

192  
2 Gen



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO DE LA VIDA ECONOMICA  
DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION**

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A  
JOSE SANGINES NADER



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	1
<b>CAPITULO 1. GENERALIDADES</b>	<b>4</b>
1.1 La Empresa propietaria de la maquinaria	5
1.2 El mecanismo de recopilación de datos	7
1.3 El procesamiento de la información	8
<b>CAPITULO 2. ESBOZO DE LA TEORIA DEL REEMPLAZO</b>	<b>9</b>
2.1 Importancia de una política de reemplazo acertada	10
2.2 Tipos de reemplazo	10
2.3 Factores que determinan el reemplazo	11
2.4 Determinación de la vida económica de un activo	13
<b>CAPITULO 3. EL MODELO OBJETO DEL ANALISIS</b>	<b>17</b>
3.1 Variables que afectan al modelo	18
3.1.1 Variación de los costos de opera <u>ci</u> ción en efectivo	19
3.1.2 Variación de los costos de oportu <u>n</u> idad por descomposturas y pérdi <u>d</u> as de productividad	23

3.1.3	Variación de los costos de oportunidad por obsolescencia	26
3.1.4	Variación del costo de propiedad del activo	29
3.2	Efecto de la inflación e impuestos	33
3.3	Determinación de la vida económica	34
<b>CAPITULO 4.</b>	<b>ANALISIS DE SENSIBILIDAD</b>	<b>36</b>
4.1	De los costos de oportunidad por obsolescencia	37
4.1.1	Variación anual de 4%	37
4.1.2	Variación anual de 6%	63
4.1.3	Variación anual de 8%	64
4.2	De los costos de oportunidad por deterioro	65
4.2.1	Variación anual de 4%	65
4.2.2	Variación anual de 6%	66
4.2.3	Variación anual de 8%	67
4.3	Combinación de los costos de oportunidad por obsolescencia y deterioro	68
<b>CAPITULO 5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>69</b>

## I N T R O D U C C I O N

El dinamismo económico existente en el país durante los últimos años, exige a las empresas mexicanas una cuidadosa planeación de sus futuros proyectos de inversión.

En la industria de la construcción, los procedimientos tradicionales usados para el cálculo de costos de maquinaria, provocan la descapitalización de las empresas, debido a la falta de consideración que se tiene para con los efectos inflacionarios.

Estudios realizados tanto en México (ref. 1 y 2) como en Estados Unidos de América (ref. 3) nos indican como el fenómeno inflacionario hace variar la vida económica de la maquinaria de construcción, la cual se mantiene constante en condiciones estables de la economía.

El primero de los estudios referidos es una aplicación concreta de la metodología de cálculo que se sugiere en las referencias 2 y 3, en una empresa constructora mexicana; el estudio se fundamenta en una serie de datos estadísticos que se tiene de los tractores de orugas de la

empresa, así como en un análisis de sensibilidad del comportamiento futuro de la inflación y de la tasa de valor de capital de la empresa.

Es objeto la presente tesis, de realizar un análisis de sensibilidad al modelo empleado en las referencias ya mencionadas, este análisis consiste en determinar cuan susceptible es de cambiar la vida económica de los tractores estudiados, si se varían los siguientes factores:

1. Incremento anual de los costos de oportunidad -- por obsolescencia debidos a la:

-Creciente eficiencia de la máquinas que aparecen en el mercado, respecto a las que están en uso.

-Disminución progresiva de los costos de operación de las nuevas máquinas disponibles.

2. Incremento anual de los costos de oportunidad -- por deterioro, debido a :

-Tiempos muertos.

-Pérdida de eficiencia y productividad en la máquina.

Con los resultados obtenidos, se podrá contar -- con un parámetro más en la información disponible, y de este modo se estará en posibilidad de realizar una mejor toma de decisiones en el momento oportuno.

C A P I T U L O 1

GENERALIDADES

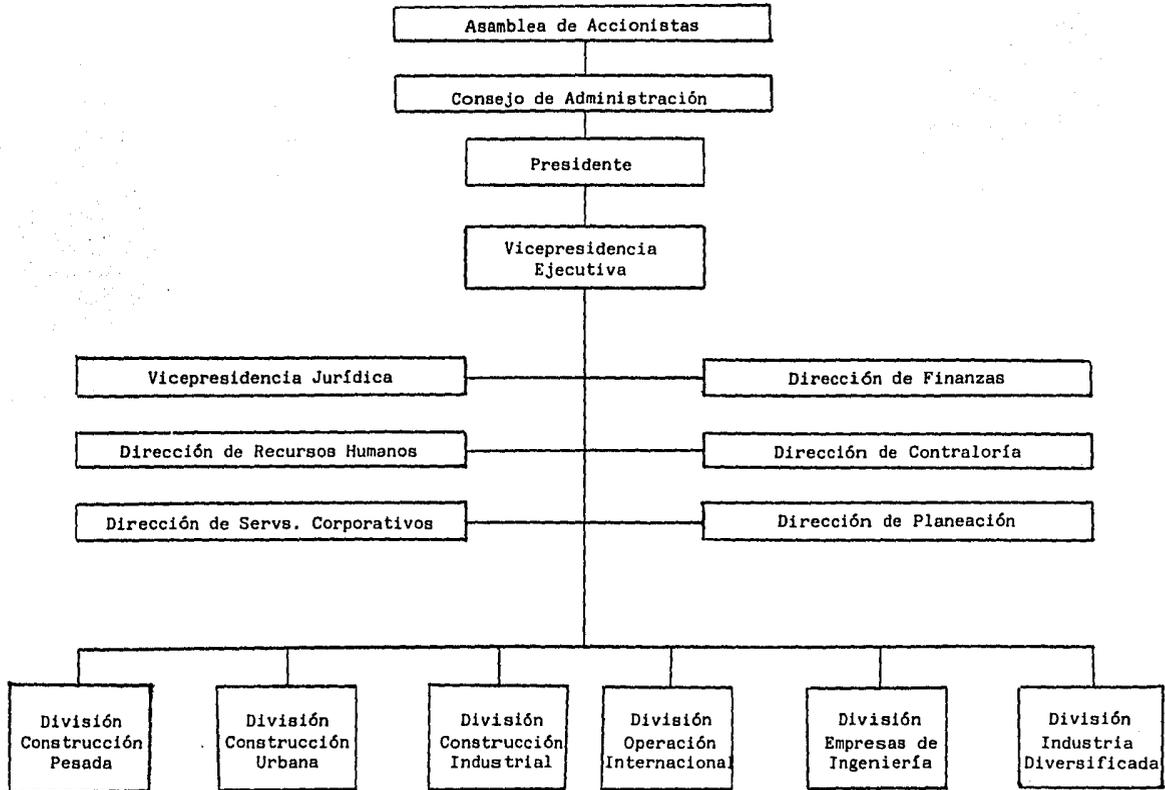
## 1.1 La Empresa Propietaria de la Maquinaria

La maquinaria que se estudia es propiedad de un grupo de empresas dedicadas a la Ingeniería Civil. Dentro de la organización de este grupo (fig. 1.1) se cuenta con una División Construcción Pesada (DPC), formada por varias empresas especializadas en la construcción de presas, caminos y al movimiento de tierras, fundamentalmente. Cada una de las empresas de la División trabaja con su propio equipo, sin embargo dependiendo de la demanda de trabajo de cada empresa en particular, el equipo puede ser usado indistintamente por las otras empresas.

Para lograr lo anterior, existe una empresa administradora del equipo (EAE), la cual se encarga de la administración de la maquinaria y el equipo que utilizan las empresas de la DCP.

La EAE opera como una especie de arrendadora, la cual alquila la maquinaria necesaria a la empresa solicitante, cobrándole una renta mensual que comprende los cargos fijos por depreciación e intereses, mientras que los costos de operadores, consumos, mantenimiento menor y llantas corren por cuenta de la obra donde es utilizado el equipo.

Fig. 1.1.- Organigrama Operativo



## 1.2 El Mecanismo de Recopilación de Datos

Mensualmente las empresas que utilizan la maquinaria, envían desde la obra a la casa matriz y a la EAE, - un reporte de los costos horarios, que en lo que respecta al equipo mayor, abarca los siguientes conceptos:

- 1) Operadores: Salarios al personal encargado - de operar las máquinas.
- 2) Consumos: Combustibles, lubricante y filtros.
- 3) Elementos de desgaste: Cargos por sustitución de elementos varios.
- 4) Mantenimiento preventivo: Cargos por servicio de rutina para conservar en buenas condiciones de trabajo a la máquina.
- 5) Rentas: Depreciación, intereses y mantenimiento correctivo.
- 6) Llantas: Por tratarse de tractores de oruga, - no se detalla este concepto.
- 7) Taller mecánico: Comprende los cargos por mano de obra, equipo auxiliar y mantenimiento, - que no pueden identificarse directamente con alguna máquina.

Las erogaciones debidas al consumo, elementos de desgaste y mantenimiento preventivo se determinan en base al reporte de cargos que el almacén acumula de los vales de salida, que indican la descripción de la pieza, la cantidad, el número económico de la máquina en que se usa, -- así como el cargo correspondiente de acuerdo al catálogo de cuentas de la obra.

### 1.3 El Procesamiento de la Información

Los datos estadísticos empleados en este estudio fueron tomados de la referencia 1, en la cual se llevaron a cabo los siguientes procesos en los reportes mensuales de costos horarios mencionados en la sección anterior:

- 1) Mediante programa Fortran, se transformó a moneda de una sola fecha ( mayo de 1984 ) los costos horarios, y se obtuvieron los correspondientes a cada 500 horas de uso.
- 2) Mediante programa Fortran se simularon los costos horarios en moneda corriente.

Así mismo queda estructurado un programa general del modelo, muy sencillo implementando para las calculadoras HP - 41C o CV.

C A P I T U L O 2

ESBOZO DE LA TEORIA DEL REEMPLAZO

## 2.1 Importancia de una Política de Reemplazo Acertada

Las empresas constructoras, situadas en un medio de franca competencia, no pueden permitirse el ver incrementados los costos de operación de su maquinaria en uso, por una deficiente política de reemplazo de la misma.

La importancia de tener definido el momento oportuno de reponer un equipo, radica en que, si ésta se realiza prematuramente, absorbe capital innecesario para el fin que se persigue; por el contrario, si se retrasa la decisión de reemplazo, conforme transcurre el tiempo, se van incrementando los costos de operación de la máquina. Cualquiera de las dos situaciones que se presentasen, la empresa descubriría un marcado contraste entre sus costos de producción y los de otras con acertadas políticas de reemplazo.

## 2.2 Tipos de Reemplazo

Los estudios previos realizados a la toma de la decisión de reemplazo de una máquina, pueden ser de dos tipos. El primero consiste en el análisis de lo que significa conservar un equipo, comunmente llamado defensor, comparan-

do sus costos con los resultantes de sustituirlo con uno -- nuevo, llamado retador, en una fecha determinada. El segundo tipo consiste en la determinación anticipada de la vida-económica, o número de años que debe conservarse un bien activo para obtener el servicio más económico (fig. 2.1).

El problema de estimación de la vida económica de un equipo no se refiere generalmente a una unidad en particular, sino a cualquier unidad de una clase determinada. La estimación de la vida económica tiene, entre otros fines: - definir políticas de reemplazo de activos, planear actividades futuras de la empresa, determinar costos de operación y fijar costos de venta de los productos.

### 2.3 Factores que Determinan el Reemplazo

Los factores que dan lugar al reemplazo de una máquina, se pueden dividir en: los concernientes a la propia maquina, a la situación financiera de la empresa o del país en general; principalmente se cuenta con los siguientes:

#### 1) Deterioro físico

##### 1.1 Falla súbita

##### 1.2 Falla gradual

- 2) Cambio de necesidades
- 3) Obsolescencia
  - 3.1 Obsolescencia súbita
  - 3.2 Obsolescencia gradual
- 4) Capital disponible
- 5) Factor de inercia
- 6) Impuesto sobre la renta
- 7) Inflación

Para el estudio que nos ocupa, por tratarse de maquinaria pesada sujeta a reparaciones en caso de falla, se considerará un deterioro físico gradual; así mismo la obsolescencia, ya que personas experimentadas en el uso de maquinaria de construcción, consideran que a partir del cambio de los mandos mecánicos por medio de cables a mandos hidráulicos en los tractores de orugas, no se han presentado en los últimos años cambios tecnológicos de importancia, que pongan en considerable desventaja a los modelos en uso respecto a los nuevos, sin embargo han existido variantes, tales como aumento en la potencia de los motores e innovaciones en el diseño de la oruga, que gradualmente mejoran la eficiencia de los nuevos modelos.

Para el cálculo de la vida económica, se hará caso omiso del cambio de necesidades de la empresa, con respecto a la maquinaria adquirida, así como del capital dispo

nible de la misma, que se considerará infinito.

En cuanto al Impuesto sobre la Renta, el cual grava las utilidades o los ingresos obtenidos en el curso de las operaciones normales, así como las ganancias en la enajenación del activo; es preciso incluirlo en el análisis económico efectuado, por la repercusión que ejerce en el resultado final.

Finalmente, debido a la situación inflacionaria de México y el resto del mundo, es necesario hacer el cálculo de la vida económica de los activos de la empresa, pronosticando el comportamiento futuro de las tasas inflacionarias, con base en los datos históricos disponibles.

#### 2.4 Determinación de la Vida Económica de un Activo

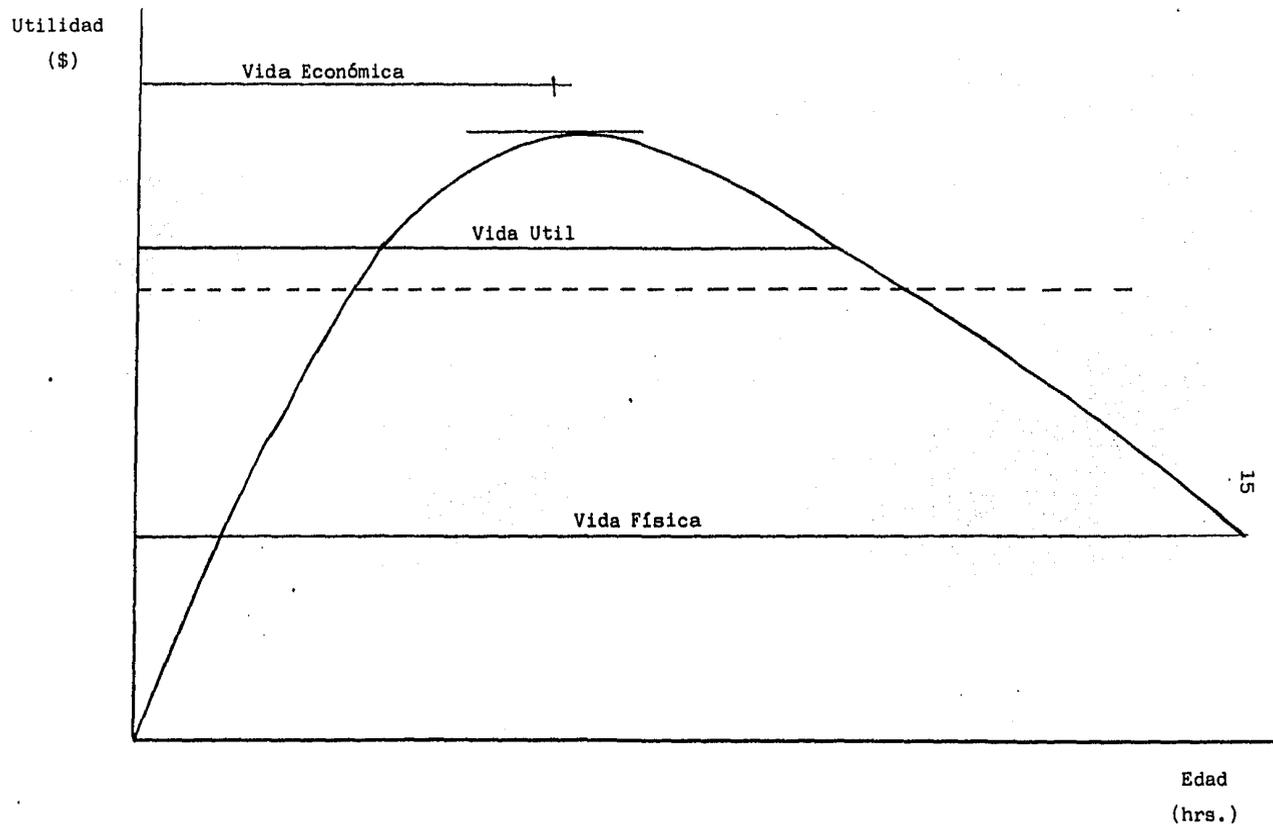
La vida económica de un activo se encuentra definida por el equilibrio de dos tendencias de variación de -- costos generados por el activo mismo:

- 1) Incremento de los costos inherentes a la operación de la máquina, conforme aumentan los años de uso.

2) Decremento de los costos de propiedad del acti  
vo, conforme aumentan los años de uso.

Estas variaciones se encuentran graficamente re--  
presentadas en la figura 2.2, de donde se observa que mien--  
tras la primera tiende a disminuir la vida económica, la se  
gunda la aumenta.

Fig. 2.1.- Curva Utilidad - Edad de un Activo



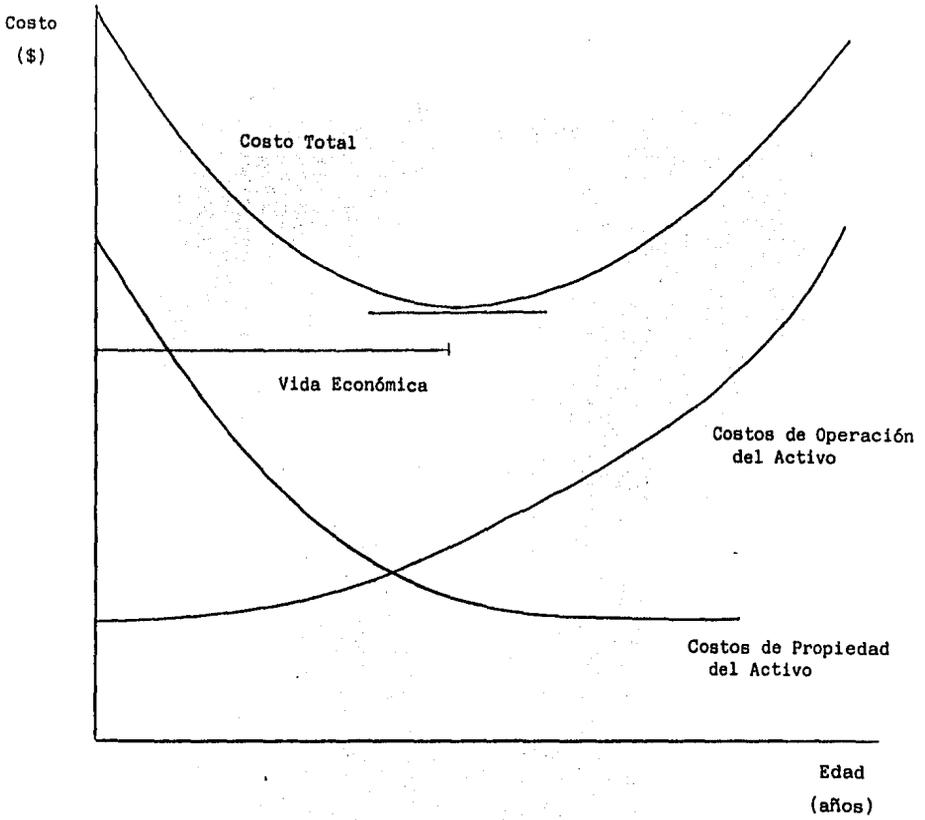


Fig. 2.2.- Curvas de Variación de los Costos del Equipo a través del tiempo.

C A P I T U L O 3

EL MODELO OBJETO DEL ANALISIS

### 3.1 Variables que Afectan al Modelo

El modelo en análisis depende de cuatro patrones de variación, los cuales son a su vez función del tiempo:

- A) Patrón de variación de los costos de operación en efectivo,  $C_e(T)$ .
- B) Patrón de variación de los costos de oportunidad por deterioro,  $C_d(T)$ .
- C) Patrón de variación de los costos de oportunidad por obsolescencia,  $C_o(T)$ .
- D) Patrón de variación del costo de propiedad del activo,  $C_p(T)$ .

Los tres primeros son de carácter operativo y generalmente son funciones crecientes del tiempo, por lo que tienden a disminuir la vida económica del activo, mientras que el cuarto patrón es de carácter financiero, y al ser una función decreciente respecto al tiempo, tiende a aumentar la vida económica de éste. La vida económica está determinada por el punto de equilibrio de estas dos tendencias.

### 3.1.1 Variación de los Costos de Operación en Efectivo

Los costos de operación en efectivo ( $C_e$ ) incluyen las erogaciones por los siguientes conceptos, las cuales van aumentando conforme se usa la máquina:

- Consumos: Combustibles, lubricantes, energía y otros.
- Mano de obra y materiales de operación y mantenimiento preventivo.
- Costos indirectos variables de talleres.

Así mismo se deberán incluir aquellos costos fijos (respecto a la producción) que varían con la edad de la máquina, como podrían serlo algunos impuestos de tenencia, cuotas de seguros y otros.

La variación de los costos de operación de una sola máquina es muy irregular, sin embargo el índice de variación de los costos promedio de un grupo de máquinas puede considerarse linealmente variable con respecto al tiempo, por lo que se representan con la ecuación de una línea recta:

$$C_e(T) = C_e(0) + G_e T \quad \dots\dots\dots (3.1.1)$$

Los datos estadísticos usados para definir la ecuación anterior, son los siguientes:

- a) Reportes mensuales de costos horarios de 39 tractores.
- b) Registros de horas trabajadas por mes, a lo largo de todos los años de uso, de 19 tractores.
- c) Registro de costos de reparaciones mayores de 20 tractores.

De los datos estadísticos obtenidos, se distinguen tres medidas diferentes del tiempo:

$T_A$  = Tiempo aprovechable (horas/año). Suponiendo 300 días laborables en un año, y un solo turno de 8 horas,  $T_A = 2,400$  horas/año.

$T_P$  = Tiempo de trabajo programado (horas/año).

$T_O$  = Tiempo de operación (horas/año). Generalmente  $T_O < T_P$ , debido a los tiempos muertos por descomposturas, mantenimiento, transportes y otras causas.

De estos tres diferentes tiempos, se derivan los siguientes:

$$\text{Tiempo de Desocupación (horas/año)} = T_A - T_P$$

$$\text{Tiempo de Utilización (x 100\%)} = u = T_P/T_A$$

$$\text{Tiempo Perdido (horas/año)} = T_m = T_P - T_O$$

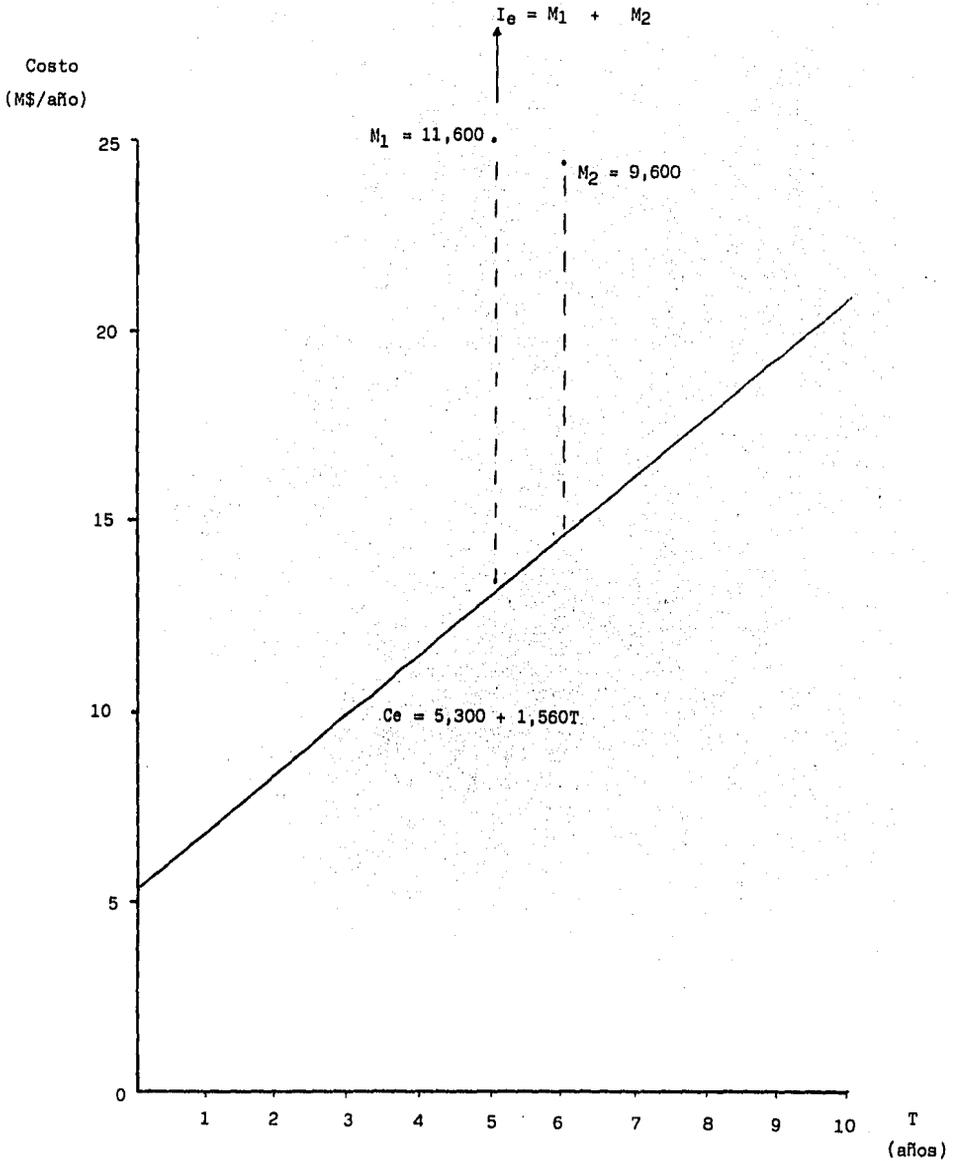
$$\text{Coeficiente de Disponibilidad (x 100\%)} = d = T_O/T_P$$

Mediante los reportes mensuales de costos horarios y los registros de las horas trabajadas por mes, se obtiene el costo correspondiente a mano de obra, consumo, elementos de desgaste y mantenimiento: Costo (OCM), al que se le suma el costo promedio de reparaciones mayores, para obtener el costo total de operación en efectivo ( $C_e$ ), el cual finalmente se ajusta para años "normales" de trabajo de 2,000 horas.

Con cifras normalizadas, se grafican los costos de operación en efectivo ( $C_e$ ) contra los años de operación de las máquinas (fig. 3.1) de lo cual resulta una tendencia general de aumento con el tiempo, de los costos ( $C_e$ ), representada para este caso (ref. 1), por la siguiente recta de regresión:

$$C_e = 5,300 + 1,560 T \dots\dots\dots (3.1.2)$$

Fig. 3.1.- Variación de los Costos de Operación en Efectivo



Esta ecuación equivale al modelo considerado para la variación de los costos en efectivo, ecuación (3.1.1) donde:

$$C_e(0) = 5,300$$

$$C_e(T) = 1,360$$

Independientemente de los puntos considerados en la ecuación 3.1.2, existe una erogación debida a las reparaciones extraordinarias, que en el gran promedio de las máquinas, se concentran en los años 5 y 6; esta inversión es de carácter puntual y se representan con los puntos  $M_1$  y  $M_2$  en la figura 3.1.

### 3.1.2 Variación de los Costos de Oportunidad por Descomposturas y Pérdida de Productividad

El costo de oportunidad por deterioro,  $C_d(T)$ , es el que se incurre al tener que operar una máquina durante mayor tiempo que una nueva idéntica para lograr la misma producción que ésta.

Al igual que la variación de los costos de operación en efectivo, al tomarse en cuenta la estadística de -

un grupo de máquinas, se puede considerar a la variación - de los costos de oportunidad por deterioro, como linealmente variable, suponiendo la siguiente relación:

$$Cd(T) = Gd(T) \quad (\$/año) \dots\dots\dots(3.1.2)$$

De donde para  $T = 0$ ,  $Cd = 0$ , debido a que cuando la máquina es nueva, el deterioro es nulo.

El gradiente de los costos por deterioro está -- formado por dos componentes:

$$Ge = (Gd) TM + (Gd)PE \dots\dots\dots(3.1.4)$$

donde:

$(Gd)TM$  = Incremento anual de los costos de operación debido a los tiempos muertos.

$(Gd)PE$  = Incremento anual de los costos de operación debido a la pérdida de eficiencia y productividad de la máquina.

A su vez,

$$(Gd)TM = (GM) (Chf) \dots\dots\dots(3.1.5)$$

$$(Gd)PE = (GE) (hA) (Ch) \dots\dots\dots(3.1.6)$$

Donde:

GM = Incremento anual de los tiempos muertos por descomposturas y mantenimiento (horas/año/año), su valor se obtiene de graficar el --- tiempo perdido contra los años de uso (fig. 4.2), de donde resulta:  $GM = 63T$

Chf= Costos fijos por hora-máquina descompuesta en moneda del tiempo "0", excluyendo depreciación e intereses, para el caso en estudio se aplica el correspondiente a taller mecánico en los reportes de costos horarios, que a lo largo de 15,000 horas trabajadas se obtiene \$ 1,291/hora en moneda de mayo de 1984.

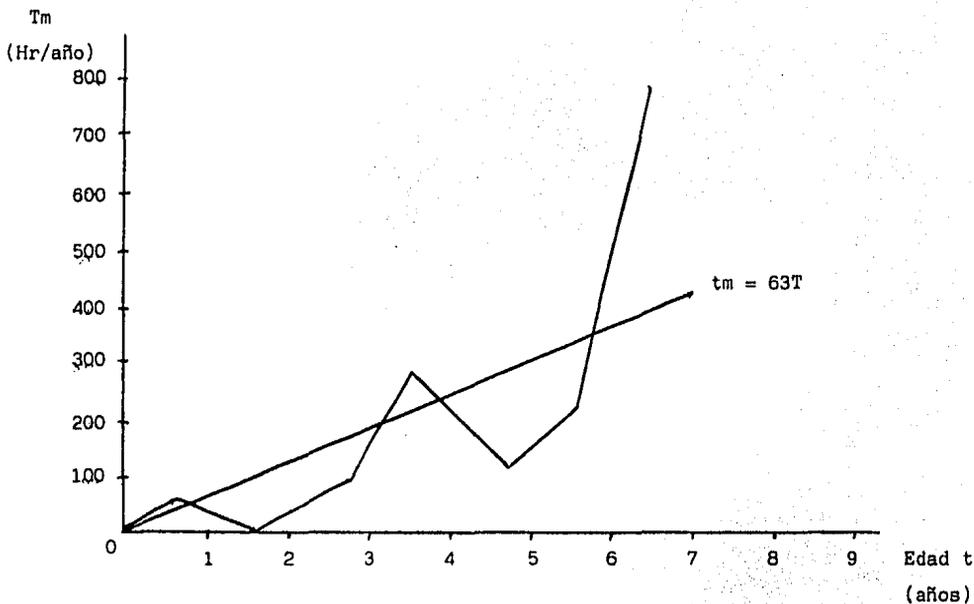
GE = Disminución anual de la eficiencia o productividad de la máquina (% por año de operación normal), es objeto la presente tesis de analizar el modelo variando esta tasa en 4, 6 y 8%.

hA = Horas "normales" de trabajo por año = 2,000 horas/año.

Tabla 3.1

Año	$T_p$	$T_o$	$t_m$
1	2,000	1,955	45
2	4,000	2,235	0
3	6,000	1,935	65
4	8,000	1,745	255
5	10,000	1,925	75
6	12,000	1,805	195
7	14,000	1,270	730
8	16,000	1,978	22

Fig. 3.2.- Recta de Regresión de la Variación de los Tiempos Muertos



### 3.1.3 Variación de los Costos de Oportunidad por Obsolescencia

El costo de oportunidad por obsolescencia,  $Co(T)$ , es el que se presenta al comparar tanto la productividad - como el costo de operación, de una máquina en uso, considerándola como nueva, con la máquina más eficiente disponible en el mercado, con capacidad suficiente para proporcionar el servicio requerido.

Los costos de oportunidad por obsolescencia, al igual que los anteriores, varían en forma irregular, debido a que están sujetos a las innovaciones tecnológicas, -- que bien pueden ser insignificantes o de gran trascendencia para el mercado de la maquinaria; no obstante se puede considerar una tendencia estadística lineal:

$$Co(T) = GoT \dots\dots\dots (3.1.7)$$

Para  $T = 0$ , ya que presumiblemente se está adquiriendo el modelo más eficiente existente en el mercado.

El gradiente de los costos por obsolescencia está formado por:

$$G_o = (G_{pc}) (Ch) (hA) \dots\dots\dots (3.1.8)$$

Donde:

$G_{pc}$  = Promedio del incremento anual de la productividad y de la disminución anual del costo horario de operación, de las máquinas de la clase analizada, referido a la productividad y a su costo de operación de la máquina en uso, cuando nueva; es objetivo de esta tesis determinar la sensibilidad del modelo en estudio, si se varía esta tasa en 4, 6 y 8%.

$Ch$  y  $hA$  = Tienen el mismo significado que para los costos por deterioro.

Sustituyendo valores resulta:

$$C_o = (4, 6, 8\%) (\$ 8,230/hr) (2,000 hr/año)T$$

Ch = Costo total de operación por hora-máquina -  
 en moneda del tiempo "0", excluyendo depre-  
 ciación e intereses, incluye costos comple-  
 tos de operadores y de mantenimiento y cuyo  
 valor promedio es de \$ 8,230/hora.

Sustituyendo valores resulta:

$$(Gd)TM = (63T) (\$ 1,291/hora) = 81,330T$$

$$(Gd)PE = (4, 6, 8\%) (2,000 \text{ horas}) (\$8,230/hora) = \\ (4, 6, 8\%) 16,460,000T$$

$$Cd = (Gd)TM + (Gd)PE = (4\%, 6\%, 8\%) 16,460,000T + \\ 81,330T$$

$$Cd = 410,530T \quad \text{para GE} = 2\%$$

$$Cd = 739,730T \quad \text{para GE} = 4\%$$

$$Cd = 1,068,930T \quad \text{para GE} = 6\%$$

$$Cd = 1,398,130T \quad \text{para GE} = 8\%$$

Co = 329,200T	para Gpc = 2%
Co = 658,400T	para Gpc = 4%
Co = 986,460T	para Gpc = 6%
Co = 1,316,800T	para Gpc = 8%

#### 3.1.4 Variación del Costo de Propiedad del Activo

Costo de propiedad es el conjunto de cargos que se derivan de la adquisición de un activo y de la disponibilidad de éste al final de su vida económica, por lo que tiene dos componentes principales: el costo inicial de adquisición y el valor de rescate al final de su vida. Desde el punto de vista contable, estos dos elementos se convierten en cargos por depreciación y cargos por intereses sobre el capital.

Mientras que el costo de adquisición  $C$ , es un valor constante, cualquiera que sea la vida considerada, el valor de rescate está en función del tiempo de uso.

El costo de propiedad de un activo puede considerarse como la anualidad equivalente al costo inicial de adquisición (C) y al valor neto de rescate (R):

$$C_p = (AE)_{C,R} = (C-R) (A/P, i, n) + iR \dots\dots(4.1.9)$$

El costo de propiedad, para el presente estudio, se obtiene de los datos estadísticos de 15 tractores. Los valores de rescate se obtienen a partir de avalúos anuales de la maquinaria; mientras que los costos de adquisición se infieren a partir de cotizaciones de precios de tractores por parte de las agencias distribuidoras de los mismos (referencia 1).

## VALORES DE RESCATE EN MONEDA DE UNA MISMA FECHA:

MAYO DE 1984

TABLA 3.2.- CIFRAS EN MILES DE PESOS M.N.

MARCA	TRACTOR NO.ECO.	EDAD AÑOS	FECHA AVALUO	V. RESCATE M.CORRIENTE	FACTOR CONVERS	V. RESCATE PESOS MAY/84	VALOR DE RESC. PROME- DIOS	% DE C(O)
	463	0.1	DIC/81	6,500	6.06	39,390		
	466	0.2	DIC/81	6,500	6.06	39,390	39,300	86
K*	479	0.5	DIC/81	6,000	6.06	36,360		
	401	1.0	DIC/80	4,000	11.86	47,440		
	406	1.0	DIC/80	3,800	11.86	45,068		
K	452	1.1	DIC/81	6,000	6.06	36,360		
	463	1.1	DIC/82	10,000	2.24	22,400	30,715	63
	466	1.2	DIC/82	10,000	2.24	22,400		
K	472	1.0	DIC/81	4,000	6.06	24,240		
	410	1.5	DIC/81	3,000	6.06	18,180		
	460	1.5	DIC/81	5,700	6.06	34,540		
k	479	1.5	DIC/82	9,000	2.24	20,160		
	401	2.0	DIC/81	4,100	6.06	24,846		
	406	2.0	DIC/81	3,000	6.06	18,180		
K	452	2.1	DIC/82	7,500	2.24	16,800	21,027	42
	410	2.5	DIC/82	9,000	2.24	20,160		
K	417	2.4	DIC/82	9,000	2.24	20,160		
	460	2.5	DIC/82	12,500	2.24	28,000		
K	472	2.0	DIC/82	8,500	2.24	19,040		
K	392	3.3	DIC/81	2,600	6.06	15,760	12,360	25
	401	3.0	DIC/82	4,000	2.24	8,960		
K	392	4.3	DIC/82	4,500	2.24	10,080	10,080	19
	237	7.5	DIC/81	1,300	6.06	7,880		
	239	8.5	DIC/82	4,200	2.24	9,410	8,750	19
	352	7.8	DIC/82	4,000	2.24	8,960		

\* LOS TRACTORES CON LA LETRA K SON DE MARCA

KOMATSU, LOS DEMAS SON CATERPILLAR

TABLA 3.3.- FLUJO UNIFORME EQUIVALENTE A LOS COSTOS  
 DE PROPIEDAD EN PESOS DE MAYO DE 1984

AÑOS DE USO	VALOR DE		( a / P, r, T )			Ac, r ( M\$ / AÑO )		
	RESCATE (T) R (M\$)	C - R M \$	r=15%	r=20%	r=30%	r=15%	r=20%	r=30%
1	32,823	19,277	1.0769	1.1031	1.1574	25,682	27,829	32,158
2	21,882	30,218	0.5787	0.6066	0.6649	20,771	22,706	26,657
3	13,025	39,075	0.4139	0.4433	0.5056	18,128	19,927	23,664
4	9,899	42,201	0.3325	0.3632	0.4293	15,515	17,307	21,087
5	9,899	42,201	0.2843	0.3164	0.3862	13,482	15,332	19,266
6	9,899	42,201	0.2528	0.2862	0.3594	12,152	14,058	18,137
7	9,899	42,201	0.2307	0.2655	0.3419	11,223	13,183	17,397
8	9,899	42,201	0.2147	0.2506	0.3299	10,543	12,555	16,893
9	9,899	42,201	0.2025	0.2396	0.3216	10,030	12,091	16,542
10	9,378	42,722	0.1931	0.2313	0.3157	9,656	11,757	16,302

$$C(0) = 52,100$$

$$Acr = (C-R) (a/P, r, T) + r R$$

### 3.2 Efecto de la Inflación e Impuestos

Para determinar la vida económica de los activos, es necesario analizar simultáneamente los efectos de los - cargos fiscales y la inflación, sobre los cuatro parámetros determinantes en las decisiones de reemplazo.

Respecto a la inflación, se puede apreciar en -- las secciones anteriores, que los costos  $C_e$ ,  $C_d$  y  $C_o$  de un grupo de máquinas similares, dependen de los costos de ope- ración de las mismas, por lo se se les considerará la mis- ma tasa relativa de inflación continua  $O_o$ ; por otra parte, los costos de propiedad se determinan básicamente en fun-- ción del costo de adquisición de la máquina, el cual ten-- drá una tasa relativa de inflación continua  $O_m$ .

El procedimiento empleado para considerar ambos- efectos en los costos de operación, en los de propiedad y- en las reparaciones mayores, se encuentra definido en el - siguiente capítulo.

### 3.3 Determinación de la Vida Económica

El problema de elección de la vida económica se plantea como el de elección de una política de reemplazo a cada  $n$  años, con el objeto de lograr el mínimo costo en un horizonte económico infinito.

Si se supone que no hay inflación, se tiene en la figura 3.3 que la ordenada de la recta  $C_0$ , en el tiempo  $T$ , es el costo de operar el modelo más eficiente en el mercado para realizar el mismo trabajo que la máquina en uso, cuando nueva; la recta  $C_e$  representa al incremento respecto a  $T$ , de los costos de operación en efectivo; mientras que la recta  $C_{DE}$  es la suma de las ordenadas de los costos de operación en efectivo más los de oportunidad por deterioro de la máquina, en el tiempo  $T$ . La diferencia de ordenadas entre las rectas  $C_{DE}$  y  $C_0$ , representa el costo total evitable en que se incurre para realizar una cantidad fija de trabajo por año, por no reemplazar la máquina en uso.

Al adoptarse una política de reemplazo a cada  $n$  años, la gráfica de costos evitables sería como se muestra

en la figura 3,4, donde la recta  $C_0$  es la misma que en la figura anterior, y las rectas  $C_{DE1}$ ,  $C_{DE2}$ , ..., son paralelas a la recta  $C_{DE}$  de dicha figura; de este modo, cada vez que se reemplaza al equipo en uso por uno nuevo, del modelo mas eficiente, desaparecen los costos de oportunidad y en efectivo, debido al deterioro y a la obsolescencia, representados por las áreas achuradas. La magnitud de estas áreas representa al costo total por deterioro y obsolescencia, asociado a la política de reemplazo cada  $n$  años, y -- mientras menos sea el período de reemplazo, menor será el costo incurrido, el cual puede representarse mediante un flujo anual uniforme equivalente:  $AD.O$ .

Cuando un activo se reemplaza cada  $n$  años, es necesario obtener también el flujo anual uniforme del costo de propiedad,  $A_{C,R}$ ; ya que, como se mencionó anteriormente, el óptimo económico implica un balance entre los costos -- crecientes de operación y el costo decreciente de propiedad, en función de  $T$ .

Finalmente la vida económica del activo queda determinada por el valor de  $n$  para el cual es mínimo el costo total:

$$AT = A_{D,O} + A_{C,R} \dots\dots\dots (3.4.1)$$

Fig. 3.3.- Incremento de los costos de la maquinaria conforme el tiempo de uso.

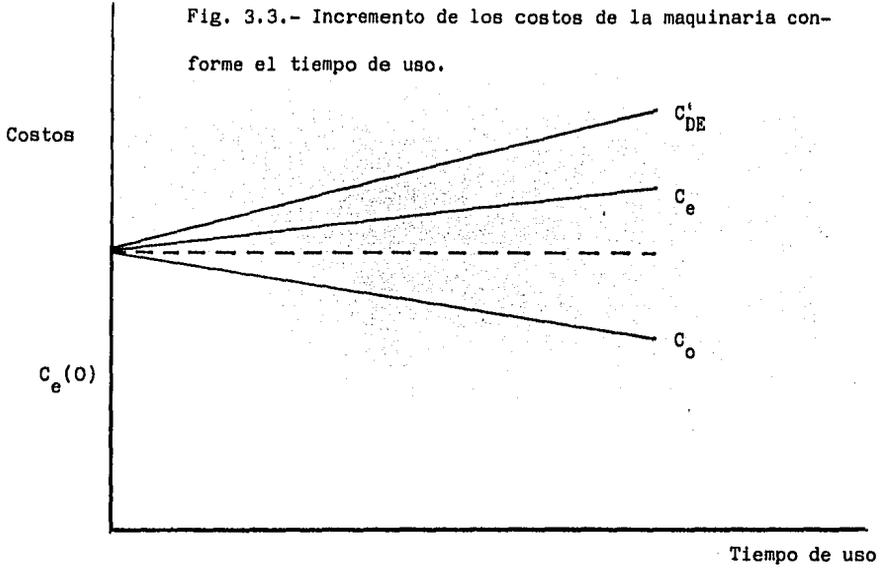
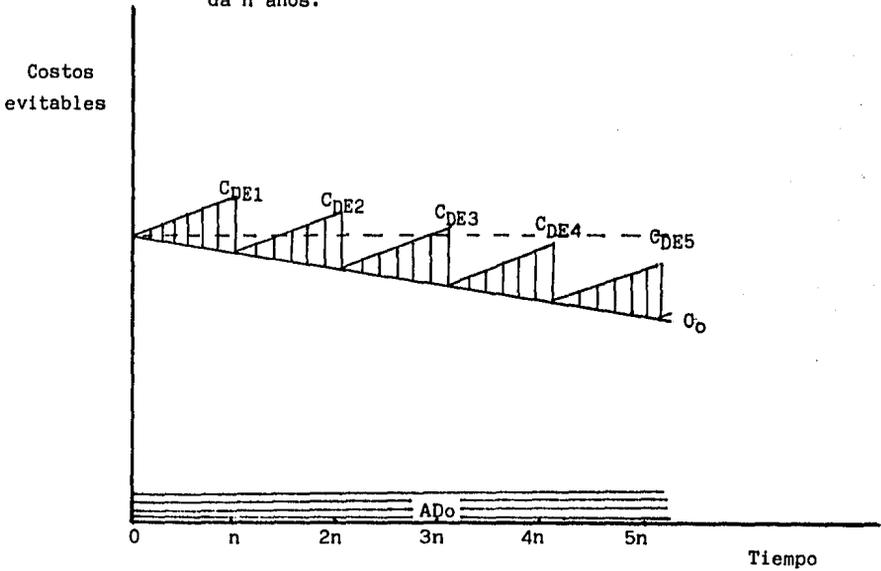


Fig. 3.4.- Costo asociado a una política de reemplazo cada  $n$  años.



C A P I T U L O 4

A N A L I S I S D E S E N S I B I L I D A D

#### 4.1 De los Costos de Oportunidad por Obsolescencia

Como se mencionó en el capítulo anterior, en la sección correspondiente a los costos por obsolescencia, el análisis de sensibilidad se realizará afectando la tasa anual de variación de la obsolescencia en un 4, 6 y 8%, con lo que resultan las siguientes variaciones en los costos de oportunidad por este concepto:

$$Co(T) = 658,400T \text{ para } G_{PE} = 4\%$$

$$Co(T) = 987,600T \text{ para } G_{PE} = 6\%$$

$$Co(T) = 1,316,800 \text{ para } G_{PE} = 8\%$$

##### 4.1.1 Variación Anual del 4% en los Costos de Oportunidad por Obsolescencia

Para la determinación de la vida económica se seguirá la metodología detallada a continuación:

I Costo Total de Operación en Moneda del Tiempo-Cero

$$\begin{aligned}
 C_t(0) &= C_e + C_d + C_o \\
 &= 5,300 + 1,560T + 410.5T + 658.4T \\
 &= 5,300 + 2,500T
 \end{aligned}$$

II Variación de los Costos de Operación en Moneda Constante y Después de Impuestos

$$C_t(T) = C_t(0) \exp(O_o T)$$

donde:

$O_o$  = Tasa de inflación incremental o relativa

Costo Neto después de Impuestos:

$$C_n(T) = (1 - t_i) C_t(T)$$

donde:

$t_i$ , tasa impositiva fiscal

Se toman tres alternativas para la tasa incremental de Inflación Relativa (Inflación de Costos Operación/-Inflación Costos Producto).

$$O_{o,1} = \text{Ln} (1 + 0.20) = 0.1823$$

$$O_{o,2} = \text{Ln} (1 + 0.10) = 0.0953$$

$$O_{o,3} = \text{Ln} (1 - 0.05) = 0.0513$$

En la tercer alternativa,  $O_o$  es negativo, lo que significa que la inflación de los costos del producto "Construcción" es superior a la de los costos de los insumos -- "Costos de Operación", lo que se convierte en un beneficio económico para la empresa.

### III Costos Totales de Operación en Moneda Corriente

$$c'_t(T) = C_t(o) \exp(O_o^a T)$$

donde:

$$O_o^a = \text{tasa absoluta de inflación continua}$$

Para cada una de las alternativas tomadas, se tienen las siguientes inflaciones absolutas de los costos de operación:

$$O_{o,1}^a = \text{Ln} (1 + 0.70) = 0.5306$$

$$O_{o,2}^a = \text{Ln} (1 + 0.50) = 0.4055$$

$$O_{o,3}^a = \text{Ln} (1 + 0.30) = 0.2624$$

Tabla 4.1.-Efecto de la Inflación e Impuestos en Costos Totales de Operación (No incluye cargos por Reparaciones Extraordinarias)

Edad T (años)	Alternativa	Ct(0) (M\$)	Ct'(T) (M\$)	Ct(T) (M\$)	Cn(T) (M\$)
1	1	7,900	13,430	9,480	4,740
	2	7,900	11,850	8,960	4,480
	3	7,900	10,270	7,505	3,753
2	1	10,500	30,343	15,119	7,560
	2	10,500	23,627	12,705	6,353
	3	10,500	17,746	9,476	4,738
4	1	15,700	131,113	32,553	16,277
	2	15,700	79,492	22,985	11,493
	3	15,700	44,847	12,787	6,394
5	1	18,300	259,797	45,531	22,766
	2	18,300	138,990	29,471	14,736
	3	18,300	67,959	14,160	7,080
6	1	20,900	504,390	62,399	31,200
	2	20,900	238,114	37,023	18,512
	3	20,900	100,902	15,363	7,682
8	1	26,100	1'820,261	112,206	56,103
	2	26,100	669,101	55,943	27,972
	3	26,100	212,967	17,314	8,257
10	1	31,300	6'308,279	193,760	96,880
	2	31,300	1'805,546	81,176	40,588
	3	31,300	431,651	18,739	9,370

IV Variación de los Costos de Propiedad conside  
rando Inflación e Impuestos

A fin de obtener la variación de los costos de -  
propiedad, se analizan 3 alternativas de la Tasa de Infla-  
ción Incremental (TII):

$$1.- 1 + t'm = 1.30 \quad Om_1 = \text{Ln}(1.30) = 0.2624$$

$$2.- 1 + t'm = 1.10 \quad Om_2 = \text{Ln}(1.10) = 0.0953$$

$$3.- 1 + t'm = 0.95 \quad Om_3 = \text{Ln}(0.95) = 0.0513$$

Además se suponen las siguientes tasas de Infla-  
ción del Costo de Propiedad (basicamente variación del pre-  
cio de los tractores).

$$1.- 1 + tm = 1.90 \quad Om^{a1}_m = \text{Ln}(1.90) = 0.6419$$

$$2.- 1 + tm = 1.60 \quad Om^{a2}_m = \text{Ln}(1.60) = 0.4700$$

$$3.- 1 + tm = 1.30 \quad Om^{a3}_m = \text{Ln}(1.30) = 0.2624$$

Con lo anterior y considerando una tasa marginal  
de impuestos (t) igual al 50%, se calcula la variación de-  
los costos de propiedad, siguiendo la siguiente secuencia-  
de cálculo:

IV. 1 Cálculo del Valor de Rescate en Moneda ---  
Constante

$$R(T) = R(0) \text{ Exp } (O_m T)$$

Donde:

$R(T)$  = Valor de rescate en moneda constante a la edad de T años.

$R(0)$  = Valor de rescate en moneda del tiempo cero (fecha de estudio).

$O_m$  = Tasa continua de Inflación incremental -- del costo de propiedad.

IV. 2 Valor de Rescate en Moneda Corriente

$$R'(T) = R(0) \text{ Exp } (O_m^a T)$$

Donde:

$R'(T)$  = Valor de rescate en moneda corriente a la edad de T años.

$O_m^a$  = Tasa absoluta de inflación del costo de propiedad.

IV. 3 Costo de Propiedad en Moneda Constante, --  
expresado como Flujo Uniforme Equivalente, -  
para distintos períodos y (años) de uso.

$$A_{C,R} = (C - R) (A/P, r, T) + rR$$

Para lo cual se considera un costo de adquisición  
 $C(0) = 52,100,000$  y una tasa continua de valor de capital-  
para cada una de las alternativas supuestas:

1.-  $r_1 = 30\%$  para  $f_m = 90\%$

2.-  $r_2 = 20\%$  para  $f_m = 60\%$

3.-  $r_3 = 15\%$  para  $f_m = 30\%$

Tabla 4.2.- Valores de Rescate R(O), R(T) y R'(T) Expresados como Porcentaje del Costo de Adquisición C(O).

Edad T (años)	Alternativa	R(o) % Moneda de una sola fecha	R(T) % Moneda Cons tante	R'(T) % Moneda co rriente
0	1	86	86	86
	2	86	86	86
	3	86	86	86
1	1	63	81.9	119.7
	2	63	69.3	100.8
	3	63	59.8	81.9
2	1	42	71.0	151.6
	2	42	50.8	107.5
	3	42	37.9	71.0
3	1	25	54.9	171.5
	2	25	33.3	102.4
	3	25	21.4	54.9
4	1	20	57.1	260.7
	2	20	29.3	131.1
	3	20	16.3	57.1
5	1	20	74.3	495.3
	2	20	32.2	209.7
	3	20	15.5	74.3
6	1	20	96.6	941.2
	2	20	35.4	336.0
	3	20	14.7	96.6
7	1	20	125.5	1,798.3
	2	20	39.0	536.9
	3	20	14.0	125.5
8	1	20	163.2	3,398.0
	2	20	42.9	859.0
	3	20	13.3	163.2
9	1	20	212.2	6,456.4
	2	20	47.2	1,374.3
	3	20	12.6	212.2
10	1	18	248.2	11,041.0
	2	18	46.7	1,979.0
	3	18	10.8	248.2

$$R(T) = R(O) \text{ Exp } (Om, iT)$$

$$R'(T) = R(O) \text{ Exp } (Om^a, iT)$$

Alternativa	Om	Om <sup>a</sup>
1	0.2624	0.6419
2	0.0953	0.4700
3	-0.0513	0.2624

Tabla 4.3.- Flujo Uniforme Equivalente al Costo Básico de Propiedad en -  
Moneda Constante

Años de Uso	Alternativa	R=R(T)XC(0) M\$	(a/p,r,T)	Ac,R M\$
1	1	42,670	1.1575	23,716
	2	36,105	1.1031	24,865
	3	31,136	1.0769	27,227
2	1	36,991	0.6649	21,143
	2	26,467	0.6066	20,842
	3	19,746	0.5787	21,687
4	1	29,749	0.4293	18,520
	2	15,265	0.3632	16,431
	3	8,492	0.3325	15,771
5	1	38,710	0.3862	16,784
	2	16,781	0.3164	14,531
	3	8,076	0.2843	13,727
6	1	50,329	0.3594	15,735
	2	18,475	0.2862	13,319
	3	7,659	0.2528	12,382
8	1	85,027	0.3299	14,644
	2	22,351	0.2506	11,925
	3	6,929	0.2147	10,735
10	1	129,312	0.3157	14,416
	2	24,321	0.2313	11,290
	3	5,627	0.1931	9,817

$$A_{CR} = C(0) - R(T) \left( \frac{a}{P, r, T} \right) + rR(T)$$

$$C(0) = 52'100,000$$

IV. 4 Variación de los Costos de Propiedad en Mo-  
neda Constante, considerando el Pago de Im-  
puestos

La anualidad equivalente al total de los impues-  
tos durante la vida T del activo esta dada por:

$$A_I = A_{IC} + A_{IR}$$

$A_{IC}$ .- Es el flujo continuo uniforme equivalente-  
al impuesto correspondiente al cargo por -  
depreciación.

Cuando  $T < N$ .-

$$A_{IC} = -t C(0) f \frac{e^r - 1}{e^{rm} - 1} \frac{1 - e^{-rmT}}{1 - e^{-rT}}$$

Cuando  $T \geq N$ .-

$$A_{IC} = -t C(0) f \frac{e^r - 1}{e^{rm} - 1} \frac{1 - e^{-rmN}}{1 - e^{-rT}}$$

Donde:

t = Tasa impositiva

$C(O)$  = Costo de Adquisición

$f$  = Porcentaje de depreciación anual

$r$  = Tasa de valor de capital

$rm$  = Tasa monetaria de valor de capital

$T$  = Años de vida del activo

$N$  = Vida fiscal del activo

$A_{IR}$ .- Es el flujo continuo uniforme equivalente al impuesto sobre la ganancia por venta -- del activo.

Cuando  $t < N$ .-

$$A_{IR} = t R'(T) - 1t C(O) \frac{re^{-rmt}}{1-e^{-rt}}$$

Cuando  $t \geq N$ .-

$$A_{IR} = t R'(T) C(O) \frac{re^{-rmt}}{1-e^{-rt}}$$

Donde:

$R'(T)$  = Valor de rescate del activo en % en el a  
ño  $T$ , en moneda corriente.

1T = Fracción del valor inicial del activo que -  
no ha sido deducida hasta el año T.

Para realizar el cálculo se hacen las siguientes consideraciones:

f = 0.25 El fisco permite depreciar hasta un -  
25% anual de las Inversiones en Equi-  
po de Construcción.

r = 20% Con esta tasa continua de valor de ca  
pital, se analizan tres alternativas-  
de Inflación Monetaria

$$rm = r + fp$$

Donde:

fp = Tasa de Inflación del Producto (Construcción)

De acuerdo a 3.2 se tienen los 3 valores de fp:

$$1.- fp_1 = \frac{1.90}{1.30} - 1 = 0.46 \quad rm_1 = 0.30 + 0.46 = 0.76$$

$$2.- fp_2 = \frac{1.60}{1.30} - 1 = 0.45 \quad rm_2 = 0.20 + 0.45 = 0.65$$

$$3.- fp_3 = \frac{1.30}{1.95} - 1 = 0.37 \quad rm_3 = 0.15 + 0.37 = 0.52$$

$$C(0) = 52,100,000.00$$

Sustituyéndose los valores en las fórmulas ya mencionada se tiene que:

Tabla 4.4.- Flujo Uniforme Equivalente de los Impuestos Asociados al Costo de Propiedad, en Moneda Constante (Primer Período de Uso)

T	Alter- nativa	R'(T)	$l_T$	AIR	AIC	AI
1	1	1.197	0.75	6,303	-4,111	2,192
	2	1.008	0.75	3,871	-5,153	- 281
	3	0.819	0.75	1,151	-4,498	-3,348
2	1	1.516	0.50	3,849	-3,466	383
	2	1.075	0.50	2,476	-3,475	- 999
	3	0.710	0.50	1,119	-3,855	-2,736
4	1	2.607	0	1,395	-2,727	-1,333
	2	1.311	0	921	-2,648	-1,726
	3	0.571	0	618	-2,997	-2,379
5	1	4.953	0	1,115	-2,354	-1,339
	2	2.097	0	670	-2,306	-1,636
	3	0.743	0	409	-2,563	-2,154
6	1	9.412	0	922	-2,283	-1,361
	2	3.360	0	507	-2,086	-1,579
	3	0.966	0	281	-2,279	-1,998
8	1	33.980	0	668	-2,096	-1,428
	2	8.590	0	309	-1,826	-1,517
	3	1.632	0	142	-1,935	-1,793
10	1	110.410	0	454	-2,006	-1,551
	2	19.79	0	179	-1,686	-1,507
	3	2,482	0	69	-1,741	-1,672

$$C(0) = 52,000,000.00$$

$$f = 0.25$$

$$t = 50\%$$

V. Variación del Costo de las Reparaciones Extraordinarias (Aie) en Moneda Constante y Después de Impuestos

En promedio la inversión por Reparaciones mayores (Ie) se efectúa durante el 5º y 6º año, su valor en moneda de mayo de 1984 es:

$$Ie(0) = M_1 + M_2 = 11,600 + 9,600$$

$$Ie(0) = 21,200$$

Esta erogación se considera realizada en el 5º año, por lo que su valor en moneda constante es:

$$Ie(5) = Ie(0) (0m \times 5)$$

Considerando la segunda alternativa,  $0m = 0.0953$ :

$$Ie(5) = 21,200 \text{ Exp } (0.0953 \times 5)$$

$$Ie(5) = 34,141$$

El costo obtenido se transforma a una anualidad-uniforme equivalente por medio de la siguiente fórmula:

$$Aie = Ie \frac{r^2}{(1-e^{-rn}) (e^{rT}-1)}$$

Donde si se utiliza  $Ie(0)$ .- resultados en moneda  
de mayo de 1984

$Ie(S)$ .- resultados en moneda  
constante

Finalmente los resultados se multiplican por la  
tasa impositiva  $(1-t)$ , y así se encuentra el Flujo Uniforme  
Equivalente a  $Ie$ , después de los Impuestos.

Tabla 4.5.- Flujo Equivalente Uniforme

Año	Alternativa	Sin Inflación		Con Inflación	
		Aie S/Impuestos M\$	Aie C/Impuestos M\$	Aie S/Impuestos M\$	Aie C/Impuestos M\$
5	1	1,827	914	4,545	2,273
	2	2,468	1,234	3,974	1,987
	3	2,847	1,423	2,203	1,101
6	1	1,458	729	3,627	1,814
	2	2,016	1,008	3,247	1,624
	3	2,346	1,173	1,815	908
8	1	320	160	798	399
	2	475	237	766	383
	3	567	284	439	220
10	1	128	64	320	160
	2	310	105	338	169
	3	259	130	201	100

Alt	Ie(0)	Ie(5)	Alt	r	Oo
1	21,200	52,747	1	30%	.1823
2	21,200	34,141	2	20%	.0953
3	21,200	16,404	3	15%	-0.0513

## VI. Cálculo de la Vida Económica

Para la determinación de la vida económica se seguirá el siguiente procedimiento:

### VI. 1 Flujo Uniforme Equivalente de los Costos Evitables (Ad,o) para una sucesión Infinita - de Tractores

Se supone una variación lineal en el aumento de los costos evitables de deterioro y obsolescencia, el flujo uniforme equivalente es:

a) Sin inflación

$$Ad,o = \frac{G}{r} \frac{1 - (1+rn) e^{-rn}}{1 - e^{-rn}}$$

Donde:

$$G = Ge + Gd + Go$$

Ge, Gd, Go.- Pendiente de variación de los costos de operación en efectivo, y de los costos de oportunidad por deterioro y obsolescencia, respectivamente.

$$G = 1,560 + 411 + 628$$

$$G = 2,600$$

Para la segunda alternativa se tiene:

$$Ad_o = \frac{2,600}{0.20} \frac{1 - (1 - 0.20n) e^{-0.2n}}{1 - e^{-0.2n}}$$

b) Con Inflación

$$Ad_o = \frac{Gr}{(r - O_o)^2} \frac{1 - 1 + n(r - O_o) e^{-(r - o)n}}{1 - e^{-rn}}$$

Para la segunda alternativa, se tiene una Inflación Incremental de:  $f'o = 10\%$   $O_o = 0.0953$  y una tasa continua de valor de capital:  $r = 20\%$

$$Ad_o = \frac{2,600 \times 0.20}{(0.20 - 0.0953)} \frac{1 - 1 + n(0.20 - 0.0953) e^{-0.147n}}{1 - e^{-0.2n}}$$

$$Ad_o = 4,966.6 \frac{1 - (0.1047n) e^{-0.1047n}}{1 - e^{-0.2n}}$$

c) Con Inflación e Impuestos

El flujo uniforme equivalente después de los impuestos es el producto de los resultados del inciso anterior por  $(1 - t)$ , donde  $t$  es la tasa impositiva, 0.5 para este caso.

Tabla 4.6.- Flujo Uniforme Equivalente de los Costos Evitables Ad.o.

n	Alternativa	S/Inflación M\$	C/Inflación M\$	C/Inflación e Impuestos M\$
1	1	1,235	1,392	696
	2	1,257	1,338	669
	3	1,268	1,226	613
2	1	2,342	2,960	1,480
	2	2,427	2,747	1,374
	3	2,470	2,312	1,156
4	1	4,184	6,565	3,283
	2	4,514	5,742	2,871
	3	4,683	4,119	2,060
5	1	4,933	8,562	4,281
	2	5,434	7,310	3,655
	3	5,695	4,896	2,448
6	1	5,577	10,655	5,328
	2	6,276	8,911	4,456
	3	6,645	5,517	2,754
8	1	6,591	15,033	7,517
	2	7,738	12,171	6,086
	3	8,368	6,589	3,295
10	1	7,304	19,497	9,749
	2	8,931	15,445	7,723
	3	9,866	7,402	3,701

g=2600

Alternativa

r

Oo

t=0.5

1

30%

18.23%

2

20%

9.53%

3

15%

-5.13%

VI. 2 Flujo Uniforme Equivalente de los Costos de Propiedad (AC,R) para una Sucesión Infinita - de Tractores

a) Sin Inflación, sin Impuestos

Alter nativa	AC,R						
	1	2	4	5	6	8	10
1	32,158	26,657	21,087	19,266	18,137	16,893	16,302
2	27,829	22,706	17,307	15,332	14,058	12,555	11,757
3	25,682	20,771	15,515	13,482	12,152	10,543	9,656

b) Sin Inflación, con Impuestos

$$A_{I,C} = -t f C(0) \quad \text{cuando } n \leq N$$

$$A_{IR} = -t f C(0) \frac{1-e^{-rN}}{1-e^{-rn}} \quad \text{cuando } n > N$$

$$A_{I,R} = t R(0) - t C(0) \frac{re^{-rn}}{1-e^{-rn}}$$

c) Con Inflación, sin Impuestos

$$A_{CR} = A_{C,R}(0) \frac{1-e^{-rn}}{1-e^{-(r-0m)n}}$$

d) Con Inflación, con Impuestos

$$A_{C,R} = AC, R(0) + AI(0) \frac{1-e^{-rn}}{1-e^{-(r-0m)n}}$$

Tabla 4.7.- Flujo Uniforme Equivalente de los Costos de Propiedad sin Inflación con Impuestos, para Sucesión Infinita de Máquinas

Alter	n	nativa	Ro	IT	A <sub>IR</sub>	A <sub>IC</sub>	A <sub>I</sub>	A <sub>CR</sub>	A <sub>CR</sub>
								antes	después
							de Imp	de Imp	
1	1	0.63	0.75	-2,681	-6,515	-9,193	32,158	22,965	
	2	0.63	0.75	-2,824	-6,513	-9,336	27,829	18,493	
	3	0.63	0.75	-2,897	-6,513	-9,410	25,682	16,272	
2	1	0.42	0.50	- 760	-6,513	-7,273	26,657	19,384	
	2	0.42	0.50	- 847	-6,513	-7,360	22,706	15,346	
	3	0.42	0.50	- 894	-6,513	-7,406	20,771	13,365	
4	1	0.20	0	674	-6,513	-5,839	21,087	15,248	
	2	0.20	0	850	-6,513	-5,662	17,307	11,645	
	3	0.20	0	951	-6,513	-5,562	15,515	9,953	
5	1	0.20	0	449	-5,858	-5,409	19,266	13,857	
	2	0.20	0	606	-5,673	-5,067	15,271	10,204	
	3	0.20	0	700	-5,569	-4,869	13,482	8,613	
6	1	0.20	0	310	-5,452	-5,143	18,137	12,994	
	2	0.20	0	449	-5,132	-4,683	14,013	9,330	
	3	0.20	0	535	-4,951	-4,416	12,152	7,736	
8	1	0.20	0	156	-5,005	-4,849	16,893	12,044	
	2	0.20	0	264	-4,493	-4,230	12,529	8,299	
	3	0.20	0	337	-4,205	-3,868	10,543	6,075	
10	1	0.18	0	74	-4,789	-4,716	16,302	11,585	
	2	0.18	0	147	-4,148	-4,001	11,757	7,756	
	3	0.18	0	202	-3,782	-3,580	9,656	6,076	

Tabla 4.8.- Flujo Uniforme Equivalente de los Costos de Propiedad Considerando  
Inflación e Impuestos para una Sucesión Infinita de Máquinas

Años	Alter nativa	$A_{CR}$ (\$Ctes)	$A_{C, R}$ (00)	AI (\$Cte) M \$	ACR(Cte)+AI(Cte) M \$	$A_{CR}$
		Con Inf. la Maq. M \$	Con Inf. con Imp. M \$			Con Inf. con Imp. (00)
1	1	23,716	166,570	2,192	25,908	181,966
	2	24,865	45,342	- 281	24,584	44,830
	3	27,227	20,800	-3,348	23,879	18,242
2	1	21,143	131,684	383	21,526	134,070
	2	20,842	36,369	- 999	19,843	34,626
	3	21,687	16,960	-2,736	18,951	14,820
4	1	18,520	92,683	-1,333	17,187	86,012
	2	16,431	26,444	-1,726	14,705	23,666
	3	15,771	12,867	-2,379	13,392	10,926
5	1	16,784	76,080	-1,339	15,445	70,010
	2	14,531	22,538	-1,636	12,895	20,000
	3	13,727	11,415	-2,154	11,573	9,624
6	1	15,735	65,032	-1,361	14,374	59,407
	2	13,319	19,954	-1,579	11,740	17,588
	3	12,382	10,480	-1,998	10,384	8,789
8	1	14,644	51,258	-1,428	13,216	46,260
	2	11,925	16,778	-1,517	10,408	14,644
	3	10,735	9,375	-1,793	8,996	7,856
10	1	14,416	43,709	-1,551	12,865	39,006
	2	11,290	15,041	-1,507	9,783	13,034
	3	9,817	8,802	-1,672	8,145	7,303

Finalmente la vida económica queda determinada - por la suma de los flujos uniformes equivalente, para una sucesión infinita de máquinas de:

- a) Los costos evitables  $AD$ , o calculado en la ta  
bla 3.6.
- b) Los costos de propiedad  $AC, R$ , calculados en-  
la tabla 3.8.
- c) El costo de las reparaciones extraordinarias-  
 $Aie$ , calculados en la tabla 3.5.

La suma de los dos primeros se presenta en la ta  
bla 3.9 y la suma de los tres en la 3.10.

Tabla 4.9

(Resumen)

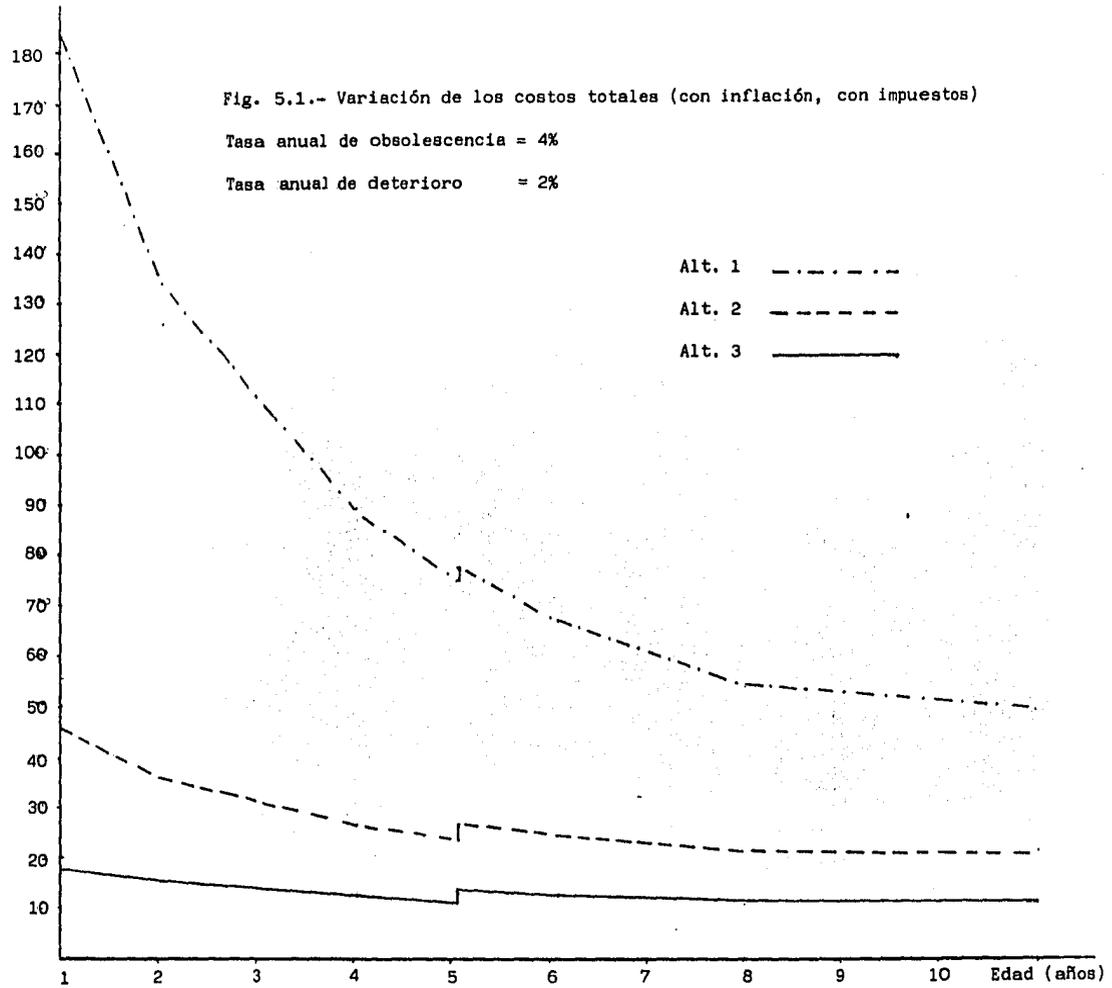
Cálculo de la Vida Económica (No se incluyen los importes de  $I_e$ )

Años	Alter- nativa	Sin Inf., sin Imp.			Sin Inf., con Imp.			Con Inf., sin Imp.			Con Inf., con Imp.		
		ADO	ACR	A	ADO	ACR	A	ADO	ACR	A	ADO	ACR	H
1	1	1,235	32,158	33,393	816	16,079	16,697	1,392	166,570	167,962	696	181,966	182,662
	2	1,257	27,829	29,086	624	13,915	14,844	1,338	46,342	47,680	669	44,830	45,499
	3	1,268	25,682	26,950	634	12,841	13,475	1,226	20,800	22,026	613	18,242	18,855
2	1	2,342	26,657	28,999	1,171	13,329	14,500	2,960	131,684	134,644	1,480	134,070	135,550
	2	2,427	22,706	25,133	1,214	11,353	12,567	2,747	36,369	39,116	1,374	34,626	36,000
	3	2,476	20,771	23,247	1,238	10,386	11,624	2,312	16,960	19,272	1,156	14,820	15,976
4	1	4,184	21,087	25,271	2,092	10,544	12,636	6,565	92,683	99,248	3,283	86,012	89,295
	2	4,514	17,307	21,821	2,257	8,654	10,911	5,742	26,444	32,186	2,871	23,666	26,537
	3	4,683	15,515	20,198	2,342	7,758	10,100	4,119	12,867	16,986	2,060	10,926	12,986
5	1	4,933	19,266	24,199	2,467	9,633	12,100	8,562	76,080	84,642	4,281	70,010	74,291
	2	5,434	15,332	20,766	2,717	7,666	10,383	7,310	22,538	29,848	3,655	20,000	23,655
	3	5,695	13,482	19,177	2,848	6,741	9,589	4,896	11,415	16,311	2,448	9,624	12,072
6	1	5,577	18,137	23,714	2,789	9,069	11,858	10,655	65,032	75,687	5,328	59,407	64,735
	2	6,276	14,058	20,334	3,138	7,029	10,167	8,911	19,954	28,865	4,456	17,588	22,044
	3	6,645	12,152	18,797	3,323	6,076	9,399	5,517	10,480	15,997	2,754	8,789	11,543
8	1	6,591	16,893	23,484	3,296	8,447	11,743	15,033	51,250	66,291	7,517	46,260	53,777
	2	7,738	12,555	20,293	3,869	6,278	10,147	12,171	16,778	28,949	6,086	14,644	20,730
	3	8,368	10,543	18,911	4,184	5,272	9,456	6,589	9,375	15,964	3,295	7,856	11,151
10	1	7,304	16,302	23,606	3,652	8,151	11,803	19,497	43,709	63,206	9,749	39,006	48,755
	2	8,931	11,757	20,688	4,466	5,879	10,345	15,445	15,041	30,486	7,723	13,034	20,757
	3	9,866	9,656	19,522	2,933	4,828	9,761	7,402	8,802	16,204	3,701	7,303	11,004

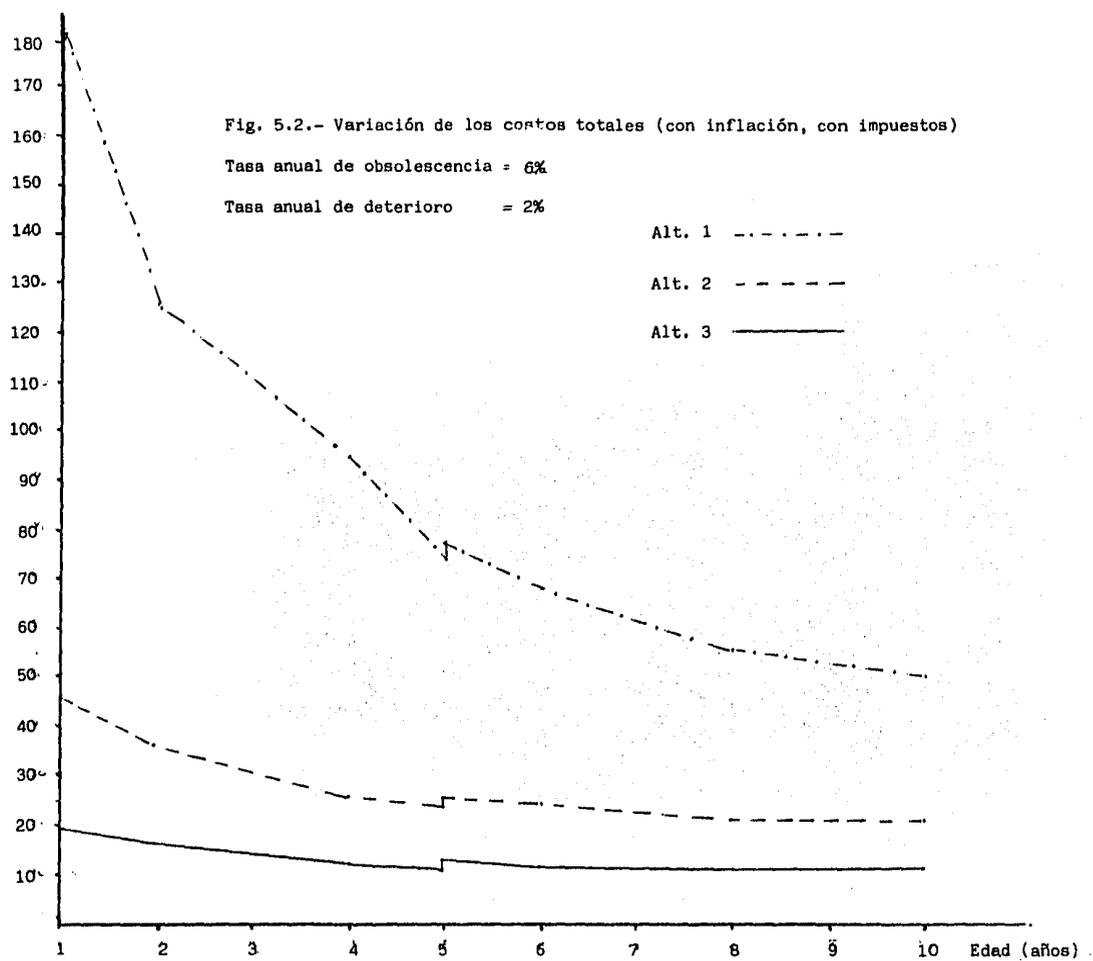
Tabla 4.10.- Cálculo de la Vida Económica Incluyendo el Flujo  
Uniforme Equivalente de Ie

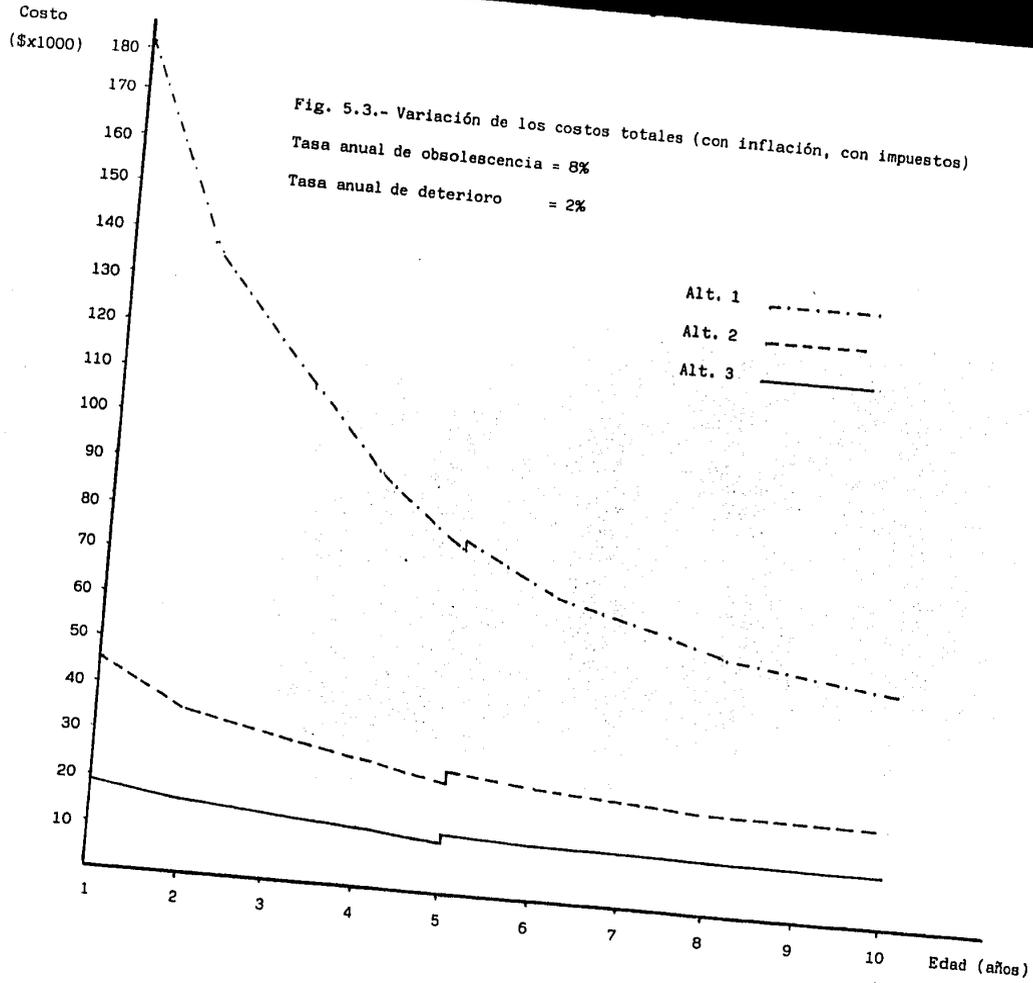
Años	Alter nativa	Sin Inf., sin Imp.			Sin Inf., con Imp.			Con Inf., sin Imp.			Con Inf., con Imp.		
		A	A <sub>Ie</sub>	A <sub>T</sub>	A	A <sub>Ie</sub>	A <sub>T</sub>	A	A <sub>Ie</sub>	AT	A	A <sub>Ie</sub>	AT
1	1	33,393		33,393	16,697		16,697	167,962		167,962	182,662		182,662
	2	29,086		29,086	14,544		14,544	47,680		47,680	45,499		45,499
	3	26,950		26,950	13,475		13,475	22,026		22,026	18,855		18,855
2	1	28,999		28,999	14,500		14,500	134,644		134,644	135,550		135,550
	2	25,133		25,133	12,567		12,567	39,116		39,116	36,000		36,000
	3	23,247		23,247	11,624		11,624	19,272		19,272	15,976		15,976
4	1	25,271		25,271	12,636		12,636	99,248		99,248	89,295		89,295
	2	21,821		21,821	10,911		10,911	32,186		32,186	26,537		26,537
	3	20,198		20,198	10,100		10,100	16,986		16,986	12,986		12,986
5	1	24,199	1,827	26,026	12,100	914	13,014	84,642	4,545	89,187	74,291	2,273	76,564
	2	20,766	1,468	22,234	10,383	1,234	11,617	29,848	3,974	33,822	23,655	1,987	25,642
	3	19,177	2,847	22,024	9,589	1,423	11,012	16,311	2,203	18,514	12,072	1,101	13,173
6	1	23,714	1,458	25,172	11,858	729	12,587	75,687	3,627	79,314	64,735	1,814	66,549
	2	20,334	2,016	22,350	10,167	1,008	11,175	28,865	3,247	32,112	22,044	1,624	23,668
	3	18,797	2,346	21,143	9,399	1,173	10,572	15,997	1,815	17,812	11,543	908	12,451
8	1	23,484	320	23,804	11,743	160	11,903	66,291	748	67,089	53,777	399	54,176
	2	20,293	475	20,768	10,147	237	10,384	28,949	766	29,715	20,730	383	21,113
	3	18,911	567	19,478	9,456	284	9,740	15,964	439	16,403	11,151	220	11,371
10	1	23,606	128	23,734	11,803	64	11,867	63,206	320	63,526	48,755	160	48,915
	2	20,688	210	20,898	10,345	105	10,430	30,486	338	30,824	20,757	169	20,926
	3	19,522	259	19,781	9,761	130	9,891	16,204	201	16,405	11,004	100	11,104

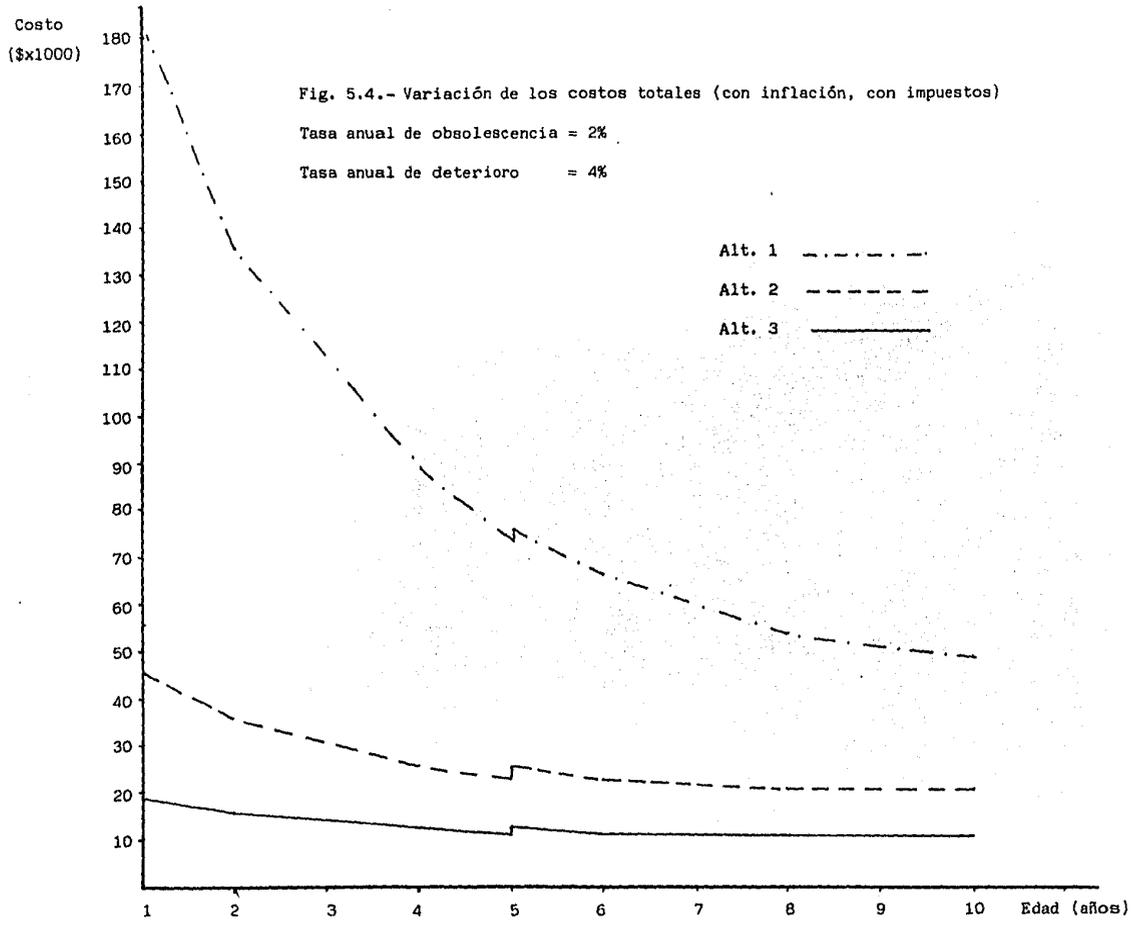
Costo  
(\$x1000)

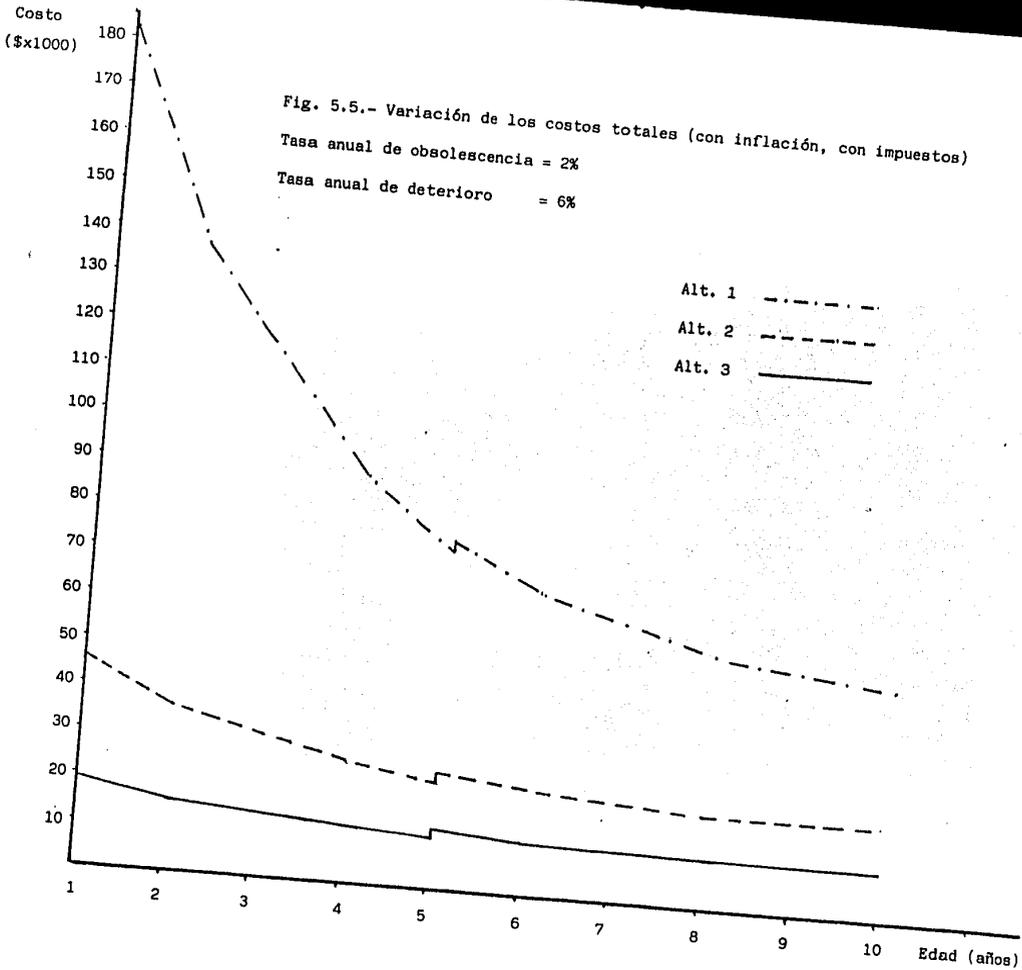


Costo  
(\$x1000)







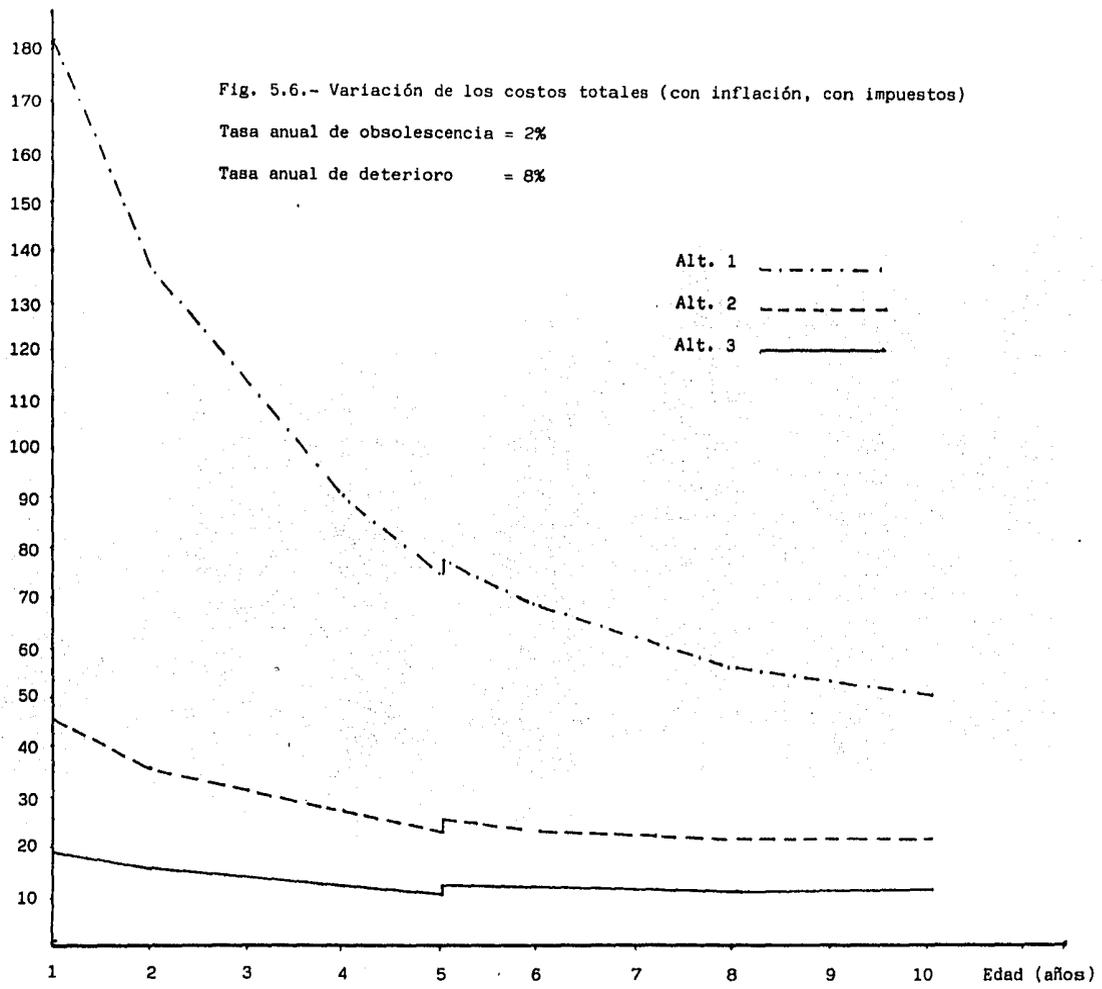


Costo  
(\$x1000)

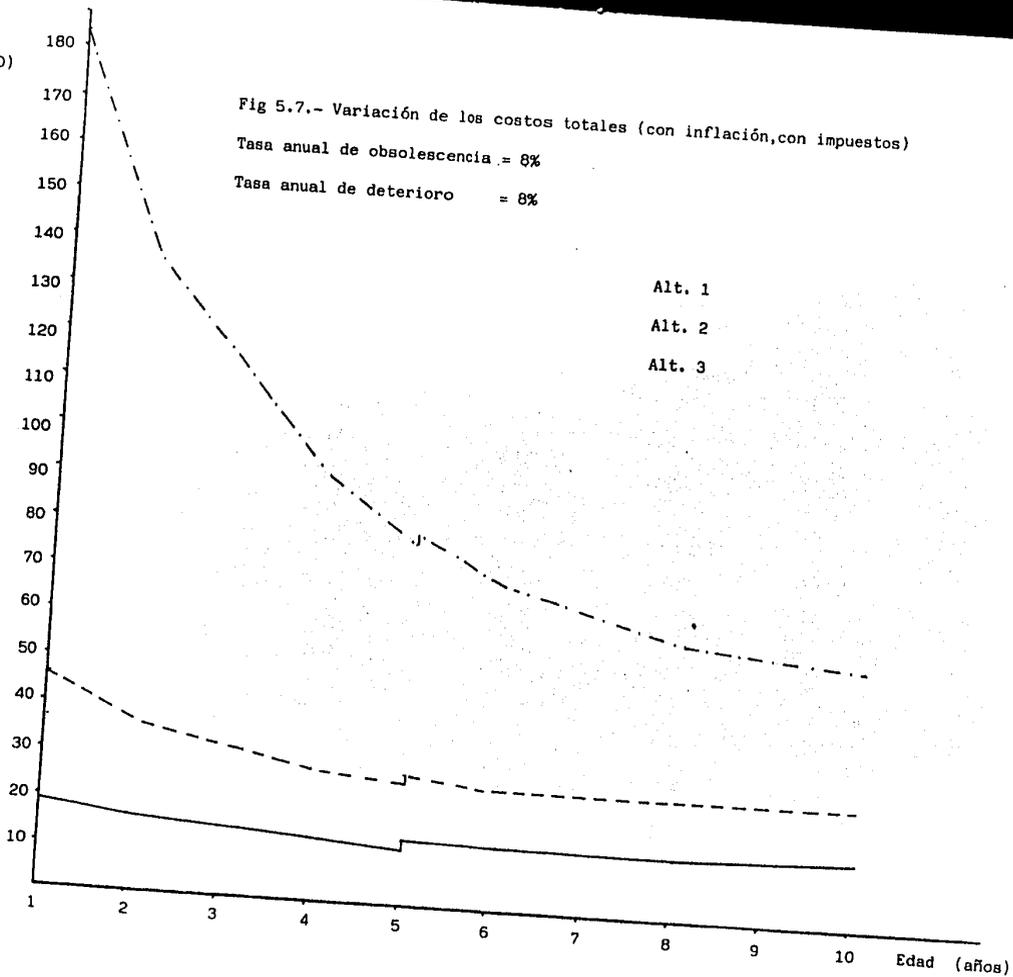
Fig. 5.6.- Variación de los costos totales (con inflación, con impuestos)

Tasa anual de obsolescencia = 2%

Tasa anual de deterioro = 8%



Costo  
(\$x1000)



C A P I T U L O 5

C O N C L U S I O N E S

## 5. Conclusiones

En las tablas 5.1 y 5.2 se comparan algunos de -- los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad rea-- lizado.

El punto de referencia de tal comparación lo re-- presentan los costos totales anuales de los tractores, cuan-- do:

- a) El incremento anual de los costos de oportuni-- dad por obsolescencia.-  $go = 2\%$
- b) El incremento anual de los costos de oportuni-- dad por deterioro.-  $gd = 2\%$

De las tablas mencionadas, se observa que en pe-- riódos de inflación incremental baja o negativa, el modelo-- se torna más sensible a cualquier variación en  $go$  ó  $gd$ , que en periodo de inflación elevada; y como se puede apreciar - en las gráficas del capítulo anterior, precisamente en di-- chos periodos es cuando se puede optar por realizar una -- fuerte inversión en el mantenimiento correctivo de la máqui-- na, o reemplazarla por otra nueva.

Derivado de lo anterior se concluye que, no obs-- tante las variaciones hechas a  $go$  y  $gd$  no modificaron la vi

da económica de los tractores, si modificaron sensiblemente los costos totales de los mismos, por lo que se recomienda, sobre todo durante períodos de inflación incremental baja, estar al tanto de factores que puedan incrementar los costos de oportunidad ya sea por deterioro o por obsolescencia de la maquinaria.

Tabla 5.1.- Comparación de los resultados obtenidos, considerando Inflación e Impuestos

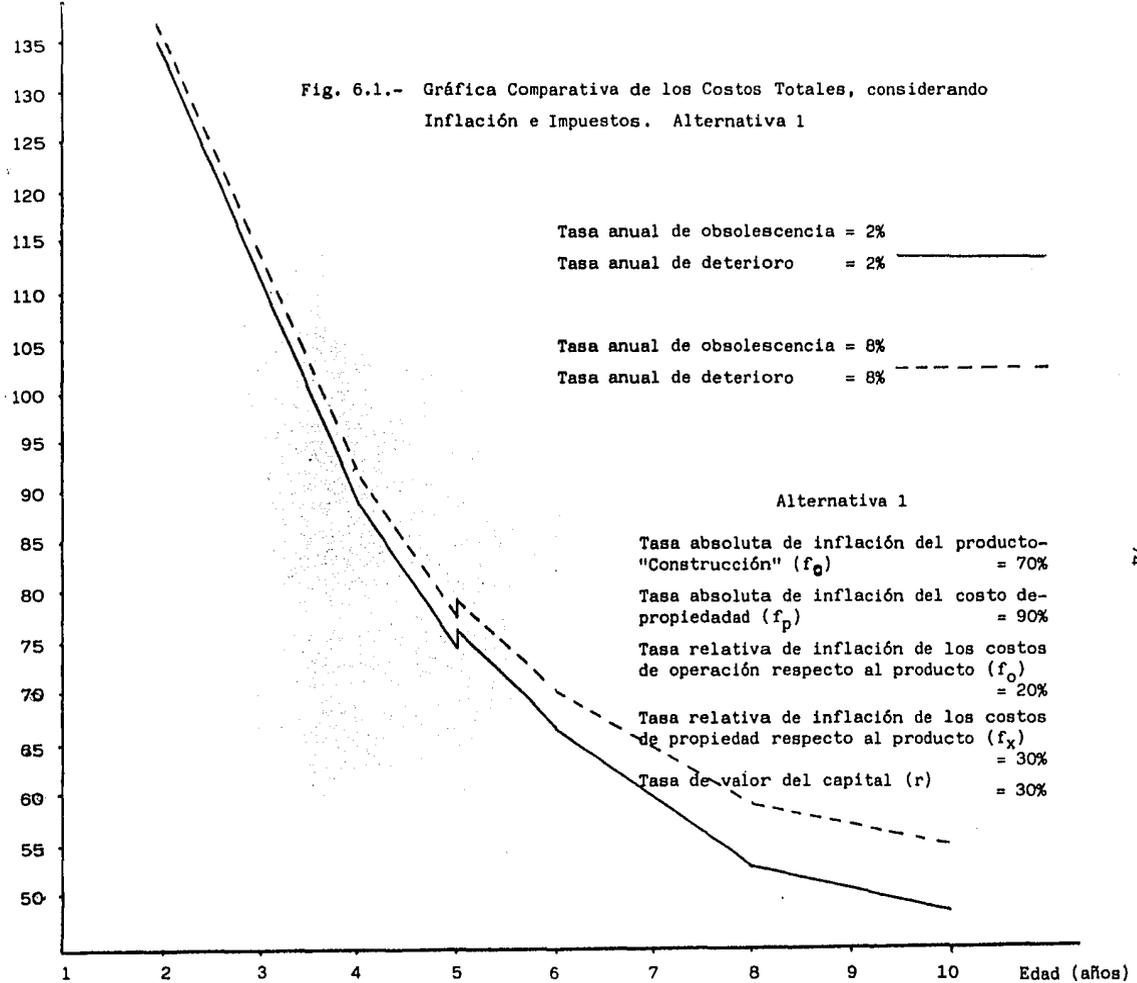
Alter- Año nativa	Incremento en % respecto a Go = 2%, GD = 2%															
	Go=2% GD=2%	Go=4% GD=2%	Go=2% GD=4%	Go=6% GD=2%	Go=2% GD=6%	Go=8% GD=2%	Go=2% GD=8%	Go=8% GD=8%	Go=4% GD=2%	Go=2% GD=4%	Go=6% GD=2%	Go=2% GD=6%	Go=8% GD=2%	Go=2% GD=8%	Go=8% GD=8%	
1	1	182,582	182,662	182,670	182,758	182,758	182,846	182,846	183,110	0.04	0.05	0.10	0.10	0.14	0.14	0.29
	2	45,422	45,499	45,506	45,592	45,591	45,676	45,676	45,930	0.17	0.18	0.37	0.37	0.56	0.56	1.11
	3	18,784	18,855	18,862	18,940	18,939	19,017	19,017	19,249	0.38	0.42	0.83	0.83	1.24	1.24	2.42
2	1	135,379	135,550	135,566	135,755	135,754	135,941	135,941	136,502	0.13	0.14	0.28	0.28	0.42	0.42	0.82
	2	35,841	36,000	36,015	36,190	36,189	36,362	36,363	36,884	0.44	0.49	0.97	0.97	1.45	1.46	2.91
	3	15,842	15,976	15,989	16,136	16,135	16,281	16,281	16,720	0.85	0.93	1.86	1.86	2.77	2.77	5.54
4	1	88,916	89,295	89,331	89,749	89,747	90,162	90,162	91,409	0.43	0.47	0.94	0.93	1.40	1.40	2.80
	2	26,206	26,537	26,259	26,935	26,933	27,296	27,296	28,387	1.26	0.20	2.78	2.77	4.16	4.16	8.32
	3	12,748	12,986	13,008	13,270	13,269	13,529	13,530	14,312	1.87	2.04	4.09	4.09	6.13	6.13	12.27
5	1	76,070	76,564	76,612	77,159	77,153	77,695	77,695	79,321	0.65	0.71	1.43	1.42	2.14	2.14	4.27
	2	25,220	25,642	25,683	26,148	26,145	26,608	26,599	27,997	1.67	1.84	3.68	3.67	5.50	5.47	11.01
	3	12,876	13,173	13,184	13,494	13,492	13,799	13,800	14,723	2.31	2.39	4.80	4.78	7.17	7.18	14.34
6	1	65,934	66,149	66,608	67,286	67,282	67,956	67,957	69,981	0.33	1.02	2.05	2.04	3.07	3.07	6.14
	2	23,153	23,668	23,717	24,284	24,281	24,845	24,845	26,538	2.22	2.44	4.88	4.42	7.31	7.31	14.62
	3	12,137	12,451	12,486	12,838	12,836	13,185	13,185	14,233	2.59	2.88	5.78	5.76	8.63	8.63	17.27
8	1	53,508	54,176	54,259	55,216	55,210	56,161	56,162	59,017	1.25	1.78	3.19	3.18	4.96	4.94	10.30
	2	20,411	21,113	21,181	21,955	21,951	22,721	22,721	25,033	3.44	3.77	7.56	7.54	11.32	11.32	22.64
	3	10,990	11,371	11,407	11,827	11,824	12,241	12,242	13,493	3.47	3.79	7.62	7.59	11.38	11.39	22.77
10	1	47,790	48,915	49,023	50,264	50,257	51,491	51,492	55,195	2.35	2.58	5.18	5.16	7.74	7.75	15.49
	2	20,030	20,926	21,011	21,995	21,989	22,966	22,967	25,900	4.47	4.90	9.81	9.78	14.66	14.66	29.31
	3	10,677	11,104	11,145	11,617	11,614	12,082	12,003	13,488	4.00	4.38	8.80	8.78	13.16	12.42	26.33

Tabla 5.2.- Comparación de resultados obtenidos, sin Inflación ni Impuestos

		Incremento en % respecto a Go = 2%, GD = 2%														
Año	Alter- nativa	Go=2%	Go=4%	Go=2%	Go=6%	Go=2%	Go=8%	Go=2%	Go=8%	Go=4%	Go=2%	Go=6%	Go=2%	Go=8%	Go=2%	Go=8%
		GD=2%	GD=2%	GD=4%	GD=2%	GD=6%	GD=2%	GD=8%	GD=8%	GD=2%	GD=4%	GD=2%	GD=6%	GD=2%	GD=8%	GD=8%
1	1	33,251	33,393	33,407	33,564	33,563	33,719	33,720	34,189	0.43	0.47	0.94	0.94	1.41	1.41	2.82
	2	28,941	29,086	29,100	29,260	29,259	29,418	29,418	29,895	0.50	0.55	1.10	1.10	1.65	1.65	3.30
	3	26,830	26,950	26,964	27,125	27,124	27,284	27,285	27,766	0.55	0.60	1.20	1.20	1.80	1.80	3.59
2	1	28,728	28,999	29,025	29,323	29,321	29,617	29,618	30,507	0.94	1.03	2.07	2.06	3.09	3.10	6.19
	2	24,853	25,133	25,260	25,469	25,467	25,774	25,775	26,697	1.13	1.24	2.48	2.47	3.71	3.71	7.42
	3	22,956	23,247	23,269	23,583	23,581	23,894	23,894	24,832	1.27	1.36	2.73	2.72	4.09	4.09	8.17
4	1	24,788	25,271	25,318	25,850	25,847	26,377	26,377	27,967	1.95	2.14	4.28	4.27	6.41	6.41	12.82
	2	21,300	21,821	21,871	22,446	22,442	23,014	23,014	24,729	2.45	2.68	5.38	5.36	8.05	8.05	16.10
	3	19,658	20,198	20,250	20,847	20,843	21,436	21,436	23,215	2.75	3.01	6.05	6.03	9.04	9.04	18.09
5	1	25,457	26,026	26,081	26,709	26,705	27,329	27,330	29,204	2.24	2.45	4.92	4.90	7.35	7.36	14.72
	2	21,607	22,234	22,295	22,987	22,983	23,670	23,671	25,735	2.90	3.18	6.39	6.37	9.55	9.55	19.10
	3	21,367	22,024	22,088	22,813	22,808	23,529	23,529	25,693	3.07	3.37	6.77	6.74	10.12	10.12	20.25
6	1	24,529	25,172	25,255	25,945	25,940	26,646	26,647	29,765	2.62	2.96	5.77	5.75	8.63	8.63	17.27
	2	21,626	22,350	22,420	23,219	23,214	24,009	24,009	26,393	3.35	3.67	7.37	7.34	11.02	11.02	22.04
	3	20,377	21,143	21,218	22,064	22,059	22,899	22,900	25,424	3.76	4.13	8.28	8.25	12.38	12.38	24.77
8	1	23,044	23,804	23,878	24,717	24,712	25,546	25,547	28,051	3.30	3.62	7.26	7.24	10.86	10.86	21.73
	2	19,875	20,768	20,855	21,840	21,834	22,813	22,814	25,753	4.49	4.93	9.89	9.86	14.78	14.79	29.57
	3	18,513	19,478	19,572	20,637	20,631	21,689	21,690	24,869	5.21	5.72	11.44	11.44	17.16	17.16	33.33
10	1	22,892	23,734	23,716	24,746	24,740	25,660	25,665	28,442	3.68	3.60	8.10	8.07	12.09	12.11	24.24
	2	19,867	20,898	20,997	22,134	22,127	23,257	23,258	26,651	5.19	5.69	11.41	11.38	17.06	17.07	34.15
	3	18,642	19,781	19,891	21,147	21,139	22,388	22,389	26,136	6.11	6.70	13.44	13.39	20.09	20.10	40.20

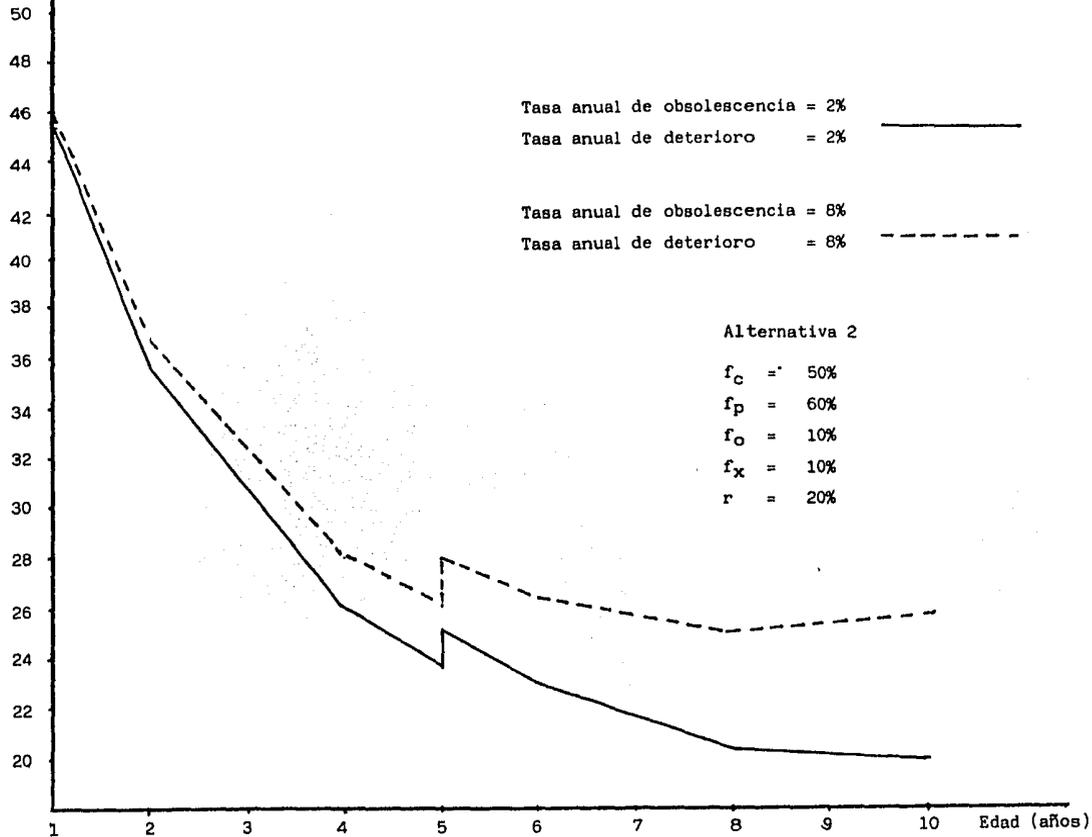
Costo  
(\$x1000)

Fig. 6.1.- Gráfica Comparativa de los Costos Totales, considerando  
Inflación e Impuestos. Alternativa 1



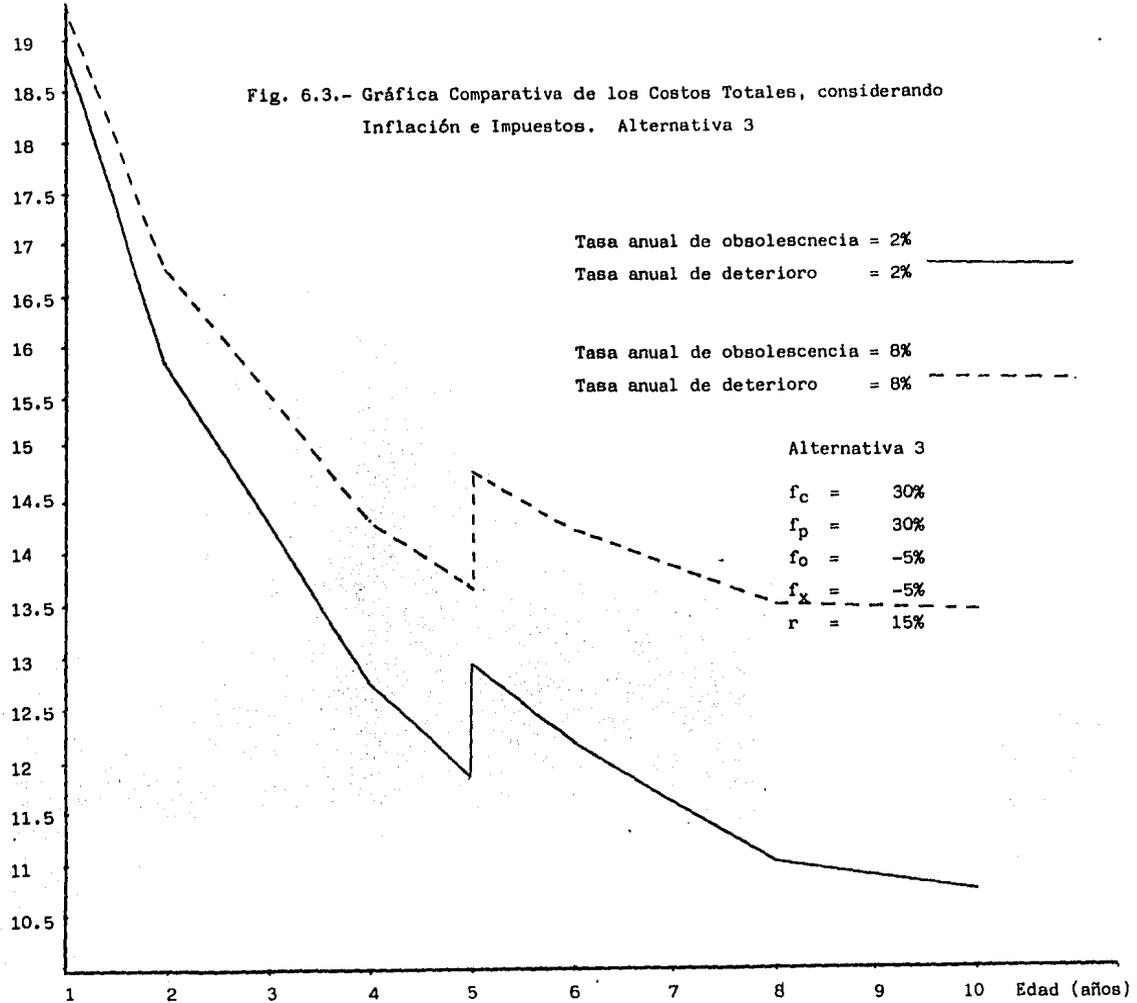
Costo  
(\$x1000)

Fig. 6.2.- Gráfica Comparativa de los Costos Totales, considerando  
Inflación e Impuestos. Alternativa 2



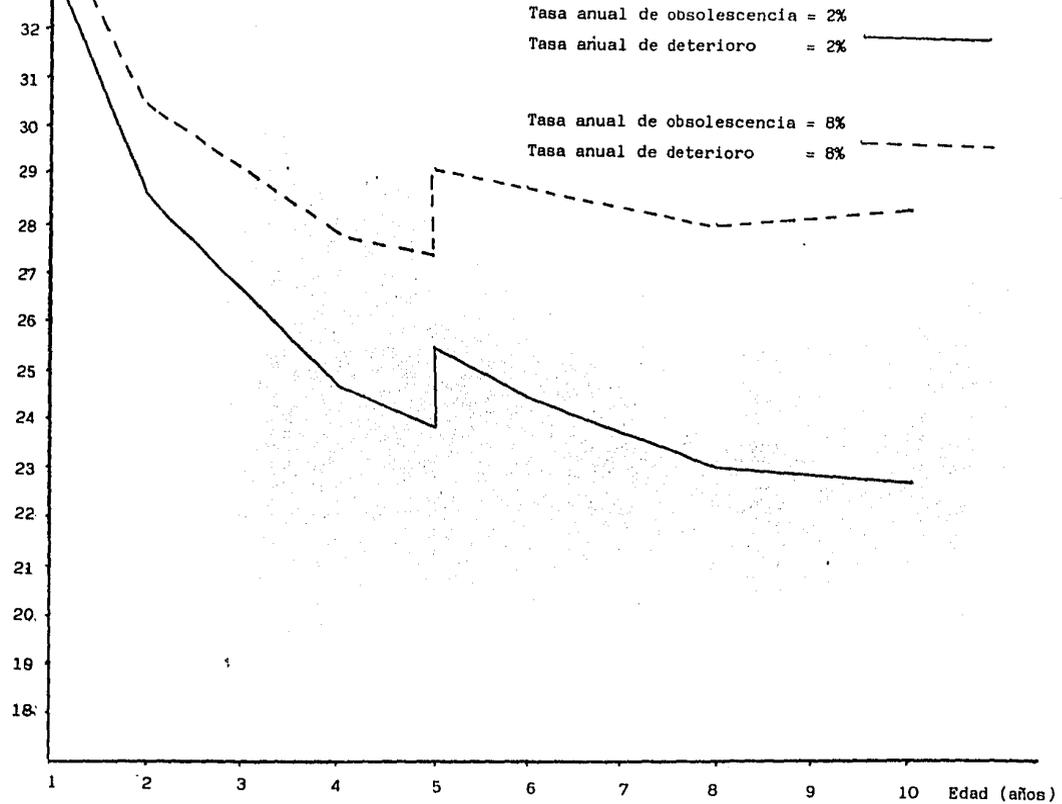
Costo  
(\$x1000)

Fig. 6.3.- Gráfica Comparativa de los Costos Totales, considerando  
Inflación e Impuestos. Alternativa 3



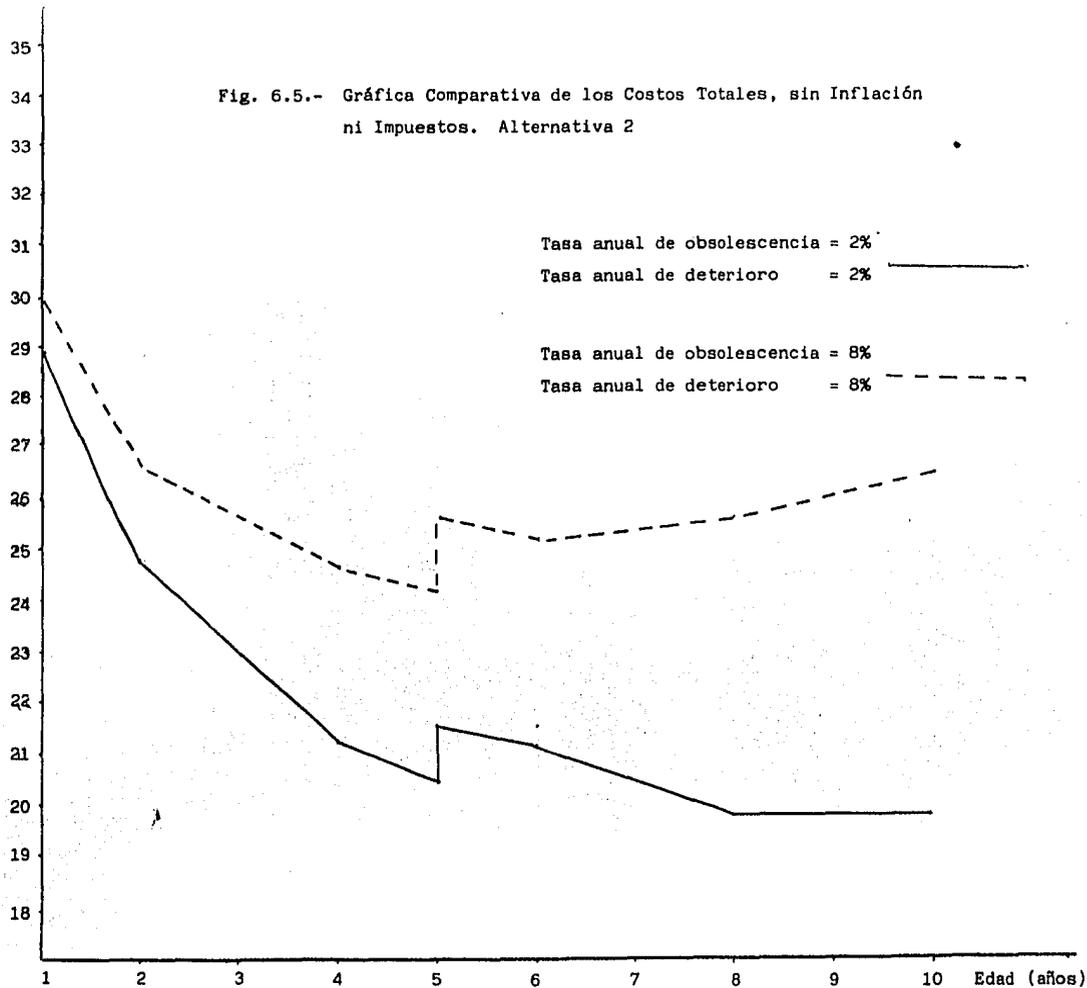
Costo  
(\$x1000)

Fig. 6.4.- Gráfica Comparativa de los Costos Totales, sin Inflación  
ni Impuestos. Alternativa 1



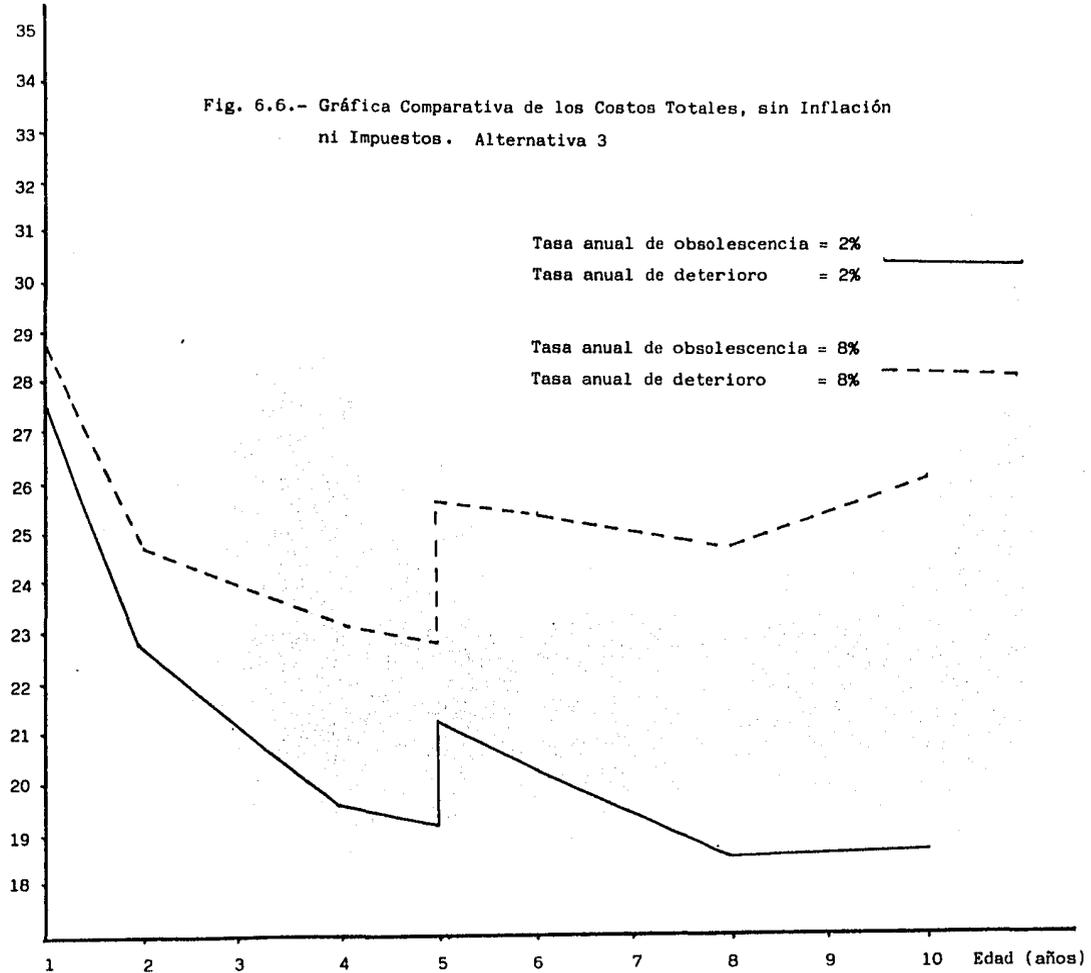
Costo  
(\$x1000)

Fig. 6.5.- Gráfica Comparativa de los Costos Totales, sin Inflación  
ni Impuestos. Alternativa 2



Costo  
(\$x1000)

Fig. 6.6.- Gráfica Comparativa de los Costos Totales, sin Inflación  
ni Impuestos. Alternativa 3



## R E F E R E N C I A S

- 1.- MARTINEZ GONZALEZ, CARLOS  
Estudio de la Vida Económica de la Maquinaria  
de Construcción  
Tesis de Postgrado, Universidad La Salle  
México D.F., 1984
  
- 2.- URIEGAS TORRES, CARLOS  
Análisis Económico de Sistemas en la Ingeniería  
Centro de Actualización Profesional del Colegio  
de Ingenieros Civiles, A.C.  
México D.F., 1983
  
- 3.- DOUGLAS, JAMES  
Construction Equipment Policy  
Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1975
  
- 4.- CANADA, JOHN Y WHITE, JOHN  
Capital Investment Decision Analysis for Management  
and Engineering  
Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1980