna 1 del cuadro 2.

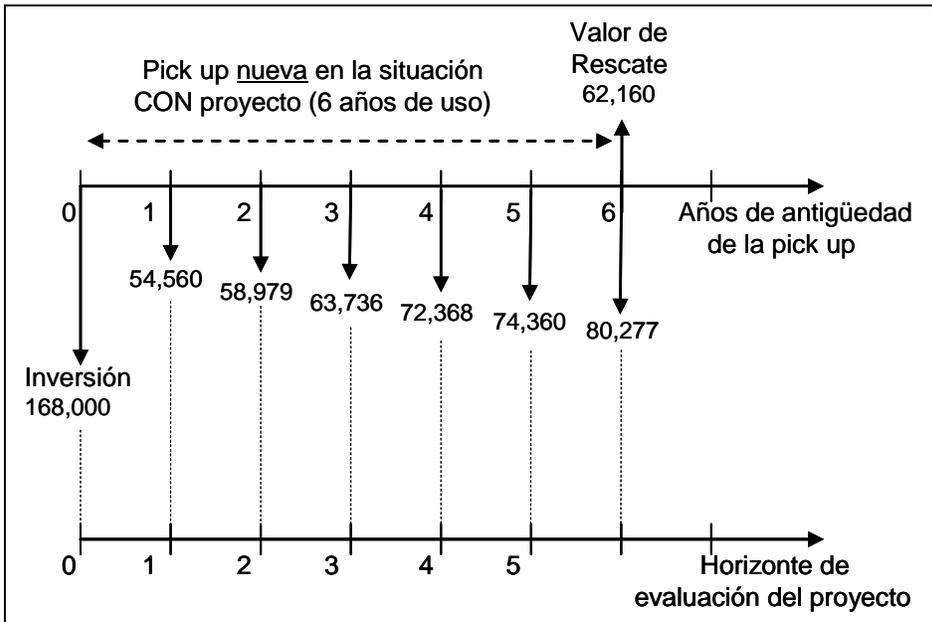


Figura 8. Flujos en la situación sin proyecto

En la figura 9 se muestran los períodos de uso de la pick up, para las situaciones sin y con proyecto, con respecto a la antigüedad del equipo. En la situación sin proyecto el equipo usado tiene 9 años de utilización, y se continuará usando por 6 años más, llegando a tener al final del horizonte de evaluación una antigüedad de 15 años. En la situación con proyecto, se adquiere una pick up nueva de características similares a la actual y se utiliza por seis años, los cuales corresponden a la vida útil económica determinada en el cuadro 2.

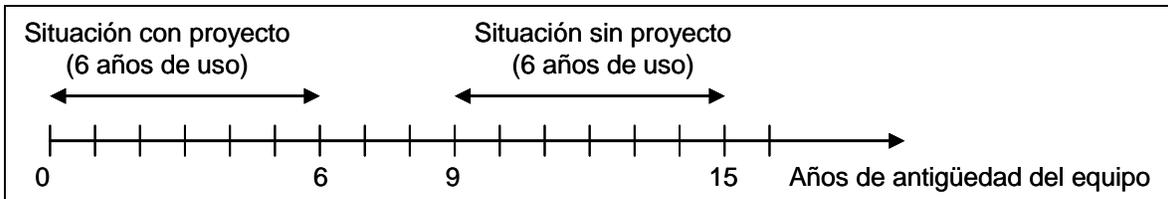


Figura 9. Períodos de utilización del equipo en las situaciones sin y con proyecto

Los costos y beneficios del proyecto se obtienen de los flujos incrementales entre las situaciones sin y con proyecto. Los cuales están definidos como las diferencias entre los flujos de la situación con proyecto menos los generados por la situación sin proyecto, para cada año del horizonte de evaluación. Los flujos de caja generados en las situaciones sin y con proyecto se muestran en la figura 10. Los flujos de caja incrementales y el cálculo del VAN, se muestran en el cuadro 3.

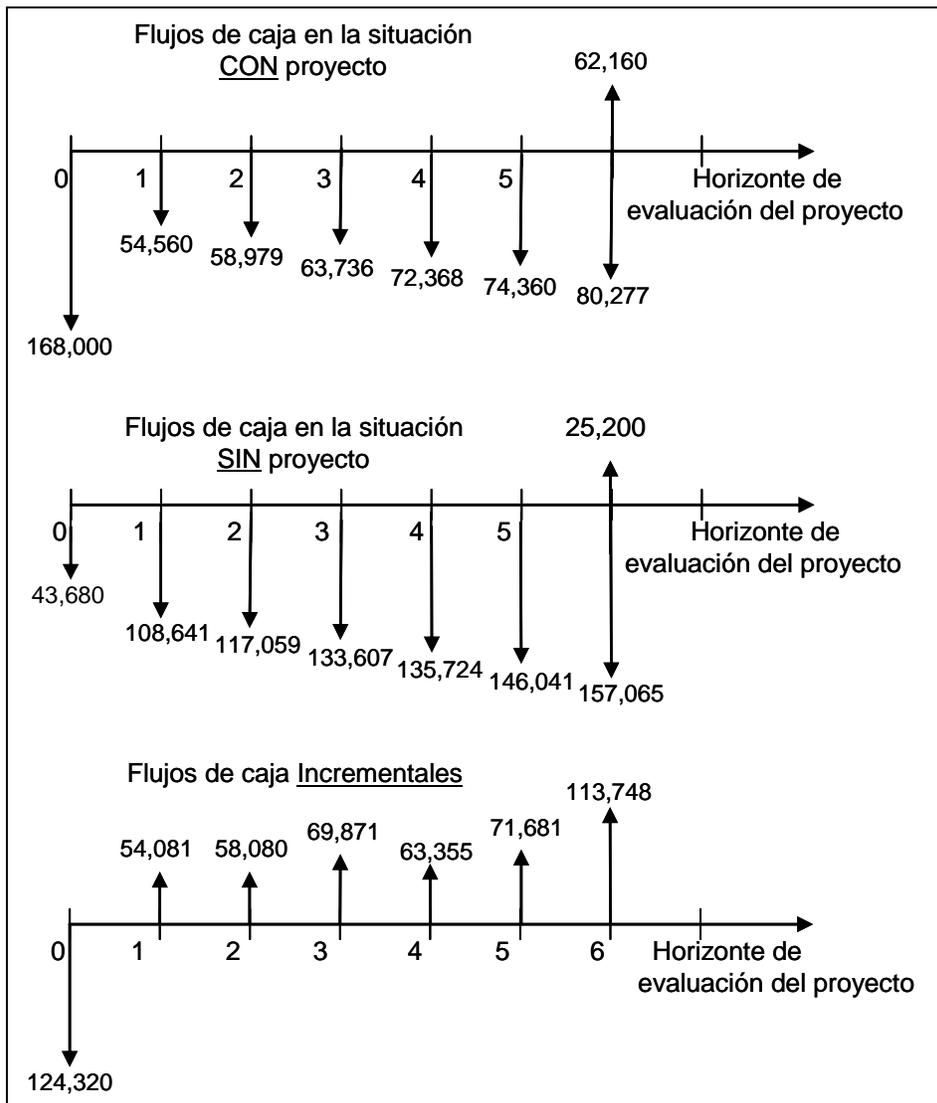


Figura 10. Flujos en las situaciones con y sin proyecto e incrementales

Cuadro 3. Beneficios netos y el VAN de llevar a cabo el reemplazo de la pick up (cifras en pesos de diciembre de 2005)

Concepto	Periodo						
	0	1	2	3	4	5	6
Sit. sin proyecto	-43,680	-108,641	-117,059	-133,607	-135,724	-146,041	-131,865
Sit. con proyecto	-168,000	-54,560	-58,979	-63,736	-72,368	-74,360	-18,117
Proyecto	-124,320	54,081	58,080	69,871	63,355	71,681	113,748
Flujos descontados	-124,320	48,286	46,301	49,733	40,263	40,674	57,628
VAN =	158,566	Tasa de descuento = 12%					

Fuente: aquí se deberán referenciar las bitácoras de operación del vehículo, la factura original del equipo, así el documento donde se obtuvieron los valores de rescate de un vehículo con condiciones similares en el mercado.

De acuerdo a los cálculos que se muestran en el cuadro 3, se puede observar que el VAN de realizar el reemplazo de una pick up es de \$158,566. Si el caso bajo análisis corresponde a un mayor número de vehículos a reemplazar, el VAN tendrá que multiplicarse por el número de éstos.

La conclusión de este ejercicio, es que operar la pick up un periodo diferente al de la vida útil económica, genera costos netos, es decir que el valor del VAN será negativo para un periodo diferente a 6 años.

Todos los flujos que se presentan en los cálculos del CAE y del VAN están expresados en términos reales o constantes, asimismo se han eliminado todos los impuestos que pudieran tener las cifras de costos que se han utilizado en los cálculos.

Bibliografía

Metodología Proyectos de Reemplazo de Equipos. Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN). División de Planificación, Estudios e Inversión, de Chile. Dirección electrónica: <http://bip.mideplan.cl/bip-consultas/SEBI/2006/metodologias/metodologiareemplazoequipos.pdf>

ANEXO

Si fuera posible comprar autos usados, entonces el criterio relevante sería el costo marginal de operación (CM), el cual nos indica cual es el costo de operar un equipo sin importar si éste es nuevo o no. Por lo que si no hubiera restricciones en la compra de vehículos usados sería el indicador relevante para decidir el periodo a utilizarlo.

El criterio de CM, incluye tanto el costo asociado a inversión como el de operación y mantenimiento para un año de uso, por lo que en términos generales es un indicador más preciso para utilizar el equipo en el periodo más económico.

La ecuación para el costo marginal se describe a continuación:

$$\text{C.M.} = \frac{C_1}{(1+i)} + VR_0 - \frac{VR_1}{(1+i)^n} \quad (12)$$

donde:

C.M.: Costo marginal de operación

C₁: Costo directo e indirecto asociado a la operación del equipo durante un período adicional.

VR₀: Valor residual del equipo en el momento cero. Representa un costo marginal no percibido en caso de continuar operando el equipo.

VR₁: Valor residual del equipo al final del período adicional.

i Tasa social de descuento.

Si continuamos con los datos del ejemplo planteado en esta guía, y aplicando la ecuación de CM, tenemos que para el primer año de uso el CM es igual que el CAE para un año. A continuación se puede observar esto en las ecuaciones 13 y 14:

$$\text{C.M.} = \frac{54,560}{(1+0.12)} + 168,000 - \frac{114,240}{(1+0.12)^1} \quad (13)$$

$$\text{C.M.} = 48,714.29 + 168,000 - 102,000 = 114,714.29 \quad (14)$$

Dado que la ecuación de CM está considerando el costo al inicio del periodo, para hacerlo comparable con los CAE que hemos venido calculando en todo el ejemplo, se tendrá que multiplicarlo por (1+i) para ponerlo al final del periodo. Este CM expresado a final de periodo queda expresado en la ecuación 15:

$$\text{C.M.} = 114,714.29(1.12) = 128,480 \quad (15)$$

Si se calcula el CM para el año dos de una pick up, entonces es como comprar una pick up de un año y se utiliza un año y se vende cuando tiene dos años de uso, el costo se expresa en la ecuación 16:

$$C.M. = \frac{58,979}{(1+0.12)} + 114,240 - \frac{100,800}{(1+0.12)^1} = 52,659.82 + 114,240 - 90,000 = 76,900 \quad (16)$$

Para poder compararlo con el CAE total el cual está expresado a final de periodo, expresamos también este CM a final de periodo, por lo que en la ecuación 17, tendremos el CM para el año dos de una pick up expresado a final de periodo:

$$C.M. = 76,899.82(1.12) = 86,128 \quad (17)$$

En la columna 6 del cuadro I, se muestran los resultados del costo marginal de operación (CM) expresados a final de período, con el fin de que estos puedan ser comparados con los CAE totales que se incluyen en la columna 7. También se puede observar que el menor CM es el de operar la pick up el año dos, en donde se obtiene un costo de \$86,128, mientras que como se había calculado anteriormente, si se compra la pick up nueva y se opera durante la vida útil económica (6 años), el CAE mínimo es de \$98,862.

Cuadro I. CAE y determinación de la vida útil económica de la pick up (pesos de diciembre de 2005)

Año (1)	Valor de Rescate (2)	Costo Directos (3)	Costo Indirectos (4)	Costos totales de operación y mtto. (5)	Costo marginal de operación (6)	CAE Total (7)
0	168,000	-	-	-		
1	114,240	44,000	10,560	54,560	128,480	128,480
2	100,800	47,363	11,616	58,979	86,128	108,502
3	85,680	50,958	12,778	63,736	90,952	103,301
4	77,280	54,799	17,569	72,368	91,050	100,738
5	68,880	58,899	15,461	74,360	92,033	99,368
6	62,160	63,270	17,007	80,277	95,263	98,862
7	52,080	67,927	18,708	86,634	104,174	99,388
8	47,040	72,882	25,723	98,605	109,895	100,243
9	43,680	78,149	22,636	100,785	109,790	100,889
10	42,000	83,741	24,900	108,641	115,562	101,725
11	38,640	89,669	27,390	117,059	125,459	102,874
12	35,280	95,946	37,661	133,607	141,604	104,479
13	31,920	102,582	33,142	135,724	143,317	105,865
14	28,560	109,585	36,456	146,041	153,231	107,327
15	25,200	116,963	40,102	157,065	163,852	108,843

Fuente: aquí se deberán referenciar las bitácoras de la operación del vehículo, la factura original del equipo, así como la fuente de donde se obtuvieron los valores de rescate de un vehículo con condiciones similares en el mercado.

Si se pudieran comprar pick up usadas con un año de uso y venderlas cuando tengan dos años de antigüedad, el VAN de hacer este tipo de operación, en vez de comprar una pick up nueva y utilizarla durante su vida útil económica (6 años para el caso bajo análisis) entonces se tendría el siguiente VAN, el cual se expresa en el cuadro II y asciende a \$52,356.

Cuadro II. Beneficios netos y el VAN de llevar a cabo el reemplazo de la pick up (cifras en pesos de diciembre de 2005)

Concepto	Periodo						
	0	1	2	3	4	5	6
Sit. sin proyecto	0	-98,862	-98,862	-98,862	-98,862	-98,862	-98,862
Sit. con proyecto		-86,128	-86,128	-86,128	-86,128	-86,128	-86,128
Proyecto	0	12,734	12,734	12,734	12,734	12,734	12,734
Flujos descontados	0	11,370	10,152	9,064	8,093	7,226	6,452
VAN =	52,356	Tasa de descuento = 12%					

Fuente: aquí se deberán referenciar las bitácoras de operación del vehículo, la factura original del equipo, así el documento donde se obtuvieron los valores de rescate de un vehículo con condiciones similares en el mercado.