



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**METODOLOGÍA BASADA EN TCO PARA ADQUISICIÓN DE EQUIPOS EN  
HOSPITALES PÚBLICOS DE ALTA COMPLEJIDAD**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTIÓN Y DIRECCIÓN  
DE EMPRESAS**

**NATIVIDAD FERNANDA LORENA MARISOL OLIVARES VELASCO**

**PROFESOR GUÍA:  
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
ANTONIO AGUSTÍN HOLGADO SAN MARTÍN  
VERÓNICA EDITH NAVARRETE ARAVENA**

**SANTIAGO DE CHILE  
2016**

## **RESUMEN**

La metodología de Costo Total de la Propiedad (TCO) corresponde a un análisis que permite determinar los costos totales en que incurre la organización al realizar inversiones de alto costo, considerando conceptos adicionales de operación, mantención, entrenamiento de personal, obras complementarias y otras propias de la naturaleza de cada proyecto.

La metodología TCO para adquisición de equipamiento médico en hospitales públicos de alta complejidad, resuelve el problema de evaluación de los costos que asumirá la institución para que el gasto en inversión de equipamiento médico sea eficiente, optimizando la oportunidad de la compra.

El objetivo de esta tesis es desarrollar una metodología basada en (TCO) con el fin de determinar el costo final en el que incurre el establecimiento al adquirir equipamiento médico de alto costo. Para ser utilizada como por ejemplo en casos de evaluación con otros mecanismos de adquisición de un bien o servicio, tales como arriendo, leasing o arrendamiento financiero, externalización o comodatos, y posteriormente tomar la mejor opción de adquisición.

Los diferentes tipos de costos incluidos en la metodología diseñada, consideran los gastos en que incurre el establecimiento en adquisición, recursos humanos, mantenimiento, insumos, capacitación, entre otros, gastos que son recurrentes en cualquier institución, pero que difícilmente se evalúan en conjunto para determinar el costo total de operación en un dispositivo médico.

La metodología desarrollada incorpora una etapa de definición de costos a considerar en el análisis, para luego establecer las fuentes de información válidas de cada ítem. En la siguiente etapa, se define el periodo en que efectuará el análisis y posteriormente se establece la planilla de cálculo para obtener los flujos correspondientes. Una vez determinado el flujo, se ingresan los resultados para cada variable y finalmente se calcula el TCO, utilizando la herramienta de valor presente neto.

El valor agregado de la metodología corresponde a la información generada, ya que los datos utilizados para el cálculo siempre han estado a la vista del establecimiento, sin embargo, no se han apreciado en forma conjunta para la toma de decisiones.

## DEDICATORIA

*Dedicada a mi hijo que viene en camino a  
iluminar nuestras vidas.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a mi familia, padres, hermana y herman@s, especialmente a mi marido por su apoyo en esta hermosa etapa.*

*A mis amigos y compañeros de labor que permitieron los resultados de este trabajo.*

## TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción.....	1
2.	Descripción del tema a abordar .....	2
3.	Alcance del tema a abordar .....	3
4.	Objetivos .....	4
4.1	Objetivo general.....	4
4.2	Objetivos específicos.....	4
	Capítulo I: Marco conceptual y antecedentes .....	5
5.	Marco conceptual.....	6
5.1	Desarrollo de conceptos previos .....	6
5.2	Antecedentes.....	8
	Capítulo II: Metodología .....	12
6.	Metodología.....	13
	Capítulo III: Revisión bibliográfica.....	15
7.	Revisión bibliográfica .....	16
7.1	Guías de recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) asociadas a dispositivos y equipos médicos.....	16
7.2	Desarrollo de costos .....	20
7.3	Metodologías TCO .....	23
7.3.1	Modelo de Gartner Group .....	23
7.3.2	Modelo Interpouse .....	26
7.3.3	Modelo Eduardo Pierdant .....	27
7.3.4	Modelo Alejandra Fellner .....	29
	Capítulo IV: Resultados y análisis.....	31
8.	Definición tipo de costos a considerar en metodología .....	32
8.1	Costos de adquisición (Ca) .....	33
8.2	Costos de instalación mayor y modificación de infraestructura (Ginst).....	33
8.3	Gasto de mantenimiento (Gm).....	33
i.	Gasto anual por servicio de mantenimiento .....	33

8.4	Gasto en recursos humanos (Grrhh) .....	34
8.5	Gastos en capacitación (Gc).....	34
8.6	Gasto en insumos (Gi) .....	34
8.7	Gastos fijos (Gf) .....	34
9.	Casos de estudio.....	36
9.1	Caso 1: Análisis TCO de ventilador mecánico para Unidad de Paciente Crítico (UPC).....	36
9.2	Caso 2: Análisis TCO de Tomógrafo Axial Computado (TAC) para Unidad de Imagenología.....	45
9.3	Caso 3: Análisis TCO de Tomógrafo Axial Computado sin contrato de mantenimiento .....	51
	Capítulo V: Guía implementación TCO .....	57
	Capítulo VI: Conclusiones .....	67
10.	Conclusiones .....	68
11.	Bibliografía.....	70

## Índice de Tablas

Tabla N°1. Ítem de gastos. Fuente: Metodología de Costeo para Prestaciones del Hospital Clínico de la Universidad de Chile José Joaquín Aguirre, José Miguel Álvarez Álvarez, Paula Andrea Mendoza Villalobos, Yully Maritza Rolón Andrade, 2005. ...	22
Tabla N° 2. Cuentas TCO modelo Gartner. Fuente: Metodología para el cálculo de costo total de propiedad para sistemas informáticos. Fernando José Ernesto Mendoza Jerez, Guatemala 2009.....	24
Tabla N° 3. Cuentas TCO modelo Intergroup. Fuente: Metodología para el cálculo de costo total de propiedad para sistemas informáticos. Fernando José Ernesto Mendoza Jerez, Guatemala 2009.....	26
Tabla N° 4. Preguntas TCO modelo Eduardo Pierdant. Fuente: Metodología para el cálculo de costo total de propiedad para sistemas informáticos. Fernando José Ernesto Mendoza Jerez, Guatemala 2009. ....	27
Tabla N° 5. Modelo Alejandra Fellner. Fuente: Gestión del costo de tecnología de la información: Costo total de propiedad, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA), 2006.....	30
Tabla N°6. Variables para calcular el Costo Total asociado a la adquisición y operación del equipo ventilador mecánico. Fuente: elaboración propia. ....	39
Tabla N°7. Costo Total asociado a la adquisición y operación del equipo ventilador mecánico. Fuente: elaboración propia. ....	40
Tabla N°8. Variables para calcular el Costo Total asociado a la adquisición y operación del equipo TAC. Fuente: elaboración propia. ....	47
Tabla N°9. Costo Total asociado a la adquisición y operación del equipo Tomógrafo axial computado. Fuente: elaboración propia. ....	48
Tabla N°10. Gasto en mantención del equipo TAC sin convenio de mantenimiento. Fuente: elaboración propia. ....	51
Tabla N°11. Costo Total asociado a la adquisición y operación del equipo Tomógrafo axial computado sin convenio de mantenimiento posterior a garantía técnica. Fuente: elaboración propia. ....	53
Tabla N°12. Ejemplo formato de flujo. Fuente: elaboración propia. ....	62
Tabla N°13. Ejemplo para introducir variables. Fuente: elaboración propia. ....	63
Tabla N°14. Ejemplo gasto instalación. Fuente: elaboración propia. ....	63
Tabla N°15. Ejemplo otros gastos. Fuente: elaboración propia. ....	64

Tabla N°16. Flujo completo. Fuente: elaboración propia.....64



## Índice de ilustraciones

Figura N°1. Mejora de las instalaciones sanitarias (%de la población con acceso). Fuente: Banco Mundial 2013.....	8
Figura N°2. Gasto en salud, sector público (% del gasto total en salud). Fuente: Banco Mundial 2013.....	9
Figura N° 3. Presupuesto nacional Ministerio de Salud 2015. Fuente: Dirección de Presupuestos.....	10
Figura N° 4. Presupuesto nacional Ministerio de Salud 2016. Fuente: Dirección de Presupuestos.....	11
Figura N° 5. Metodología de desarrollo. Fuente: Elaboración propia.....	14
Figura N° 6. Pilares esenciales para un óptimo proceso de adquisición según la OMS basado en (OECD). Fuente: Elaboración propia. ....	18
Figura N°7. Variables a considerar en proceso de adquisición según Bailey. Fuente: Elaboración propia. ....	18
Figura N°8. Principales componentes a tener en cuenta para análisis TCO según Cardoza. Fuente: Elaboración propia.....	20
Figura N° 9. Costos a considerar en metodología. Fuente: Elaboración propia. ....	32
Figura N°10. Imagen referencial de ventilador mecánico. Fuente: Elaboración propia..	37
Figura N°11. Imagen referencial de UPC. Fuente: imagen referencial Hospital General de Almansa. ....	38
Figura N° 12. Imagen referencial TAC. Fuente: EL SEVIER: revista española de medicina nuclear e imagen molecular [9].....	45
Figura N°13. Imagen referencial TAC en imagenología. Fuente: elaboración propia.....	46
Figura N°14. Portal Mercado Público. Fuente: <a href="http://www.mercadopublico.cl">www.mercadopublico.cl</a> . ....	59
Figura N°15. Cuadro de ofertas. Fuente: <a href="http://www.mercadopublico.cl">www.mercadopublico.cl</a> . ....	60
Figura N° 16. Metodología TCO. Fuente: elaboración propia.....	66

## Índice de gráficos

Gráfico N°1. Comparativo inversión inicial v/s TCO ventilador mecánico. Fuente: elaboración propia. ....	43
Gráfico N°2. Distribución componentes de TCO en ventilador. Fuente: elaboración propia. ....	44
Gráfico N°3. Comparativo inversión inicial v/s TCO TAC. Fuente: elaboración propia. .	50
Gráfico N°4. Distribución componentes de TCO en TAC. Fuente: elaboración propia....	51
Gráfico N°5. Comparativo inversión inicial v/s TCO TAC sin convenio de mantenimiento. Fuente: elaboración propia. ....	54
Gráfico N°6. Distribución componentes de TCO en TAC sin convenio de mantenimiento posterior a garantía técnica. Fuente: elaboración propia. ....	55
Gráfico N°7. Comparativo TCO para TAC con y sin convenio de mantenimiento. Fuente: elaboración propia. ....	56

## **1. Introducción**

Actualmente, las instituciones de salud pública adquieren equipamiento con mayor frecuencia, dada la necesidad de implementar mejoras en la infraestructura hospitalaria, con el fin de entregar salud de calidad a los pacientes.

Existe una serie de mecanismos para adquirir equipamiento médico en instituciones públicas. Estos mecanismos tales como inversión tradicional, comodatos, leasing y arriendo, son herramientas que permiten gestionar el bien de acuerdo a las necesidades del usuario.

Sin embargo, ante las variadas alternativas de adquisición de equipamiento médico, las organizaciones públicas no cuentan con una metodología que permita evaluar el costo total de una adquisición, en particular las de gran valor, dado que en general solo se considera el costo de inversión o los gastos iniciales, sin evaluar gastos en personal, consumos básicos, modificación de la infraestructura, mantenimiento, etc., todos estos asociados a la implementación y puesta en marcha de los bienes adquiridos.

Para solucionar este problema, se propone una metodología basada en *Total Cost of ownership* o Costo total de propiedad, la cual permite determinar los costos directos e indirectos, asociados a la adquisición de equipos. Con esto se busca entregar una herramienta que permita gestionar de forma óptima las adquisiciones de equipamiento.

## 2. Descripción del tema a abordar

### Justificación

En general, la adquisición de equipamiento médico en hospitales públicos se realiza conforme al proceso de inversión tradicional. Los establecimientos generan proyectos para la compra del equipamiento y una vez aprobados por el nivel central, es decir el Ministerio de Salud, entonces se ejecuta la adquisición de las necesidades estipuladas.

Estas transacciones generalmente se efectúan mediante licitaciones públicas, las cuales se basan en el desarrollo de especificaciones técnicas validadas por los usuarios clínicos que operarán el equipamiento. Junto con otros documentos de carácter administrativo, conforman las denominadas bases de licitación, las cuales son publicadas en el portal Mercado Público, en donde proveedores debidamente inscritos, realizan sus ofertas para cada equipamiento licitado.

Una vez cumplidos todos los aspectos técnicos, administrativos y jurídicos establecidos en bases de licitación, se procede al proceso de adjudicación, etapa en que se selecciona la mejor oferta conforme a los criterios estipulados.

El proceso de adquisición contempla solamente el costo del equipo, es por esto que la metodología TCO para la adquisición de equipamiento médico resuelve el problema de evaluación total de los costos que asumirá la institución:

#### a) *¿Para qué?:*

- ✓ Para que el gasto en inversiones de equipos médicos de alta complejidad sea eficiente, optimizando la oportunidad de la compra.
- ✓ Para evaluar comparativamente las diferentes opciones de compra disponibles en el mercado.
- ✓ Para disponer de un método cuantitativo que permita solicitar formalmente recursos financieros en el nivel central.

#### b) *¿Para quién?:*

- ✓ Para los gestores de compras y equipos directivos que toman decisiones de compra en el establecimiento.
- ✓ Para los pacientes y funcionarios, que permita optimizar la capacidad instalada.

#### c) *¿Por qué?:*

- ✓ Porque esta metodología permitirá conocer el gasto total de la inversión.
- ✓ Porque con este análisis se proyecta la cantidad de recursos necesarios para la implementación tecnológica y por ende es posible gestionar de mejor forma las solicitudes de presupuesto al Ministerio de Hacienda.

### **3. Alcance del tema a abordar**

Considerando las variadas aplicaciones de la metodología TCO es importante delimitar el desarrollo del trabajo. De acuerdo a esto, se detalla cada una de las aplicaciones:

- El trabajo considera un hospital público de alta complejidad.
  
- Costos a incluir en el análisis: los costos a incluir en el cálculo final pueden ser variados, sin embargo, para el desarrollo de este trabajo se tomarán en cuenta los siguientes:
  - Costos de adquisición ofertados por proveedores
  - Costos de modificación de la infraestructura
  - Costos consumos básicos
  - Costos RRHH especializado
  - Costos de mantenimiento preventivo
  - Costos de mantenimiento correctivo
  - Costos de seguros
  - Otros costos
  
- El tipo de equipamiento por analizar serán solamente los clasificados como alto costo, es decir, mayores a \$10.000.000 de pesos.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Desarrollar una metodología basada en Costo Total de Propiedad (TCO) con el fin de determinar el costo final que incurre el establecimiento al adquirir equipamiento médico de alto precio.

Determinar la factibilidad técnica y económica de utilizar metodología basada en Costo Total de Propiedad, para la adquisición de equipamiento médico de alto costo en hospitales públicos de alta complejidad.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Definir una metodología para el cálculo de TCO en Hospitales públicos de alta complejidad.
- Entregar una herramienta de cálculo para la evaluación total de los costos de equipos de alto valor.

## **Capítulo I: Marco conceptual y antecedentes**

## 5. Marco conceptual

### 5.1 Desarrollo de conceptos previos

- Dispositivos médicos (DM): el Instituto de Salud Pública de Chile define como DM a *“...cualquier instrumento, aparato, aplicación, material o artículo, incluyendo software, usados solos o en combinación y definidos por el fabricante para ser usados directamente en seres humanos, siempre que su acción principal prevista en el cuerpo humano no se alcance por medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos, aunque puedan concurrir tales medios a su función; con el propósito de diagnóstico, prevención, seguimiento, tratamiento o alivio de una enfermedad, daño o discapacidad; de investigación o de reemplazo o modificación de la anatomía o de un proceso fisiológico, o de regulación de la concepción (Reglamento N° 825/98, artículo 2°. N°1).*
- Clasificación equipos médicos. Existen diferentes clasificaciones para equipos médicos, una de ellas se asocia al costo de estos.
  - Equipos de bajo costo son los que la inversión para adquirir el bien es menor o igual a \$1.000.000 de pesos.
  - Equipos de mediano costo son los que el costo de inversión está entre \$1.000.000 y \$10.000.000 de pesos.
  - Equipos de alto costo son los que superan los \$10.000.000 de pesos.
- Hospitales: según la OMS [1], los hospitales corresponden a instituciones sanitarias que disponen de personal médico y otros profesionales organizados y de instalaciones para el ingreso de pacientes, y que ofrecen servicios médicos y de enfermería y otros servicios relacionados durante las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Los hospitales ofrecen una gran diversidad de servicios de atención aguda, de convalecencia y de cuidados paliativos, con los medios diagnósticos y terapéuticos necesarios para responder a manifestaciones agudas y crónicas debidas a enfermedades, así como a traumatismos o anomalías genéticas. De ese modo generan información esencial para las investigaciones, la educación y la gestión. Tradicionalmente orientados a la atención individual, los hospitales tienden cada vez más a estrechar vínculos con otras partes del sector de la salud y con las comunidades a fin de optimizar el uso de los recursos dedicados a fomentar y proteger la salud individual y colectiva.
- Costo Total de la Propiedad (TCO) es una metodología de cálculo utilizada para determinar los costos directos e indirectos asociados a las compras de equipamiento o tecnologías. Este método es de gran valor para los ejecutivos y gestores de compras que toman decisiones al momento de adquirir bienes para la organización. El análisis incluye la etapa de explotación del bien, vale decir costos de mantenimiento, capacitaciones, gastos fijos, etc.



## Leyes

- Ley de compras públicas, corresponde a la ley n° 19.886 promulgada durante julio de 2003, la cual regula la adquisición y contratos de bienes y servicios para instituciones públicas.
- Ley de presupuesto, corresponde a la ley n° 20.798, que regula la entrega de presupuesto a los diferentes sectores públicos, de acuerdo a sus respectivas partidas presupuestarias. Las instituciones que reglamenta la entrega de recursos son la Presidencia de la República, Congreso Nacional, Poder judicial, Contraloría General de la República y Ministerios, entre ellos el Ministerio de Salud.

## 5.2 Antecedentes

Según el Banco Mundial, durante 2013 Chile presentó una mejora en las instalaciones sanitarias en un 99%, tal como se muestra en la siguiente figura:

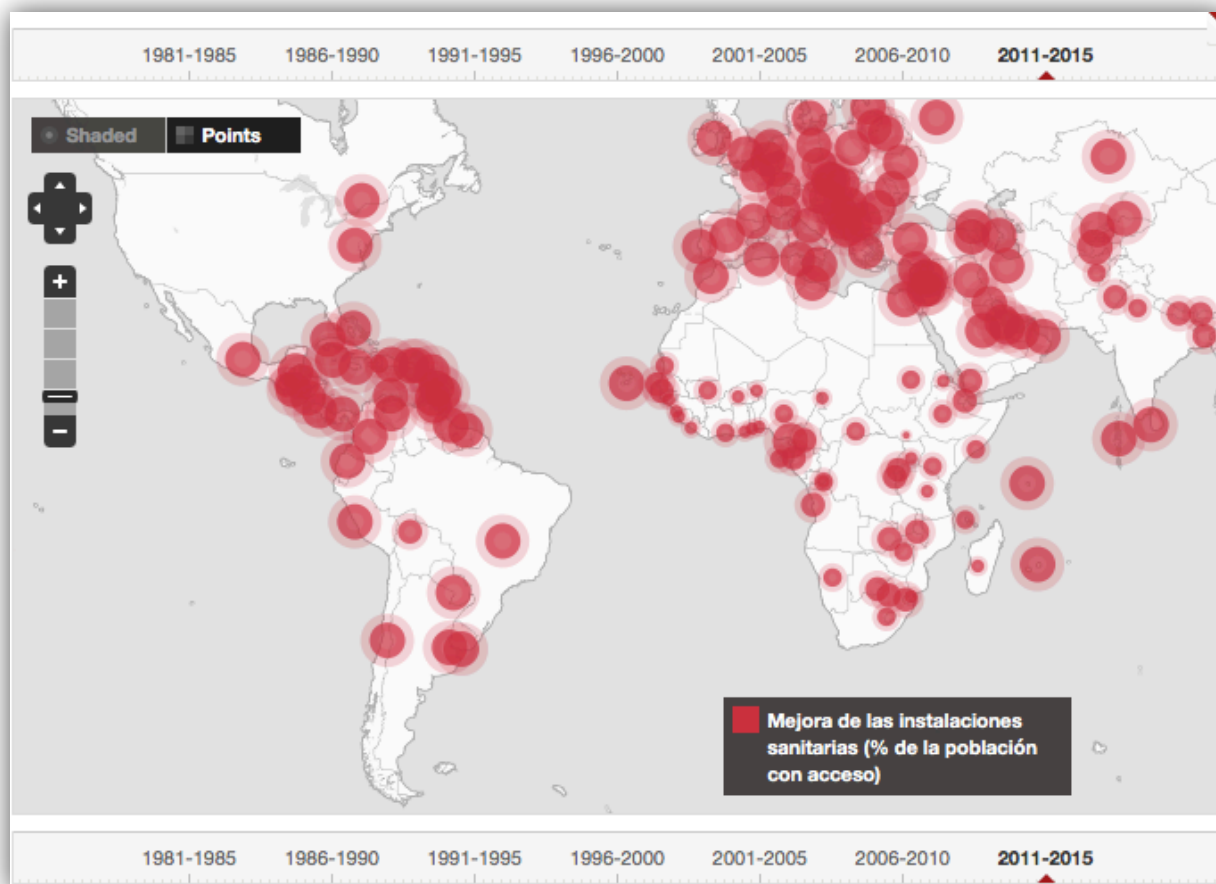


Figura N°1. Mejora de las instalaciones sanitarias (%de la población con acceso). Fuente: Banco Mundial, 2013.

En tanto, Argentina presenta un 96%, Uruguay un 96%, Paraguay un 89%, Perú un 76% y Bolivia un 50%. La mejora en las instalaciones se asocia también con las instalaciones relacionadas a equipamiento médico y tecnología médica.

Con respecto al gasto público, el Banco Mundial indica que durante el año 2013, Chile experimentó un gasto en salud en el área pública del 47%, mientras que Argentina presentó un 68%, Uruguay un 70%, Paraguay un 38%, Perú un 59% y Bolivia un 78%. Desde el año 2013, la restricción presupuestaria en Chile, afecta al gasto en salud, en especial en el sector público.

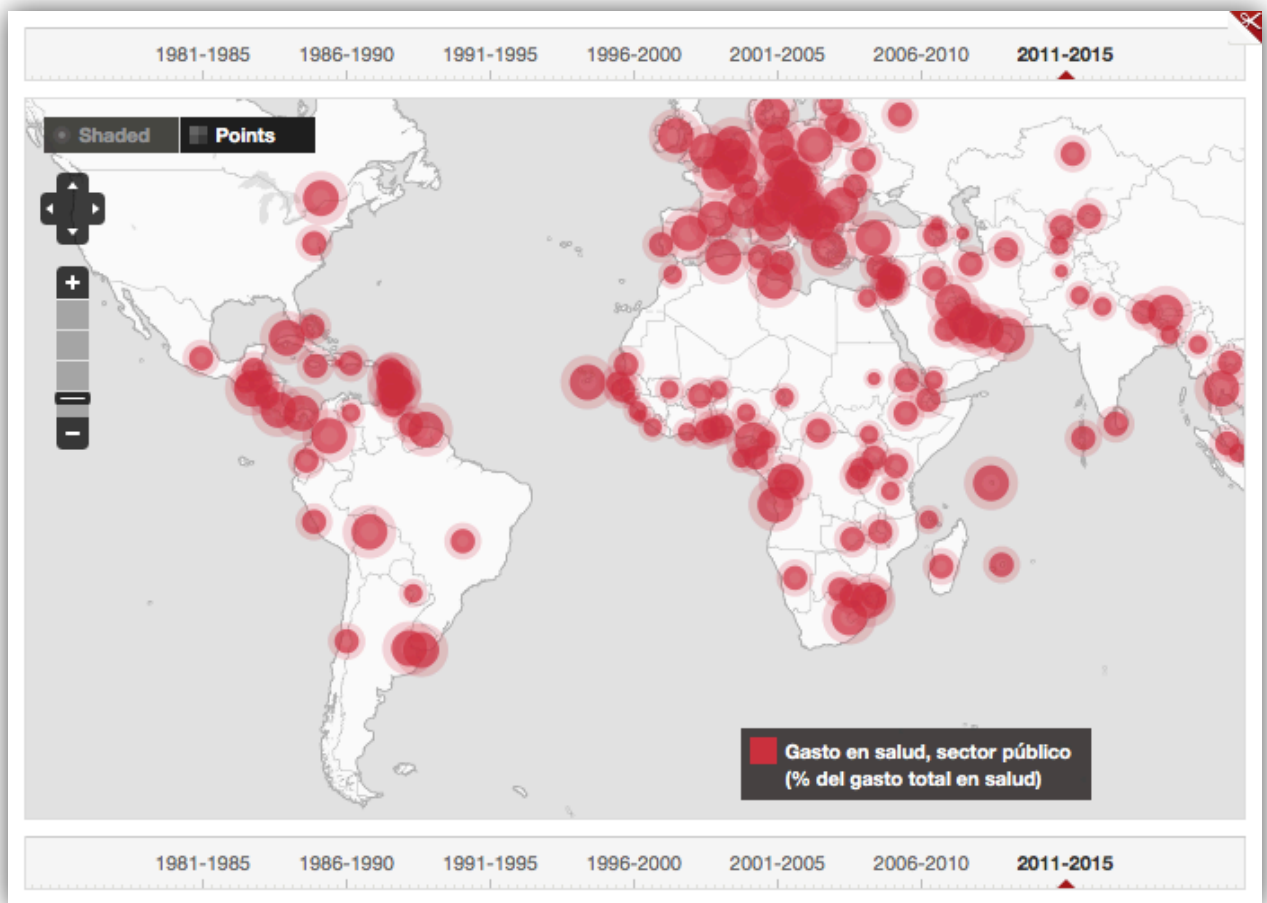


Figura N°2. Gasto en salud, sector público (% del gasto total en salud). Fuente: Banco Mundial, 2013.

Con respecto al presupuesto de la nación para la inversión del año 2015, se destinó lo siguiente para Ministerio de Salud:

## PARTIDA : MINISTERIO DE SALUD

Miles de \$

SUB TÍTULO	CLASIFICACIÓN ECONÓMICA	TOTAL BRUTO	TRANSFERENCIAS	TOTAL
	<b>INGRESOS</b>	<b>10.027.835.080</b>	<b>3.968.266.364</b>	<b>6.059.568.716</b>
04	IMPOSICIONES PREVISIONALES	1.785.156.723		1.785.156.723
05	TRANSFERENCIAS CORRIENTES	4.067.886.289	3.968.266.364	99.619.925
06	RENTAS DE LA PROPIEDAD	803.490		803.490
07	INGRESOS DE OPERACIÓN	122.392.436		122.392.436
08	OTROS INGRESOS CORRIENTES	243.650.017		243.650.017
09	APORTE FISCAL	3.773.191.608		3.773.191.608
12	RECUPERACIÓN DE PRESTAMOS	19.969.618		19.969.618
13	TRANSFERENCIAS PARA GASTOS DE CAPITAL	14.250.899		14.250.899
15	SALDO INICIAL DE CAJA	534.000		534.000
	<b>GASTOS</b>	<b>10.027.835.080</b>	<b>3.968.266.364</b>	<b>6.059.568.716</b>
21	GASTOS EN PERSONAL	1.916.199.198		1.916.199.198
22	BIENES Y SERVICIOS DE CONSUMO	1.222.237.894		1.222.237.894
23	PRESTACIONES DE SEGURIDAD SOCIAL	951.415.113		951.415.113
24	TRANSFERENCIAS CORRIENTES	5.324.640.431	3.968.266.364	1.356.374.067
25	INTEGROS AL FISCO	727.350		727.350
26	OTROS GASTOS CORRIENTES	550.933		550.933
29	ADQUISICIÓN DE ACTIVOS NO FINANCIEROS	18.808.472		18.808.472
31	INICIATIVAS DE INVERSIÓN	543.019.287		543.019.287
32	PRÉSTAMOS	5.240.313		5.240.313
33	TRANSFERENCIAS DE CAPITAL	42.185.514		42.185.514
34	SERVICIO DE LA DEUDA	2.301.575		2.301.575
35	SALDO FINAL DE CAJA	509.000		509.000

Figura N° 3. Presupuesto nacional Ministerio de Salud 2015. Fuente: Dirección de Presupuestos.

Para las iniciativas de inversión asociadas al subtítulo 31, se destinaron \$ 543.019.287 (miles de \$). Este monto agrupa a todos los servicios de salud del país.

Para el año 2016, la partida del Ministerio de Salud es como se demuestra a continuación:

# PROYECTO DE LEY DE PRESUPUESTOS AÑO 2016

PARTIDA : MINISTERIO DE SALUD

Miles de \$

SUB TITULO	CLASIFICACIÓN ECONÓMICA	TOTAL BRUTO	TRANSFERENCIAS	TOTAL
	<b>INGRESOS</b>	<b>11.156.738.517</b>	<b>4.457.080.278</b>	<b>6.699.658.239</b>
04	IMPOSICIONES PREVISIONALES	1.933.609.891		1.933.609.891
05	TRANSFERENCIAS CORRIENTES	4.611.386.920	4.457.080.278	154.306.642
06	RENTAS DE LA PROPIEDAD	834.021		834.021
07	INGRESOS DE OPERACIÓN	124.246.080		124.246.080
08	OTROS INGRESOS CORRIENTES	271.862.413		271.862.413
09	APORTE FISCAL	4.168.859.920		4.168.859.920
12	RECUPERACIÓN DE PRESTAMOS	23.026.230		23.026.230
13	TRANSFERENCIAS PARA GASTOS DE CAPITAL	22.379.042		22.379.042
15	SALDO INICIAL DE CAJA	534.000		534.000
	<b>GASTOS</b>	<b>11.156.738.517</b>	<b>4.457.080.278</b>	<b>6.699.658.239</b>
21	GASTOS EN PERSONAL	2.160.266.454		2.160.266.454
22	BIENES Y SERVICIOS DE CONSUMO	1.335.751.170		1.335.751.170
23	PRESTACIONES DE SEGURIDAD SOCIAL	1.004.159.956		1.004.159.956
24	TRANSFERENCIAS CORRIENTES	6.023.909.347	4.457.080.278	1.566.829.069
25	INTEGROS AL FISCO	753.833		753.833
26	OTROS GASTOS CORRIENTES	571.868		571.868
29	ADQUISICIÓN DE ACTIVOS NO FINANCIEROS	17.648.535		17.648.535
31	INICIATIVAS DE INVERSIÓN	497.824.800		497.824.800
32	PRÉSTAMOS	10.902.708		10.902.708
33	TRANSFERENCIAS DE CAPITAL	51.285.250		51.285.250
34	SERVICIO DE LA DEUDA	53.155.596		53.155.596
35	SALDO FINAL DE CAJA	509.000		509.000

Figura N° 4. Presupuesto nacional Ministerio de Salud 2016. Fuente: Dirección de Presupuestos.

Se destinaron \$497.824.800 (miles \$) para el subtítulo 31 de la red hospitalaria, cifra menor a la entregada para el año 2015. Esto concuerda con la contracción del gasto que se ha mostrado en el periodo.

Considerando la información mencionada, existe la necesidad de gastar los recursos de forma eficiente y responsable, lo cual forma parte de la metodología TCO por generar.

## **Capítulo II: Metodología**

## 6. Metodología

El conjunto de actividades a utilizar para lograr los objetivos establecidos, se basa en lo siguiente:

1. Revisión bibliográfica de Costo Total de Propiedad.

En esta etapa se revisan los conceptos y desarrollos del TCO, el estado del arte de esta metodología y sus diversas aplicaciones en las áreas de tecnología.

2. Definición de variables y tipo de costos a considerar en metodología.

Identificación de los tipos de costos asociados a la implementación de la tecnología.

3. Definición de fuentes de información válidas para el cálculo de los costos.

Se consideran las estimaciones oficiales para determinar el cálculo, tales como ofertas económicas del portal Mercado Público, presupuestos de obra, convenios de mantenimiento, honorarios, entre otros.

4. Clasificación de tipos de costos en grupos de estudio.

Organización de los diferentes costos en grandes grupos de análisis como costos directos, indirectos y hundidos, con el fin de determinar los pesos específicos o ponderaciones en el resultado final. En esta etapa es fundamental clasificar los tipos de costos desde la óptica del ejercicio presupuestario, vale decir, las partidas presupuestarias.

5. Generación (elaboración) de una herramienta de aplicación que incorpore el análisis previo.

Desarrollo de un instrumento práctico que permita compilar los resultados del análisis de costo con el fin de utilizarlo en el proceso de toma de decisiones.

6. Formalización de la metodología de cálculo TCO en adquisiciones de equipos de alto costo para el establecimiento.

Esta etapa se refiere a la entrega formal de esta metodología al equipo directivo del establecimiento, para comenzar con la aplicación del modelo en los próximos procesos de adquisición de equipamiento. <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> La metodología no contempla el proceso de comparación de resultados obtenidos con las diferentes opciones de compra de equipamiento. Tal como se menciona en los objetivos de la tesis, se hace referencia a disponer de la información para posteriormente realizar los análisis que el equipo directivo estime necesario.

En la siguiente figura, se muestra cada etapa que compone la metodología del trabajo:



Figura N° 5. Metodología de desarrollo. Fuente: Elaboración propia.



### **Capítulo III: Revisión bibliográfica**

## **7. Revisión bibliográfica**

### **7.1 Guías de recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) asociadas a dispositivos y equipos médicos**

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), existen las tecnologías sanitarias, dispositivos médicos y equipos médicos. La primera equivale a “tecnología para la atención en salud” y corresponde a la aplicación de conocimientos en términos de dispositivos, medicamentos, vacunas, procedimientos con el objetivo de otorgar soluciones a problemas sanitarios y contribuir a una mejor calidad de vida.

Por su parte, los dispositivos médicos son máquinas, aparatos, instrumentos o artículos utilizados para la prevención, tratamiento o diagnóstico de una enfermedad, mientras que un equipo médico se utiliza específicamente para el tratamiento o diagnóstico de una enfermedad o lesión, el cual puede utilizarse solo, con accesorios o con insumos.

Se toma como referencia las guías prácticas elaboradas por la OMS conforme a las Guías de recursos para el proceso de adquisición compuestas por una serie de documentos técnicos relacionadas con dispositivos médicos, las cuales forman parte de una serie de documentos técnicos para garantizar un mejor acceso, calidad y uso de estos.

El set de guías de la OMS es el siguiente:

#### **- Área de investigación y desarrollo:**

- Innovación en dispositivos médicos

#### **- Área de reglamentación:**

- Evaluación previa a la comercialización
- Reglamentación de los dispositivos médicos

#### **- Área Dispositivos médicos:**

- Nomenclatura de los dispositivos médicos
- Dispositivos médicos por establecimiento de atención de salud
- Dispositivos médicos por procedimientos clínicos

### **- Área de Gestión:**

- Evaluación de las necesidades de dispositivos médicos
- **Guía de recursos para el proceso de adquisición**
- Donaciones de dispositivos médicos: consideraciones relativas a su solicitud y suministro
- Introducción a la gestión de inventarios de equipo médico
- Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos
- Sistema computarizado de gestión del mantenimiento
- Uso seguro de dispositivos médicos
- Medición de efectividad clínica
- Retirada de servicios de dispositivos médicos

### **- Área evaluación:**

- Evaluación de tecnologías sanitarias aplicada a los dispositivos médicos
- Vigilancia posterior a la comercialización y notificación de eventos adversos

Se toma como referencia la guía de recursos para el proceso de adquisición, en donde se establecen los cuatro pilares esenciales para un óptimo proceso de adquisición, según la Organización de Cooperación y Desarrollos Económicos (OECD).

Los pilares son:

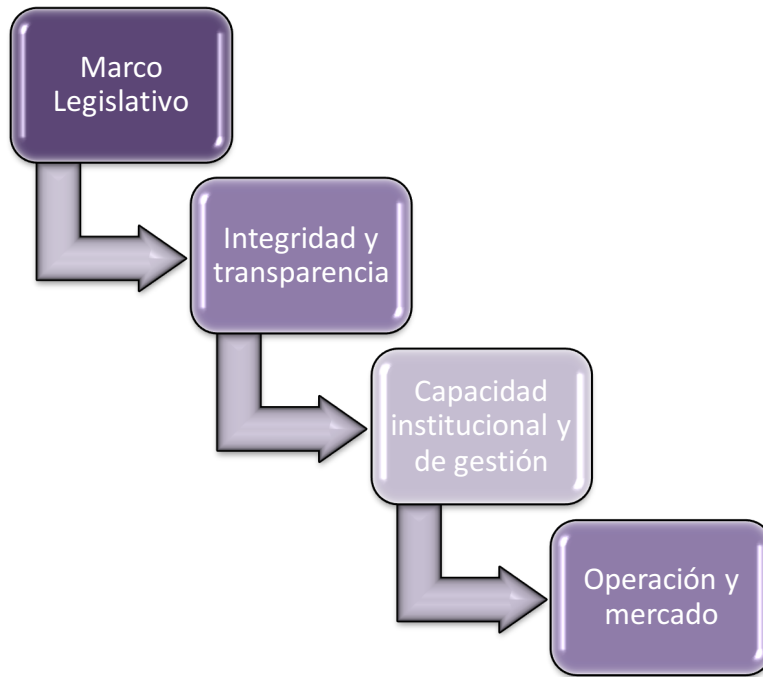


Figura N° 6. Pilares esenciales para un óptimo proceso de adquisición según la OMS, basado en (OECD). Fuente: Elaboración propia.

Según Bailey, citado en la guía mencionada, se determinan las variables más importantes que se toman en cuenta al momento de la adquisición en establecimientos de carácter público:

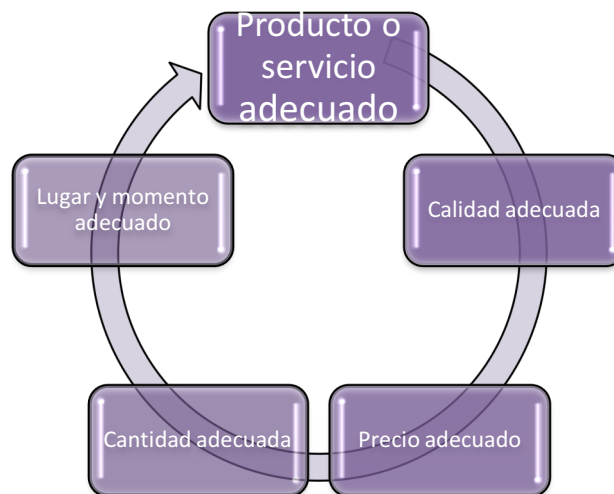


Figura N°7. Variables a considerar en proceso de adquisición según Bailey. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la calidad adecuada, la variable primordial corresponde a la confección de las especificaciones técnicas del producto o servicio por adquirir. Se establecen las características mínimas requeridas asegurando la transparencia del proceso, como por ejemplo, no aludir marcas o modelos del mercado.

Se indica que la justificación y el cálculo del precio adecuado se basa en factores tangibles, como por ejemplo:

- Precios de las últimas compras
- Precios máximos al por menor publicados
- **Costo de las materias primas**
- Precios de productos similares o alternativos
- Precio por unidad predominante en el sector

En esta definición se considera la evaluación de un tipo de costo que determina la variable precio, sin embargo, no se incorporan otros tipos de costos que podrían eventualmente hacer variar el precio de los productos o servicios.

Para la variable cantidad adecuada, se tiene en cuenta la cantidad asociada a la justificación del bien o servicio. Finalmente, para el análisis del lugar y del momento adecuado, se manifiesta que debe desarrollarse lo más posible en el marco de la licitación y se consideran los componentes de logística, suministro, forma de transporte, entre otras.

Si bien la OMS aporta con una guía especializada para el desarrollo de los procesos de adquisición, la herramienta no considera la metodología de TCO en el análisis, solamente el concepto de costo de las materias primas.

De esta forma, se establece que aún está pendiente la inclusión de esta metodología en el alcance de los proyectos desarrollados por organizaciones tan relevantes como la OMS. En definitiva, la evaluación de las tecnologías se basa particularmente en la oferta presentada por los oferentes o proveedores, y no contempla la evaluación de costo-beneficio que incorpora el TCO.

## 7.2 Desarrollo de costos

Se consideran dos clasificaciones primordiales para costos directos e indirectos.

- Costos directos: corresponden a mano de obra, honorarios, administración de sistemas, capacitaciones, viajes, mantenimiento, entre otros.
- Costos indirectos: a diferencia del anterior, se asocian a tipos de gastos no identificables a un producto o servicio, por lo que son más difíciles de detectar y gestionar.

Según (R. Cardoza, 2009) [2] se consideran las siguientes variables como componentes mínimos del TCO:

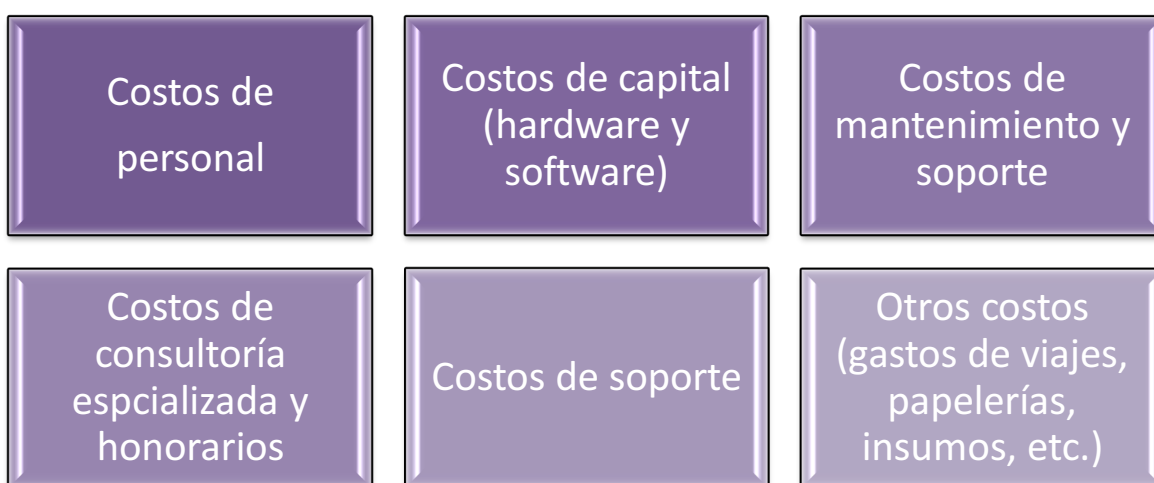


Figura N°8. Principales componentes a tener en cuenta para análisis TCO según Cardoza. Fuente: Elaboración propia.

Conforme al análisis propuesto por Cardoza, el único costo que podría excluirse en la metodología a desarrollar es el Costo de capital (hardware y software), ya que -en general- el equipamiento los incluye.

El resto de las variables recomendadas por el autor deben incluirse en el desarrollo de la metodología esperada, dado que son elementos fundamentales en la adquisición de tecnologías para hospitales públicos de alta complejidad.

Complementando lo anterior, el autor desarrolla una serie de principios del TCO que se detallan a continuación:

- Principio N° 1: “El Costo Total de la Propiedad carece de sentido si no se considera a nivel de servicio”.
- Principio N°2: “A mayor centralización menor costo”.
- Principio N°3: “La estandarización de las estaciones de trabajo (desktops)

permite controlar los costos”.

- Principio N°4: “La optimización local de una aplicación particular es costosa”.
- Principio N°5: “Procure cuantificar las ventajas de gastos o de ahorro cuando adquiriera o disponga de nueva tecnología”.
- Principio N°6: “No tome una perspectiva a largo plazo y utilice TCO donde sea posible”.

Si bien los principios desarrollados por el autor contemplan su aplicación en materia de sistemas de información, se utilizan perfectamente para encauzar el diseño de la herramienta TCO en aplicaciones de adquisición de equipamiento médico.

Ahora bien, según (Álvarez y otros, 2005) [3] la metodología desarrollada por Kaplan y Cooper determina que las empresas utilizan sistemas de costos para lograr los siguientes objetivos, entre otros:

- Guiar las decisiones de inversión y de mix de producto.
- Elegir entre proveedores alternativos.

De acuerdo a lo anterior, existe la necesidad de contar con una metodología de costos que permitan tomar decisiones en la adquisición de equipos de alto costo.

Los gastos a evaluar recomendados por el autor, son los indicados en tabla N°1:

<b>Ítem de Gastos</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Remuneraciones</b>	Remuneraciones de Médicos Remuneraciones de Paramédicos Remuneraciones Auxiliares Técnicos Remuneraciones de Administrativos Otras Remuneraciones
<b>Insumos</b>	Insumos de Farmacia Insumos de Desechables Insumos de Artículo de Oficinas Insumos de Combustibles (gasolina, gas licuado, etc.) Insumos Alimenticios Insumos de Bodega Insumos de artículo de aseo Insumos de Lavandería Insumos de Mantenimiento Otros Insumos
<b>Depreciaciones</b>	Depreciación de Edificios Depreciación de Equipos Médicos Depreciación de Instrumental Médico Depreciación de Muebles y Artículos de Oficina
<b>Consumo Básico</b>	Teléfono Gas Agua
<b>Gastos Complementarios</b>	Arriendos Contratación de Servicios Capacitación Mantenimiento de Equipos

Tabla N°1. Ítem de gastos. Fuente: Metodología de Costeo para Prestaciones del Hospital Clínico de la Universidad de Chile José Joaquín Aguirre, José Miguel Álvarez Álvarez, Paula Andrea Mendoza Villalobos, Yully Maritza Rolón Andrade, 2005.



A excepción de la depreciación, los tipos de gastos considerados en la propuesta son representativos para el desarrollo de la metodología TCO a implementar, lo que satisface completamente el diseño y desarrollo de la herramienta.

### **7.3 Metodologías TCO**

La aplicación del concepto TCO generalmente se asocia al área de informática, hardware, software y otros similares, situación que deja en evidencia una gran oportunidad para aplicar esta robusta herramienta en el área de tecnología médica, en especial asociado a dispositivos médicos.

En particular, existen cuatro modelos que han desarrollado metodologías basadas en TCO, tales como el Modelo GartnerGroup, Modelo Interpose Inc., Modelo Eduardo Pierdant y Modelo de Alejandra Fellner.

A continuación, se desarrolla cada una de ellas:

#### **7.3.1 Modelo de Gartner Group**

Corresponde a la primera metodología oficial de TCO y data de los años 1980. Gartner define TCO como una evaluación global de la tecnología de la información u otros costos. Incluye la adquisición de hardware y software, gestión y apoyo, comunicaciones, gastos de los usuarios finales y el costo de oportunidad del tiempo de inactividad, la formación y otras pérdidas de productividad [4].

Según el desarrollo de Mendoza (F. Mendoza, 2009), las cuentas incorporadas en el modelo Gartner son las siguientes:

<b>Capital</b>	<b>Soporte Técnico</b>	<b>Soporte Técnico (continuación)</b>
Hardware	Tazas de soporte nivel 1	Aprendizaje de redes de sistemas de información
Software	Documentación	Distribución de software
Alojamiento de sistemas de información	Extracción de datos	Mantenimiento de sistemas operativos en red
Redes	Configuración de revisiones	Administración de discos
PC's	Consultoría de aplicaciones	Seguridad en virus
Servidores	Licitación	Configuración de sistemas operativos en red
<b>Administración</b>	Desarrollo de estándares	Optimización de sistemas operativos en red
Administración de recursos	Capacitaciones a usuarios finales	<b>Operaciones de clientes finales</b>
Seguridad	Introducción de producto	Administración de datos
Legal	Revisión de productos	Desarrollo de aplicaciones
Enriquecimiento de políticas y procedimientos	Cartas	Aprendizaje formal
Auditoria formal	Grupos de usuarios	Aprendizaje casual
Auditoria informal	Aprendizaje de escritorio de sistemas de información	Factor Futz
Gastos de clientes	Planeación	Soporte por cliente
Instalación	Revisión de utilización	Costos de red
Capacidad planeada	Instalación, actualización, movilización	Soporte por red
altas, cambios y movimientos	Servicios (subcontratación)	Malos diagnósticos
Actualizaciones	Instalación de redes	Capacitaciones
Gastos de servidores	Tazas de soporte nivel 2	Recursos
Administración de seguridad	Tazas de soporte nivel 3	
Administración de sistemas operativos en red	Capacitación técnica	

Tabla N° 2. Cuentas TCO modelo Gartner. Fuente: Metodología para el cálculo de costo total de propiedad para sistemas informáticos. Fernando José Ernesto Mendoza Jerez, Guatemala, 2009.

El modelo de Gartnergroup clasifica los costos de la siguiente forma:

- **Costos directos**

- Hardware
- Software
- Administración de sistemas
- Soporte
- Desarrollo
- Comunicaciones

- **Costos indirectos**

- Costos de usuarios
- Tiempos sin servicio
- Costos de oportunidad

### 7.3.2 Modelo Interpouse

Este modelo representa un giro respecto del modelo anterior, impactando en las áreas de costos directos e indirectos; además, incluye costos asociados a usuarios finales y tiempos de fallas.

Las cuentas del modelo Interpouse son:

<b>Costos directos (presupuestados)</b>
<b>Hardware y Software.</b>
Gastos de capital y cuotas por alquiler con opción a compra para nuevas instalaciones, actualización de servidores, clientes, impresoras, dispositivos de comunicación de redes.
<b>Administración.</b>
La red, sistemas y labores de administración de almacenamiento de IS y tasas por servicios profesionales de terceros.
<b>Soporte.</b>
Trabajos de soporte, cuotas y trabajo de capacitación, adquisición, viajes, mantenimiento y contratos de soporte y tareas superiores.
<b>Desarrollo.</b>
Desarrollo de contenidos y aplicación, pruebas y documentación incluyendo nuevos desarrollos, personalizaciones y mantenimiento de aplicaciones auxiliares.
<b>Cuotas de comunicación.</b>
Contratos de líneas de enlace, carga de acceso a servidores, gastos de asignación WAN
<b>Costos Indirectos (no presupuestados)</b>
<b>Usuarios finales de sistemas de información</b>
costos por soporte a usuarios finales por ellos mismos en ves del soporte de IS , aprendizaje casual (capacitación no formal) y aplicaciones producidas por los usuarios finales
<b>Tiempos sin servicio</b>
Perdida de productividad debido a redes planificadas o no planificadas y falta de disponibilidad de los sistemas, medir la perdida de salarios

Tabla N° 3. Cuentas TCO. Fuente: Metodología para el cálculo de costo total de propiedad para sistemas informáticos. Fernando José Ernesto Mendoza Jerez, Guatemala, 2009.

### 7.3.3 Modelo Eduardo Pierdant

Este modelo difiere del anterior por su naturaleza, dado que se basa en responder una serie de preguntas para la obtención de la mayor cantidad de información posible.

La lista de preguntas a responder son las siguientes:

No.	Pregunta
1	¿Cuántos ingenieros en sistemas necesito tener diariamente junto al servidor para poder administrar y operar los servidores que comprenden la solución adquirida?
2	¿Cuántos ingenieros y personal de soporte técnico para usuarios necesito tener para operar de forma eficiente y dar el servicio que los usuarios del sistema necesitan?
3	¿Puede hacerlo el personal con el que cuento en este momento o necesito contratar personal externo o servicios de consultoría del proveedor de la solución?
4	¿Necesito pagar entrenamiento adicional para tener la capacidad interna para soportar la solución?
5	¿Cuánto cuesta una hora de soporte o servicio de el (los) proveedores que pueden darle servicio a la solución?
6	¿Qué o cuántos ajustes pudiera requerir la solución en el lapso de tiempo que pretendo que esté operando (3, 5, 10... años)?
7	¿Tengo que pagar un contrato de soporte del fabricante para poder tener acceso a nuevas versiones, actualizaciones de seguridad, etc.?
8	¿Qué tan fácil se puede operar la solución adquirida?
9	¿Requiero de doctores en computación para poder administrar la solución o hay suficiente personal o empresas que me puedan dar un buen servicio?
10	¿Qué tan fácil es encontrar personal para operar y administrar la solución?

Tabla N° 4. Preguntas TCO modelo Eduardo Pierdant. Fuente: Metodología para el cálculo de costo total de propiedad para sistemas informáticos. Fernando José Ernesto Mendoza Jerez, Guatemala, 2009.

De esta forma, el autor (E. Pierdant, 2006) define las siguientes fórmulas para determinar el costo total de la propiedad:

$$CSS = Ci + Ca + Co + Cs$$

Donde,

- CSS : Costo de la solución del software
- Ci : Costo de la adquisición del hardware, software, entre otros.
- Ca : Costo de administración
- Co : Costo de operación
- Cs : Costo de servicio a usuario

$$C_a = CAI + NI + NA + TS$$

Donde,

- CAI : Costo anual de un ingeniero
- NI : Número de ingenieros de planta
- NA : Número de años de la solución en funcionamiento
- TS : Porcentaje de tiempo dedicado a la solución

$$C_o = NIPP + NASF + CHS + TTF$$

Donde,

- NIPP : Número de incidentes promedio por año
- NASF : Número de años de la solución en funcionamiento
- CHS : Costo por hora de servicio
- TIF : Tiempo aproximado para reparar la falla

$$C_s = NIA + NASF + CHS2 + TSR$$

Donde,

- NIA : Número de incidentes promedio por año
- NASF : Número de años de la solución en funcionamiento
- CHS2 : Costo por hora de soporte
- TSP : Tiempo aproximado para dar el soporte requerido

$$C_i = Ch + Cs + Cins + Ccon$$

- Ch : Costo del hardware requerido
- Cs : Costo del software requerido
- Cins : Costo de los servicios iniciales para la instalación
- Ccon : Costo de los servicios iniciales para configuración

### 7.3.4 Modelo Alejandra Fellner

La metodología adoptada en el modelo (A. Fellner, 2006), considera las siguientes variables [5]:

- Costo de staff
  - Tiempo de administradores experimentados
  - Gerentes de TI
  - Administradores de red
  - Técnicos
  - Coordinadores de tecnología
  - Capacitadores
- Costo de capital
  - Hardware (Servidores, PC's, cableados, etc.)
  - Software (Sistemas operativos, software de aplicación, herramientas de administración en red, etc.)
- Costo de mantenimiento
  - Contratos de mantenimiento de hardware
  - Repuestos
- Costo de soporte
  - Contratos de soporte
  - Servicios de consultorías
  - Cursos de entrenamiento
- Gastos recurrentes
  - Insumos
  - Conexiones
  - Comunicaciones
  - Enlaces de red

En la siguiente tabla se presenta el modelo:

<b>Administración</b>	<b>Administración, Junta Directiva, Compras, Estrategia</b>		
<b>Servicios de TI</b>	Mesa de Ayuda Admin. de Red	Admin. de PCs Reparación	Soporte técnico Desarrollo
<b>Software de usuario</b>	Admin. de software	Software de training	Material de training Software de desktop
<b>Infraestructura</b>	Estaciones de trabajo (PC´s)		
	Infraestructura avanzada		
	Sistema operativo de red y herramientas de administración		
	Servidores de archivos		
	Componentes de red		
	Cableado		
<b>COMPONENTE</b>		<b>INCLUYE</b>	
<b>Costos de staff</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de <i>senior managers</i>.</li> <li>• Gerentes de TI.</li> <li>• Administradores de red.</li> <li>• Técnicos.</li> <li>• Coordinadores de Tecnología.</li> <li>• Capacitadores.</li> </ul>		
<b>Costos de capital</b>	<i>Hardware:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Servidores.</li> <li>• PCs.</li> <li>• Switches/routers.</li> <li>• Cableado de red.</li> <li>• Gabinetes.</li> <li>• Periféricos (impresoras, scanners, etc.).</li> </ul>	<i>Software:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema operativo de red.</li> <li>• Herramientas de administración de red.</li> <li>• Sistemas operativos de las PCs.</li> <li>• Software de aplicación estándar.</li> <li>• Software de aplicación específico.</li> </ul>	
<b>Costos de mantenimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratos de mantenimiento de hardware (servidores, equipos de red, etc.).</li> <li>• Partes de repuesto.</li> </ul>		
<b>Costos de soporte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Contratos de soporte.</u></li> <li>• Servicios profesionales (ej. consultoría).</li> <li>• Cursos de entrenamiento.</li> </ul>		
<b>Gastos recurrentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insumos (toner, CDs, etc.).</li> <li>• Conexiones a IPS de Internet.</li> <li>• Comunicaciones telefónicas.</li> <li>• Enlaces de red de datos.</li> </ul>		

Tabla N° 5. Modelo Alejandra Fellner. Fuente: Gestión del costo de tecnología de la información: Costo total de propiedad, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA), 2006.



## **Capítulo IV: Resultados y análisis**

## 8. Definición tipo de costos<sup>2</sup> a considerar en metodología

De acuerdo a la revisión bibliográfica del capítulo anterior, se considera que la metodología más apropiada para adoptar como base de desarrollo corresponde al modelo de Alejandra Fellner, dado que la definición de los tipos de costos se asemeja bastante a la metodología por impartir en este trabajo.

A continuación se detallan los costos a considerar:



Figura N° 9. Costos a considerar en metodología. Fuente: Elaboración propia.

---

<sup>2</sup>Para efectos de este análisis, los valores son anuales.

### **8.1 Costos de adquisición (Ca)**

Se refiere al costo de la oferta realizada por los proveedores. La fuente de información para obtener este dato corresponde a la entregada a través del portal Mercado Público [6], en el ítem oferta económica conforme a Ley de compras N° 19.886.

### **8.2 Costos de instalación mayor y modificación de infraestructura (Ginst)**

Son los relacionados con las modificaciones en la infraestructura asociadas a la instalación del equipamiento.

En el caso de hospitales concesionados, la Sociedad Concesionaria (SC) contratada es la única entidad autorizada para ejecutar obras dentro de la infraestructura. La fuente de información para determinar este costo se obtiene a partir de un presupuesto oficial emitido por la SC y debe incluir:

- **Costo de cada partida de obra**
- **Valor del seguro de mantención por los años de concesión**

Conforme a lo establecido en el contrato, el concesionario debe incluir en el presupuesto, un seguro asociado a las nuevas instalaciones por un periodo equivalente a la concesión.

En el caso de hospitales convencionales, los presupuestos de obra no consideran el valor del seguro de mantención.

### **8.3 Gasto de mantenimiento (Gm)**

Corresponde a los costos asociados a mantenimiento para asegurar el óptimo funcionamiento de los equipos. Se considera lo siguiente para determinar el cálculo:

#### **i. Gasto anual por servicio de mantenimiento**

Se consideran como fuentes de información válida para determinar este valor los convenios de mantenimiento incorporados en el portal Mercado Público o cotizaciones emitidas por el proveedor competente.

#### **8.4 Gasto en recursos humanos (Grrhh)**

Este ítem incorpora el gasto que realiza la institución en recurso humano para operar el equipamiento en cuestión, tales como:

- **Médico**
- **Enfermero**
- **Tecnólogo médico**
- **Químico farmacéutico**
- **Ingeniero**
- **Técnico en enfermería (TENS)**
- **Técnico en mantenimiento**

#### **8.5 Gastos en capacitación (Gc)**

Considera los gastos relacionados con cursos de capacitación o especialización asociados a la operación del equipamiento, no incorporados en la oferta económica y que asume el establecimiento para asegurar la vida útil y productividad del bien.

#### **8.6 Gasto en insumos (Gi)**

Se refiere al gasto en insumos asociado tanto a la operación del equipo como al funcionamiento, como por ejemplo sensores, papel, pilas, gel, etc.

#### **8.7 Gastos fijos (Gf)**

Corresponde a los consumos básicos<sup>3</sup> relacionados con el funcionamiento de los equipos, es decir, consumo de agua potable, agua tratada, eléctrico, gas y gases clínicos.

- **Gasto en agua potable, eléctrico y gases medicinales centralizados.** Se obtiene el valor de acuerdo a información en ficha técnica del equipo y se convierte en gasto conforme al valor facturado por cada servicio.

- **Gasto en consumo de gases medicinales por cilindro.** Se obtiene el valor de acuerdo a las partidas detalladas en convenio de suministro de gases medicinales del establecimiento conforme al consumo de cilindros por equipo.

---

<sup>3</sup>La evaluación de gastos fijos se realizará solamente cuando el impacto del consumo lo amerite.

Finalmente, la fórmula para obtener el TCO en esta evaluación es como se describe a continuación:

$$VP\ TCO\ DM = \sum (Ca + Gi + Gm + Grrhh + Gc + Gi + Gf)$$

Donde,

- TCO DM: Costo Total de Propiedad en dispositivos médicos
- Ca : Costo de adquisición
- Ginst : Gasto en instalación
- Gm : Gasto en mantenimiento
- Grrhh: Gasto en recursos humanos
- Gc : Gasto en capacitación
- Gi : Gasto en insumos
- Gf : Gastos fijos

## **9. Casos de estudio**

En esta sección se presentan los resultados en la aplicación del modelo TCO para adquisición de equipamiento médico en el establecimiento.

### **9.1 Caso 1: Análisis TCO de ventilador mecánico para Unidad de Paciente Crítico (UPC).**

#### **Antecedentes**

La ventilación mecánica corresponde al reemplazo o asistencia mecánica para generar la ventilación pulmonar espontánea, en el momento en que no existe o cuando no es suficiente de forma propia.

El equipo denominado ventilador mecánico es utilizado para apoyar la terapia respiratoria de los pacientes críticos. A continuación, se presenta una imagen referencial del equipo y la identificación de sus partes:



Figura N°10. Imagen referencial<sup>4</sup> de ventilador mecánico. Fuente: Elaboración propia.

---

<sup>4</sup> La imagen es solo referencial y no constituye preferencias o sesgos por la marca del equipo.

El equipo se utiliza en la Unidad de Paciente Crítico (UPC) conforme a la infraestructura<sup>5</sup> expuesta a continuación:



Figura N°11. Imagen referencial de UPC. Fuente: imagen referencial Hospital General de Almansa.

---

<sup>5</sup> La imagen es solo referencial, no representa preferencia por marcas.



La aplicación de las variables TCO para el caso del equipo ventilador mecánico se establecen a continuación:

Tipo de costo	Detalle
<b>Costo de adquisición (Ca)</b>	Información obtenida a través del portal Mercado Público considerando licitaciones adjudicadas conforme a la ley de compras N°19.886.
<b>Costos de instalación mayor y modificación de infraestructura (Ginst)</b>	En caso no aplica, ya que el equipo no requiere de instalaciones mayores. El equipo se conecta a la red eléctrica y de gases clínicos.
<b>Gasto en mantenimiento (Gm)</b>	Información se encuentra en convenios de mantenimiento vigentes, adjudicados a través de licitación pública.
<b>Gasto en Recursos Humanos (Grrhh)</b>	Este ítem incorpora a profesionales de enfermería, kinesiología y médicos para UPC asociados a la operación del ventilador mecánico.
<b>Gastos en capacitación (Gc)</b>	Se considera gasto en capacitación sobre ventilación mecánica.
<b>Gasto en insumos (Gi)</b>	Se considera el gasto en insumos utilizados por el equipo asociado a la atención del paciente.
<b>Gastos fijos (Gf)</b>	En caso no aplica, ya que los gastos fijos del equipo son despreciables.

Tabla N°6. Variables para calcular el Costo Total asociado a la adquisición y operación del equipo ventilador mecánico. Fuente: elaboración propia.

Aplicando la metodología TCO para evaluar la operación del ventilador mecánico de UPC, resulta lo siguiente<sup>6</sup>:

<sup>6</sup> Para efectos de este análisis se consideran flujos en pesos iguales en el tiempo, y al momento de evaluar debe convertirse en UF.

**Equipo****Ventilador mecánico**

<b>Tipo gasto</b>	<b>Año 0 M\$</b>	<b>Año 1 M\$</b>	<b>Año 2 M\$</b>	<b>Año 3 M\$</b>	<b>Año 4 M\$</b>	<b>Año 5 M\$</b>	<b>Año 6 M\$</b>	<b>Año 7 M\$</b>	<b>Año 8 M\$</b>	<b>Año 9 M\$</b>	<b>Año 10 M\$</b>
Ca	\$ 13,45	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Ginst	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Gm	\$ 0,13	\$ 0,13	\$ 0,13	\$ 1,80	\$ 1,80	\$ 1,80	\$ 1,80	\$ 1,80	\$ 1,80	\$ 1,80	\$ 1,80
Grrhh	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ 12,00
Gc	\$ 0,09	\$ 0,09	\$ 0,09	\$ 0,09	\$ 0,09	\$ 0,09	\$ 0,09	\$ 0,09	\$ 0,09	\$ 0,09	\$ 0,09
Gi	\$ 2,40	\$ 2,40	\$ 2,40	\$ 2,40	\$ 2,40	\$ 2,40	\$ 2,40	\$ 2,40	\$ 2,40	\$ 2,40	\$ 2,40
Gf	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Flujos sub	\$ 28,07	\$ 14,62	\$ 14,62	\$ 16,29	\$ 16,29	\$ 16,29	\$ 16,29	\$ 16,29	\$ 16,29	\$ 16,29	\$ 16,29
	<b>TCODM</b>	<b>\$ 144,88</b>									

Tabla N°7. Costo Total asociado a la adquisición y operación del equipo ventilador mecánico. Fuente: elaboración propia.

El gasto en adquisición (Ga) corresponde al valor de adquisición del equipo, el cual se gasta en una oportunidad. Tal como se menciona en la descripción del caso, este valor se obtiene el portal Mercado Público.

Si bien el ventilador mecánico debe conectarse a la corriente eléctrica y la red de gases clínicos, el gasto en instalación (Ginst) del equipo es despreciable, por lo que en este análisis el valor ponderado corresponde a cero.

En términos del gasto en mantenimiento (Gm) se estima que durante los años de garantía, el gasto que realiza el establecimiento es menor. Además, se considera que la garantía técnica ofertada por el proveedor adjudicado, incluye mantenciones preventivas del equipo como también asistencia técnica en caso de falla, incluyendo repuestos.

En cuanto caduca el contrato por garantía, el establecimiento licita un convenio de mantenimiento. Conforme a estas variables, el gasto en mantenimiento se modifica a partir del tercer año.

Aunque el gasto en mantenimiento es menor durante la etapa de garantía técnica, siempre existen imprevistos en que el establecimiento debe hacerse cargo para asegurar la disponibilidad del dispositivo médico. Para estimar este gasto, se considera un 1% del valor del equipo de forma anual.

Para el gasto en recursos humanos (Grrhh), se consideran salarios de profesionales asociados a la utilización del equipo, obtenidos del portal gobierno transparente [8]. En este ejercicio, se toman en cuenta los profesionales de la salud, tales como enfermera, kinesiólogo y médico.

Para determinar el gasto en capacitaciones (Gc), se incorpora el valor de capacitaciones orientadas al personal clínico que utiliza el equipo ventilador mecánico.

Con relación al gasto en insumos (Gi) se incluyen los insumos que consume el equipo conforme a la atención de pacientes, tales como circuitos de paciente, válvulas, sensores, entre otros.

Al igual que el gasto en instalación, los gastos fijos (Gf) no son representativos en este caso, por lo que no se consideran en el análisis.

Finalmente, una vez reflejados todos los gastos que conforman el modelo TCO, se utiliza el Valor Presente Neto (VPN) para determinar el gasto que realiza la institución en la operación del equipo.

La fórmula es como se describe a continuación:

$$VPN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{It}{(1+i)^t}$$

Donde,

- VPN: Valor Presente Neto
- I: Inversión inicial
- It: flujo de efectivo neto en el periodo t
- n: Número de periodos de vida del proyecto
- i: Tasa de interés

Para todos los casos de aplicación, los valores incluyen el Impuesto al Valor Agregado (IVA). El IVA [7] es el principal impuesto al consumo que existe en Chile y grava con una tasa de 19% las ventas de bienes corporales muebles e inmuebles. Este impuesto afecta también al Fisco, instituciones semifiscales, organismos de administración autónoma del Estado, municipalidades y a las empresas que pertenezcan a ellos o en los cuales estos organismos tengan participación.

Para el número de periodos de vida del proyecto, se considera la vida útil de los dispositivos médicos, que en el caso del ventilador es de 10 años.

La tasa de descuento empleada corresponde a la tasa utilizada por el Ministerio de Salud para evaluar proyectos de pre inversión hospitalaria, resultando en un 6%.

La inversión inicial del ventilador mecánico representa solo el 9,3% del gasto total de operación a valor presente. Este análisis es fundamental para las áreas con poder de decisión de compra del establecimiento, ya que si bien el dispositivo médico es crucial para la atención de pacientes, es primordial conocer cuánto desembolsa el establecimiento en la utilización de la tecnología.

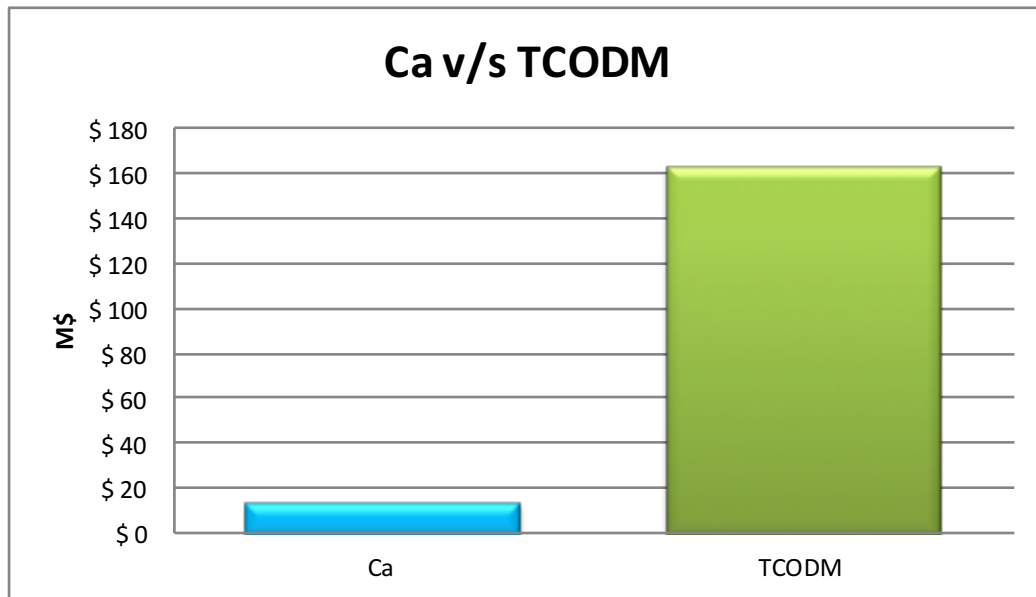


Gráfico N°1. Comparativo inversión inicial v/s TCO ventilador mecánico. Fuente: elaboración propia.

El gasto en recursos humanos representa la mayor ponderación del gasto total. Esto se explica ya que los profesionales que utilizan el equipamiento son muy específicos y esenciales para prestar atención clínica a pacientes críticos.

Luego del gasto en recursos humanos, sigue el gasto en capacitación e insumos, finalmente el gasto en mantenimiento y la inversión inicial.

A continuación, se detallan los porcentajes de cada componente del TCO en ventilador mecánico:

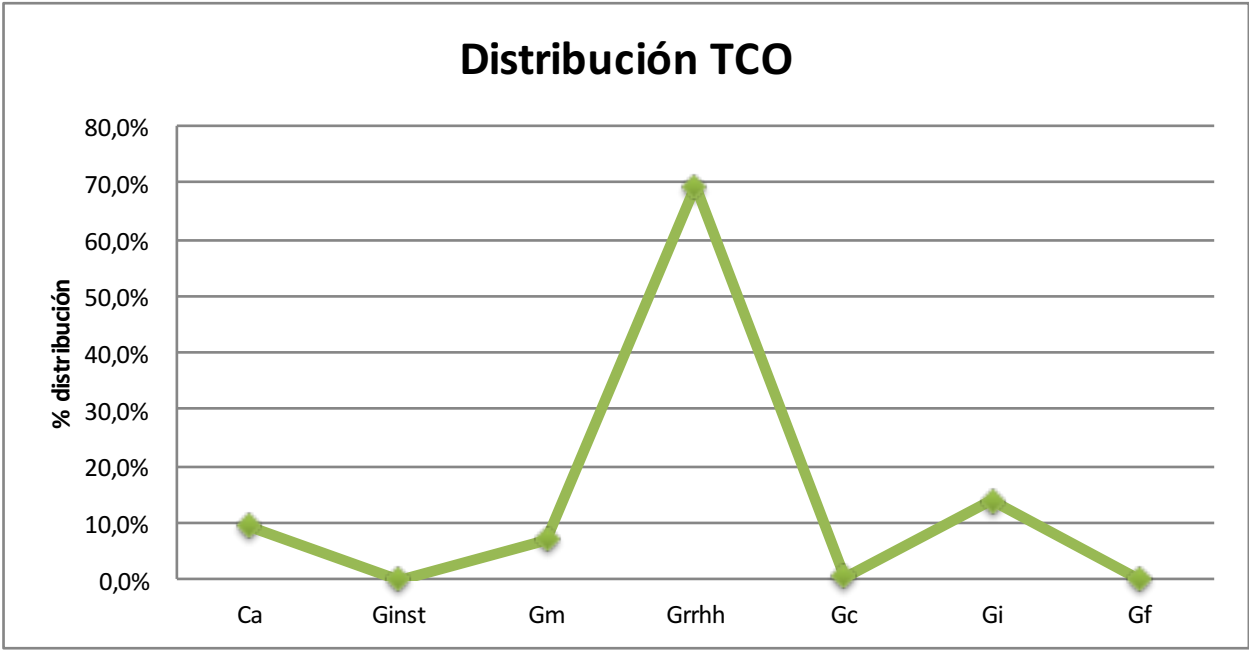


Gráfico N°2. Distribución componentes de TCO en ventilador. Fuente: elaboración propia.

## 9.2 Caso 2: Análisis TCO de Tomógrafo Axial Computado (TAC) para Unidad de Imagenología

### Antecedentes

El Tomógrafo Axial Computarizado (TAC) o también conocido como escáner, es un equipo que utiliza radiación rayos x para conseguir múltiples imágenes o cortes de algún órgano con fines diagnósticos.

A continuación se presenta una imagen referencial del equipo y la identificación de sus partes:

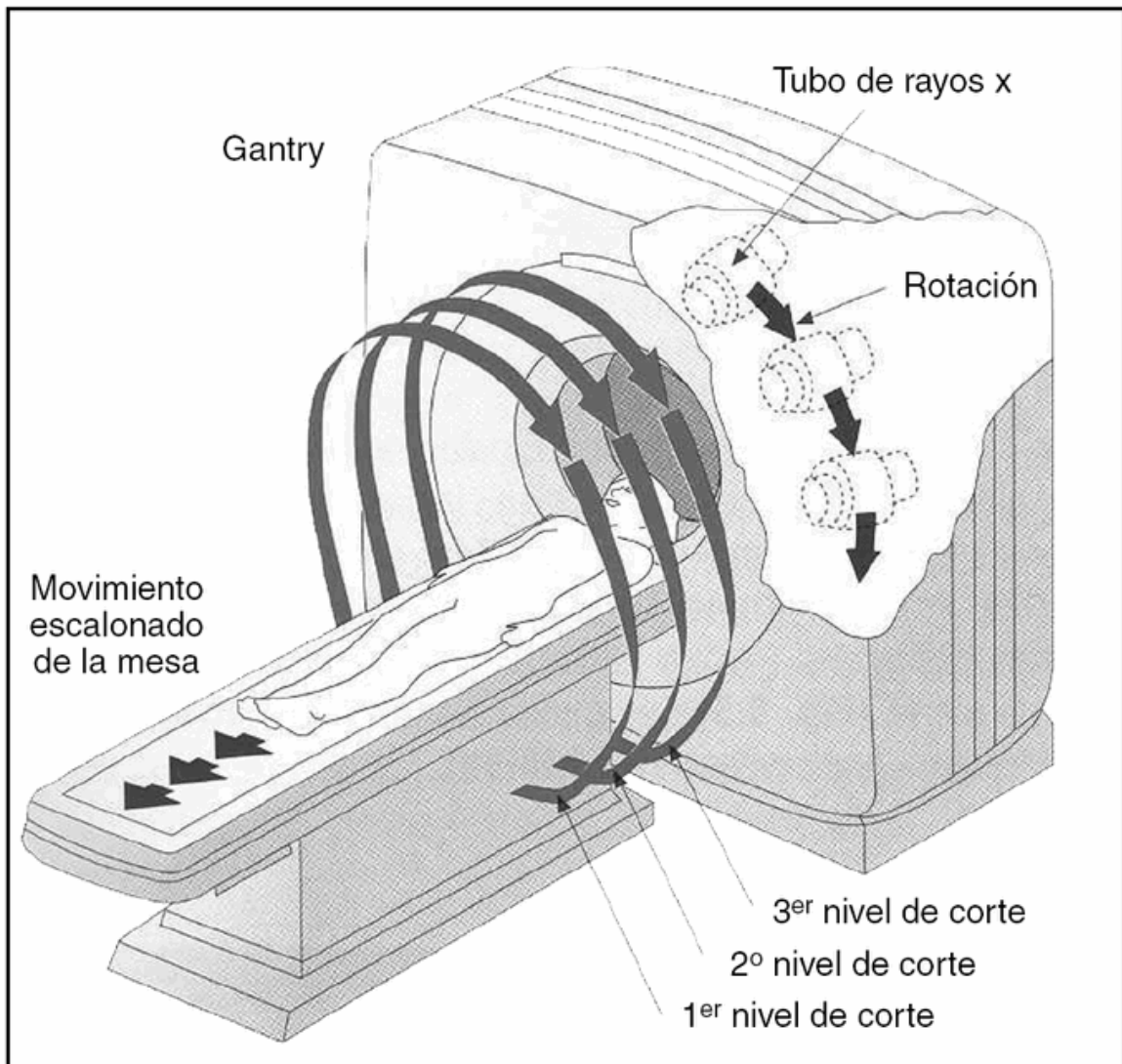


Figura N° 12. Imagen referencial TAC. Fuente: EL SEVIER: revista española de medicina nuclear e imagen molecular [9].

El equipo se utiliza en la unidad de imagenología conforme a la infraestructura<sup>7</sup> expuesta a continuación:



Figura N°13. Imagen referencial TAC en imagenología. Fuente: elaboración propia.

---

<sup>7</sup> La imagen es solo referencial, no representa preferencia por marcas.



La aplicación de las variables TCO para el caso del TAC se establecen a continuación:

Tipo de costo	Detalle
<b>Costo de adquisición (Ca)</b>	Información obtenida a través del portal mercadopublico considerando licitaciones adjudicadas conforme a la Ley de compras N°19.886.
<b>Costos de instalación mayor y modificación de infraestructura (Gins)</b>	El costo de instalación del TAC se obtiene a partir de un presupuesto entregado por la Sociedad Concesionaria <sup>8</sup> responsable del mantenimiento asociado a infraestructura, y otros.
<b>Gasto en mantenimiento (Gm)</b>	Información se encuentra en convenios de mantenimiento vigentes, adjudicados a través de licitación pública.
<b>Gasto en Recursos Humanos (Grrhh)</b>	Este ítem incorpora la contratación de profesionales tecnológicos médicos, operadores de equipos radiológicos.
<b>Gastos en capacitación (Gc)</b>	No se considera en este análisis <sup>9</sup> .
<b>Gasto en insumos (Gi)</b>	Se incluye el gasto en insumos para realizar exámenes utilizando medios de contraste.
<b>Gastos fijos (Gf)</b>	Los gastos fijos se ven representados por el gasto de energía eléctrica que utiliza el equipo.

Tabla N°8. Variables para calcular el Costo Total asociado a la adquisición y operación del equipo TAC. Fuente: elaboración propia.

Aplicando la metodología TCO para evaluar la operación del TAC, resulta lo siguiente:

<sup>8</sup> Para este análisis, se asume un establecimiento concesionado.

<sup>9</sup> Se asume que el establecimiento no incluye capacitaciones en uso de TAC en el presupuesto asignado para el Programa Anual de Capacitación (PAC).

<b>Tomógrafo Axial Computado - Unidad de Imagenología</b>									
<b>Dispositivo</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>	<b>Año 8</b>
<b>Tipo gasto</b>	<b>M\$</b>	<b>M\$</b>	<b>M\$</b>	<b>M\$</b>	<b>M\$</b>	<b>M\$</b>	<b>M\$</b>	<b>M\$</b>	<b>M\$</b>
Ca	\$ 420,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Ginst	\$ 50,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Gm	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 70,00	\$ 70,00	\$ 70,00	\$ 70,00	\$ 70,00	\$ 70,00
Grrhh	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39
Gc	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Gi	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29
Gf	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84
	\$ 778,53	\$ 308,53	\$ 308,53	\$ 378,53	\$ 378,53	\$ 378,53	\$ 378,53	\$ 378,53	\$ 378,53
	<b>TCODM</b>	<b>\$ 3.001</b>							

Tabla N°9. Costo Total asociado a la adquisición y operación del equipo Tomógrafo axial computado. Fuente: elaboración propia.

Tal como se indica en análisis del caso anterior, el gasto en adquisición ( $G_a$ ) es el valor de adquisición del tomógrafo, en este caso este monto asciende a M\$420.

Con respecto al gasto en instalación, en el caso de un establecimiento concesionado, la sociedad concesionaria es la única entidad que se le permite realizar alguna modificación de la infraestructura, por lo que en el caso en de adquirir equipamiento que necesita instalación en obra, estas instalaciones deben ser ejecutadas por el concesionario.

Las modificaciones en la infraestructura pueden ser: instalaciones sanitarias, eléctricas, infraestructura, etc.

Conforme a lo anterior, se considera el valor presupuestado por el concesionario. Además del costo de la instalación, el presupuesto incluye el valor de un seguro por las instalaciones, durante el periodo de concesión. Si el contrato concesionado tiene una vigencia de 15 años, y el equipo se instala en el año 5, entonces el seguro de las instalaciones entregado por el concesionario, debe incluir 10 años de concesión.

Con respecto al gasto en mantenimiento, en este caso se supone que durante el periodo de garantía, se mantiene un contrato *full* vigente asociado a la adquisición del equipo, por lo que el gasto en mantenimiento es despreciable o cero<sup>10</sup>.

Una vez finalizado el periodo de garantía, se asume que el hospital contrata un convenio de mantenimiento a través de licitación pública, con vigencia por lo menos hasta finalizar la vida útil del equipo.

Para el gasto en recursos humanos ( $G_{rrhh}$ ), se toman en cuenta los salarios de profesionales tecnólogos médicos que utilizan el equipo.

En este caso el gasto en capacitaciones ( $G_c$ ) no se considera en el análisis, ya que es una especialidad que desarrolla el tecnólogo médico que utiliza el equipo.

Para determinar el gasto en insumos, se considera la inyectora de medios de contraste utilizado para ciertos exámenes con el equipo, como por ejemplo TAC de columna, cervical, dorsal o lumbar. La indicación del medio de contraste depende del médico tratante.

Los gastos fijos ( $G_f$ ) corresponden al consumo de energía eléctrica.

Finalmente, al igual que el caso anterior, se utiliza el Valor Presente Neto (VPN) para determinar el gasto que realiza la institución en la operación del equipo.

Se considera 8 años de vida útil, manteniendo la tasa de descuento del 6%.

---

<sup>10</sup> Se excluyen de este análisis las fallas del equipo no cubiertas por la garantía.

En este caso, la inversión inicial en el equipo representa un 14% del gasto total de operación del tomógrafo. El gasto en insumos es el más representativo del TCO, ya que el establecimiento mantiene un contrato modalidad suministro en donde se entrega el equipo (inyectora contraste) y se factura la utilización del medio de contraste.

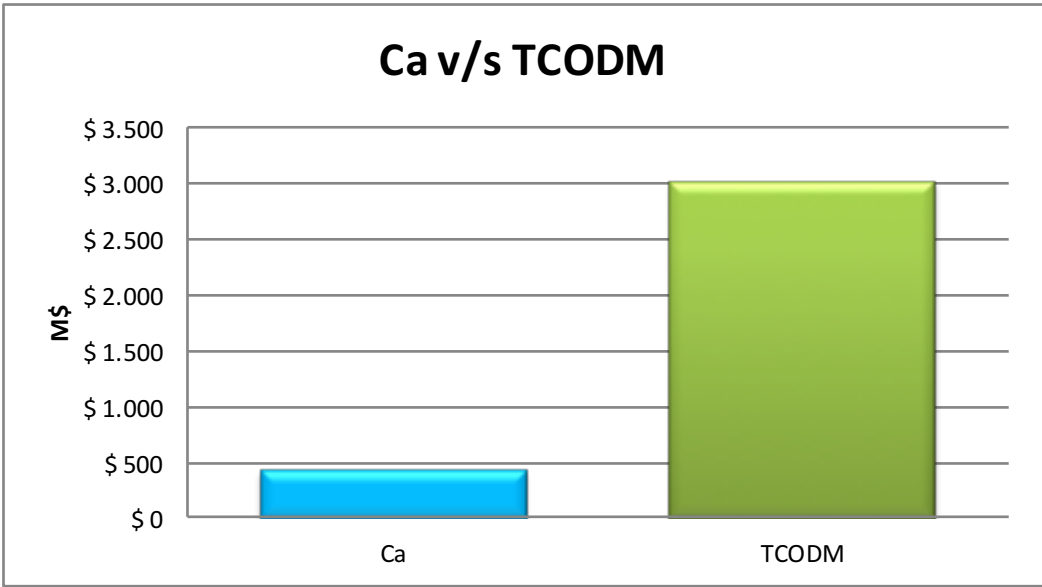


Gráfico N°3. Comparativo inversión inicial v/s TCO TAC. Fuente: elaboración propia.

Luego del gasto en insumos que es el más representativo, sigue el gasto en mantenimiento, ya que se considera un convenio de mantenimiento *full*.

La distribución de los componentes del TCO para este caso, se muestra a continuación:

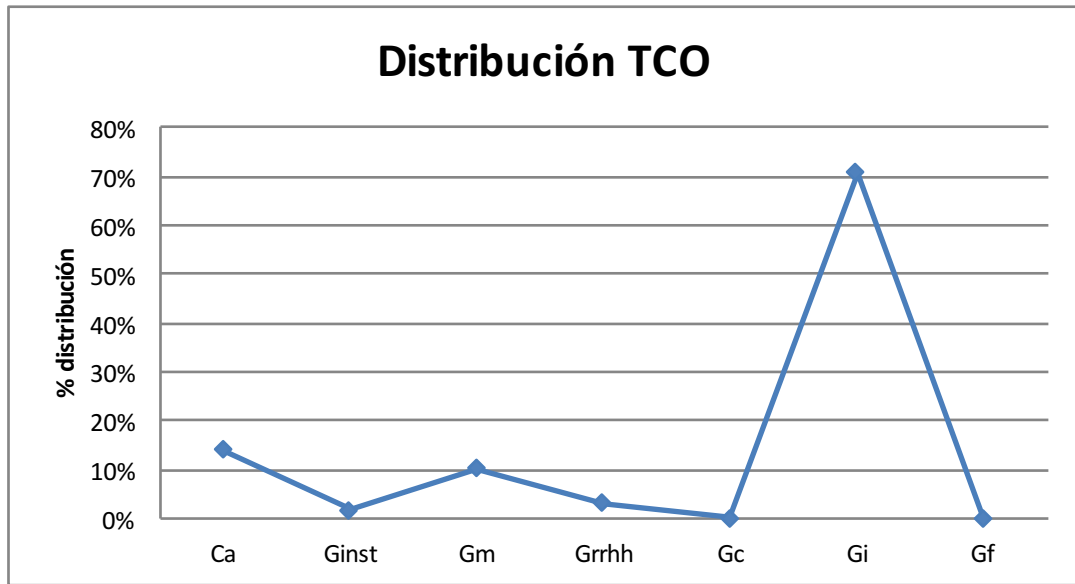


Gráfico N°4. Distribución componentes de TCO en TAC. Fuente: elaboración propia.

En este caso, es importante considerar que el gasto en instalación puede ser recuperado en un 80%<sup>11</sup> aproximadamente al momento de la renovación del equipo por cumplimiento de vida útil. Las instalaciones realizadas en el año cero, pueden ser reutilizadas en un 80% al año diez.

Este análisis debe reflejarse en el flujo estimado, representando el valor en negativo.

### 9.3 Caso 3: Análisis TCO de Tomógrafo Axial Computado sin contrato de mantenimiento

#### Antecedentes

Este caso es similar al anterior, excepto en el ítem de gasto en mantenimiento (Gm):

Tipo de costo	Detalle
<b>Gasto en mantenimiento (Gm)</b>	Supone que el establecimiento no contrata un convenio de mantenimiento posterior al vencimiento de la garantía técnica.

Tabla N°10. Gasto en mantención del equipo TAC sin convenio de mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

<sup>11</sup> Se considera un 80% como valor estimado sobre la posibilidad de utilizar las instalaciones ejecutadas en obra.

Para evaluar esta situación, se toma como supuesto que el gasto estimado en mantenimiento corresponde entre un 5% - 10% del valor de adquisición del equipo. Dado que el porcentaje varía según la complejidad del equipo, se asume un 10%.

De esta forma, el establecimiento asume el gasto en mantención, tanto en la mantención correctiva como preventiva del equipo, en los actos administrativos como licitaciones para adquisición de repuestos y mano de obra calificada, etc.

Conforme a estos supuestos, el ejercicio resulta como se indica a continuación:

<b>Dispositivo</b>	<b>Tomógrafo Axial Computado - Unidad de Imagenología</b>								
<b>Tipo gasto</b>	<b>Año 0 M\$</b>	<b>Año 1 M\$</b>	<b>Año 2 M\$</b>	<b>Año 3 M\$</b>	<b>Año 4 M\$</b>	<b>Año 5 M\$</b>	<b>Año 6 M\$</b>	<b>Año 7 M\$</b>	<b>Año 8 M\$</b>
Ca	\$ 420,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Ginst	\$ 50,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Gm	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 42,00	\$ 42,00	\$ 42,00	\$ 42,00	\$ 42,00	\$ 42,00
Grrhh	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39	\$ 13,39
Gc	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Gi	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29	\$ 294,29
Gf	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84	\$ 0,84
	\$ 778,53	\$ 308,53	\$ 308,53	\$ 350,53	\$ 350,53	\$ 350,53	\$ 350,53	\$ 350,53	\$ 350,53
	<b>TCODM</b>	<b>\$ 2.878</b>							

Tabla N°11. Costo Total asociado a la adquisición y operación del equipo Tomógrafo axial computado sin convenio de mantenimiento posterior a garantía técnica. Fuente: elaboración propia.

La inversión inicial se mantiene dentro del mismo rango de distribución, tal como se aprecia en el siguiente gráfico:

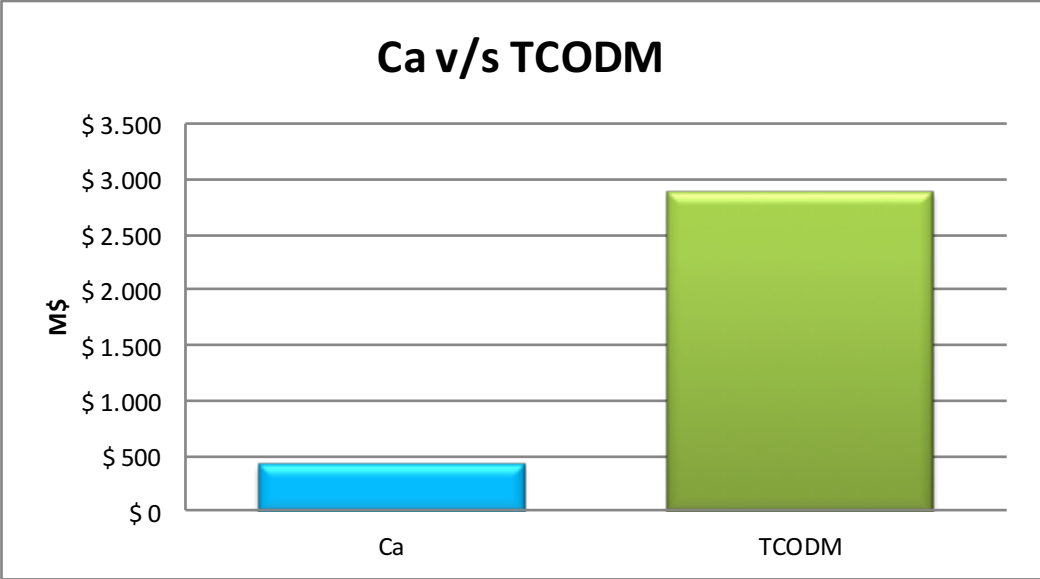


Gráfico N°5. Comparativo inversión inicial v/s TCO TAC sin convenio de mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

La distribución de los componentes del TCO en este caso, se muestra en el siguiente gráfico:



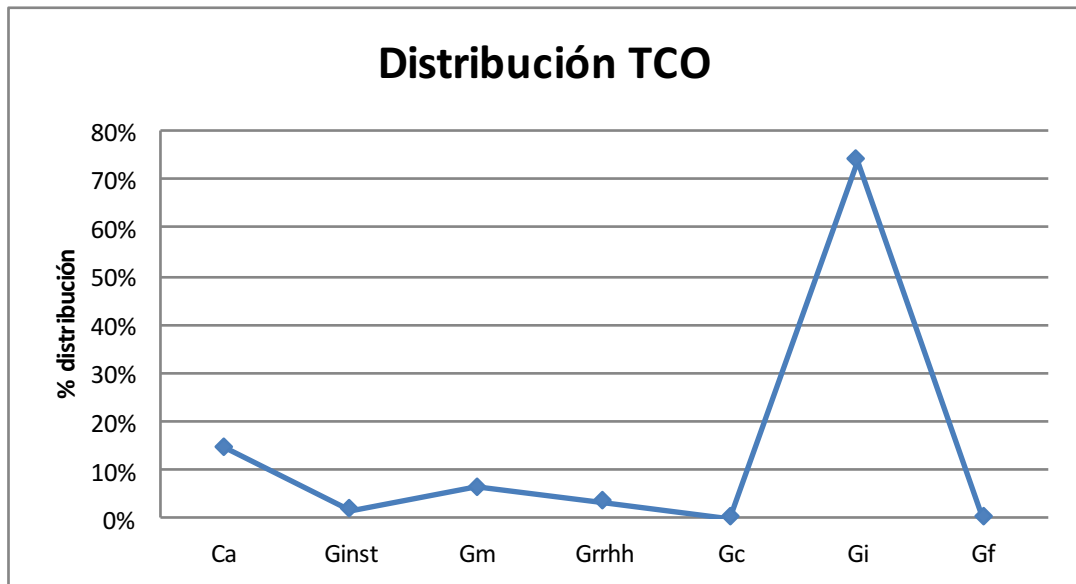


Gráfico N°6. Distribución componentes de TCO en TAC sin convenio de mantenimiento posterior a garantía técnica. Fuente: elaboración propia.

Se aprecia que el gasto en mantenimiento representa el 6%, mientras que en el caso anterior en que el establecimiento contrata un convenio de mantenimiento, el gasto representa un 10%.

Este caso es interesante, ya que el gasto en mantenimiento es menor con respecto al caso 1. Sin embargo, el costo oportunidad que asume el establecimiento es mayor, dado que debe considerar en su gestión interna a lo menos las siguientes variables:

- Coordinar todas las actividades de mantención preventiva.
- Coordinar todas las actividades de mantención correctiva.
- Asumir el costo e importación de repuestos e insumos.
- No manejar la disponibilidad o tiempos de parada del equipamiento.
- *Up grade*.
- Etc.

Entonces, a pesar que a la institución ahorraría en este ítem, lo cual podría eventualmente impactar en la deuda del establecimiento, no se recomienda inclinarse ante esta opción, dado que el costo oportunidad es muy alto. En este sentido, el establecimiento arriesgaría la entrega de prestaciones clínicas a los pacientes, ya que incluso podría enfrentar tiempos de parada altos, sin poder operar el equipamiento.

Finalmente, se observan ambos casos de TCO para tomógrafos, con o sin convenio de mantenimiento. El gasto en mantenimiento es fundamental, ya que permite evaluar los costos de oportunidad entre las alternativas. Sin embargo, el gasto en insumos es el más representativo, pues el establecimiento gasta bastante en el contrato de insumos.

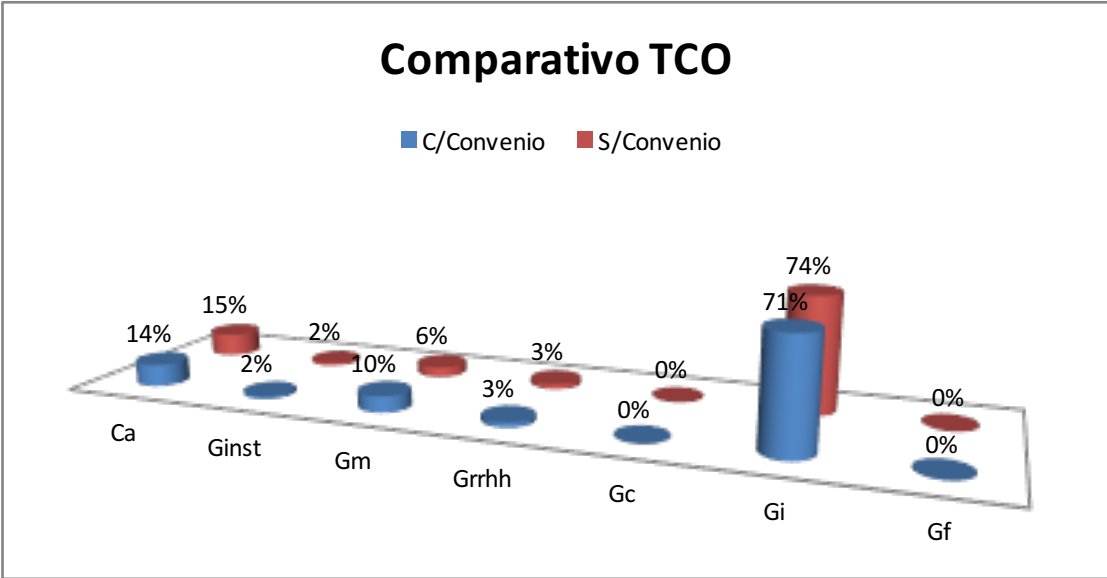


Gráfico N°7. Comparativo TCO para TAC con y sin convenio de mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

## **Capítulo V: Guía implementación TCO**

### **Introducción**

Generalmente, las decisiones de compra de tecnología en hospitales públicos se determinan por el precio inicial y por las condiciones de mantenimiento ofertadas por las diferentes empresas. Sin embargo, las instituciones no proyectan el gasto en que incurren por el uso de la tecnología, tales como gastos en recursos humanos, gastos fijos, gastos en instalación y puesta en marcha, etc.

El Costo Total de la Propiedad (TCO) entrega una visión a largo plazo respecto de los gastos que realiza la institución, durante un periodo determinado, el cual se puede asociar a periodo de la vida útil del equipo como también a los años de garantía técnica, u otro a definir.

Conforme a lo anterior, esta guía de implementación pretende orientar a los grupos de trabajos que toman decisiones de compra en términos de estimación de gastos en tecnología, de tal manera que les permita seleccionar adecuadamente el equipamiento por adquirir.

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

- Entregar una guía metodológica sobre la implementación del modelo TCO para evaluación tecnológica en el establecimiento afín.

#### **Objetivos específicos**

- Aportar información de entrada al momento de evaluar adquisiciones.
- Generar información para comparar con otras modalidades de compra.

#### **Alcance de uso**

Utilice esta metodología al evaluar la compra de equipamiento de alto costo, es decir, con una inversión mayor a \$10.000.000.

## **Aplicación metodológica**

### **Etapa N°1: Defina los tipos de costos a considerar.**

En esta etapa debe definir los costos a incluir en el análisis de Costo Total de la Propiedad (TCO). Para ello identifique y defina cuáles son los gastos más significativos en que incurre el equipamiento durante el periodo en evaluación.

A continuación se detalla una sugerencia de variables:

#### **- Costos de adquisición**

Se refiere al costo de la oferta realiza por los proveedores<sup>12</sup>.

#### **- Gastos de instalación mayor y modificación de infraestructura**

Son los relacionados a las modificaciones en la infraestructura asociadas a la instalación del equipamiento.

#### **- Gasto de mantenimiento**

Corresponde a los costos asociados a mantenimiento para asegurar el óptimo funcionamiento de los equipos.

#### **- Gasto en Recursos Humanos**

Este ítem incorpora el gasto que realiza la institución en recurso humano para operar el equipamiento en cuestión, tales como:

- Médicos
- Enfermeros
- Tecnólogos médicos
- Químicos farmacéuticos
- Ingenieros
- Técnicos en enfermería (TENS)
- Técnicos en mantenimiento

#### **- Gastos en capacitación**

Considera los gastos relacionados como cursos de capacitación o especialización asociados a la operación del equipamiento, no incorporados en la oferta económica y que asume el establecimiento para asegurar la vida útil y productividad del bien.

---

<sup>12</sup> Considere los valores con IVA.

## - Gasto en insumos

Se refiere al gasto en insumos asociado tanto a la operación del equipo como al funcionamiento, como por ejemplo sensores, papel, gel, etc.

## - Gastos fijos

Corresponde a los consumos básicos<sup>13</sup> relacionados con el funcionamiento de los equipos, es decir consumo de agua potable, agua tratada, eléctrico, gas y gases clínicos.

## Etapa N°2: Defina la fuente válida de información para cada variable.

Una vez definidas las variables a considerar en el análisis, entonces debe incorporar la fuente de información válida para el sustento del modelo.

A modo de sugerencia, se desarrollan fuentes válidas de información:

## - Costos de adquisición

Considere como fuente de información el portal Mercado Público:



Figura N°14. Portal Mercado Público. Fuente: [www.mercadopublico.cl](http://www.mercadopublico.cl).

<sup>13</sup>La evaluación de gastos fijos se realizará solamente cuando el impacto del consumo lo amerite.

Luego, seleccione la opción oferta económica del cuadro de ofertas:

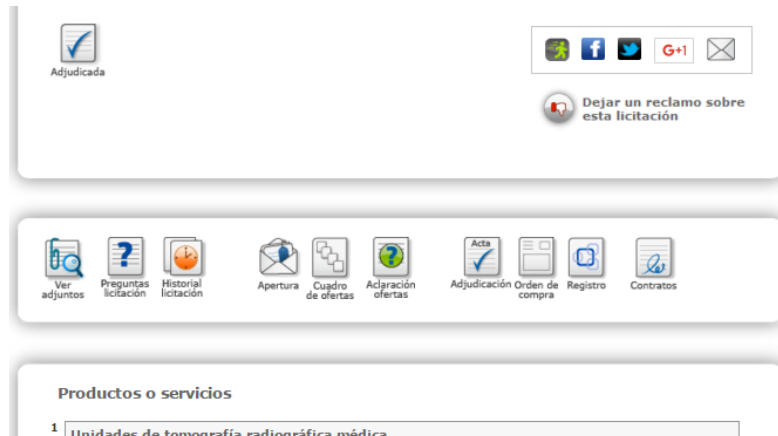


Figura N°15. Cuadro de ofertas. Fuente: [www.mercadopublico.cl](http://www.mercadopublico.cl).

Finalmente, obtenga el dato asociado al valor del equipo.

- **Costos de instalación mayor y modificación de infraestructura**

Utilice los presupuestos de obra entregados por empresas contratistas. Para los casos de hospitales concesionados, los presupuestos corresponden a los entregados por la sociedad concesionaria. En caso de que el presupuesto incorpore un seguro por las instalaciones durante el periodo de concesión, entonces incorpórelo en el análisis.

- **Gasto de mantenimiento**

Se sugiere considerar las ofertas publicadas en licitaciones públicas o bien cotizaciones emitidas por entidad competente.

- **Gasto en recursos humanos**

En el caso de hospitales públicos, utilice los sueldos brutos asociados a grados determinados por la Escala Única de Sueldos (EUS°).

- **Gastos en capacitación**

La fuente válida corresponde a la información del Programa Anual de Capacitación (PAC) del establecimiento o en su defecto a presupuestos entregados por proveedores competentes.

- **Gasto en insumos**

Se sugiere como fuente de información las licitaciones adjudicadas conforme al plan anual de compras del establecimiento, o en su defecto a presupuestos entregados por proveedores competentes.

- **Gastos fijos**

Para los gastos fijos, se sugiere considerar los valores de acuerdo a información en ficha técnica del equipo y se convierte en gasto conforme al valor facturado al establecimiento por cada servicio.

En el caso del consumo de gases medicinales por cilindro, se sugiere obtener el valor de acuerdo a las partidas detalladas en convenio de suministro de gases medicinales del establecimiento, conforme al consumo de cilindros por equipo.

### **Etapa N°3: Seleccione el periodo de análisis**

Se sugiere revisar a los menos las siguientes alternativas para definir el periodo a utilizar:

- **Garantía técnica**

Se puede analizar el TCO conforme a la duración de la garantía técnica del equipo, es decir, si el contrato del equipo considera una garantía técnica de 24 meses, entonces el análisis de TCO se debe realizar en el mismo periodo.

- **Vida útil**

En este caso la evaluación es más prolongada, ya que en general la vida útil del equipamiento es mayor que el periodo de garantía técnica. Se recomienda que el dato de la vida útil se considere conforme a información del fabricante detallada en los manuales técnicos del equipo o bien conforme a lo establecido por el Ministerio de Salud en proyectos preinversionales.

En el caso en que la vida útil de un equipo sea de 8 años, entonces el análisis TCO deberá ser de 8 años.

#### **Etapa N°4: Establezca el flujo para la evaluación.**

Se recomienda utilizar Excel para calcular los flujos. El ejemplo descrito a continuación, considera un periodo de 5 años:

<b>Tipo gasto</b>	<b>Año 0 M\$</b>	<b>Año 1 M\$</b>	<b>Año 2 M\$</b>	<b>Año 3 M\$</b>	<b>Año 4 M\$</b>	<b>Año 5 M\$</b>
Ca						
Ginst						
Gm						
Grrhh						
Gc						
Gi						

Tabla N°12. Ejemplo formato de flujo. Fuente: elaboración propia.

En la primera columna del archivo, incorpore las variables a evaluar. En este caso se consideran: Costo de adquisición (Ca), Gasto en instalación (Ginst), Gasto en mantenimiento (Gm), Gasto en recursos humanos (Grrhh), Gasto en capacitación (Gc) y Gasto en insumos (Gi).

Luego, identifique en las filas correspondientes, los periodos a evaluar. En el ejemplo se elige desde el año 0 hasta el año 5<sup>14</sup>.

#### **Etapa N°5: Ingrese el resultado de cada variable.**

Una vez obtenidos los valores de cada tipo de gasto, ingréselos en la hoja de cálculo<sup>15</sup>:

- Ca: introduzca el valor de adquisición del equipo. En el ejemplo destacado a continuación, el equipo tiene un valor de M\$200.
- Ginst: A modo de ejemplo, se asume un monto de \$50.

---

<sup>14</sup> Se sugiere formular la hoja de cálculo para obtener automáticamente los valores.

<sup>15</sup> Para sistematizar la información, se sugiere representar las cifras en M\$



<b>Tipo gasto</b>	<b>Año 0 M\$</b>	<b>Año 1 M\$</b>	<b>Año 2 M\$</b>	<b>Año 3 M\$</b>	<b>Año 4 M\$</b>	<b>Año 5 M\$</b>
Ca	\$200	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Ginst	\$50	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0

Tabla N°13. Ejemplo para introducir variables. Fuente: elaboración propia.

Tanto el costo de adquisición y el gasto en instalación solo se consideran en el año 0, ya que la institución incurre en tal gasto solo una vez.

Sin embargo, el gasto en instalación puede ser recuperado una vez finalizada la vida útil del equipo, o en el periodo en que la institución decida su reposición. Para esto, se sugiere evaluar la calidad de las instalaciones en el periodo determinado, y luego ingresar el resultado en el flujo.

Por ejemplo. Suponga que una vez finalizada la vida útil de un equipo en particular (en el año 5), la institución decide reponer la tecnología. La evaluación resulta en que es posible reutilizar el 70% de estas, por lo que el resultado de este análisis debe considerarse en el flujo, tal como se muestra a continuación:

<b>Tipo gasto</b>	<b>Año 0 M\$</b>	<b>Año 1 M\$</b>	<b>Año 2 M\$</b>	<b>Año 3 M\$</b>	<b>Año 4 M\$</b>	<b>Año 5 M\$</b>
Ca	\$200	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Ginst	\$50	\$0	\$0	\$0	\$0	\$-35

Tabla N°14. Ejemplo gasto instalación. Fuente: elaboración propia.

- Gm: cuando determine el valor del gasto en mantenimiento, asígnelo al ítem Gm. Para este tipo de gasto, se considera la posibilidad de utilizar supuestos que involucren el gasto durante el periodo de garantía técnica asociado a la oferta de compra del equipo, y luego una vez caducada, utilizar el valor de un contrato de mantenimiento en los casos que ameriten.

Para realizar el ejemplo, se asume una garantía técnica *full* y luego del segundo año, un convenio de mantenimiento por M\$2.

- Grrhh: introduzca el valor de remuneración asociada a funcionarios que utilizan el equipo. Por ejemplo, si el dato obtenido corresponde a M\$1,5 mensuales, debe determinar la ponderación efectiva en que el funcionario utiliza el equipo durante el mes, por lo que si corresponde a un 30%, entonces debe incorporar el resultado anualizado al flujo.
- Gc: no se considera para este ejemplo.

- Gi: conforme al gasto realizado por el establecimiento, detalle el monto en el ítem correspondiente. Para el ejemplo se utiliza un monto anual de \$M 0,6.
- Gf: Se sugiere considerar siempre que sea significativo. Debe calcular el consumo mensual de cada servicio asociado al equipo, y luego anualizarlo. Para efectos del ejemplo, se considera el gasto en electricidad por un monto de \$M 0,36.

<b>Tipo gasto</b>	<b>Año 0 M\$</b>	<b>Año 1 M\$</b>	<b>Año 2 M\$</b>	<b>Año 3 M\$</b>	<b>Año 4 M\$</b>	<b>Año 5 M\$</b>
Gm	\$0	\$0	\$2	\$2	\$2	\$2
Grrhh	\$5,4	\$5,4	\$5,4	\$5,4	\$5,4	\$5,4
Gc	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Gi	\$0,6	\$0,6	\$0,6	\$0,6	\$0,6	\$0,6
Gf	\$0,36	\$0,36	\$0,36	\$0,36	\$0,36	\$0,36

Tabla N°15. Ejemplo otros gastos. Fuente: elaboración propia.

#### **Etapas N°6: Calcule el TCO.**

Con el flujo completo, calcule el TCO utilizando fórmula de VPN:

<b>Tipo gasto</b>	<b>Año 0 M\$</b>	<b>Año 1 M\$</b>	<b>Año 2 M\$</b>	<b>Año 3 M\$</b>	<b>Año 4 M\$</b>	<b>Año 5 M\$</b>
Ca	\$ 200	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Ginst	\$ 50	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	<b>-\$ 35</b>
Grrhh	\$ 5,40	\$ 5,40	\$ 5,40	\$ 5,40	\$ 5,40	\$ 5,40
Gc	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Gi	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60	\$ 0,60
Gf	\$ 0,36	\$ 0,36	\$ 0,36	\$ 0,36	\$ 0,36	\$ 0,36
Sub total	\$ 256,36	\$ 6,36	\$ 6,36	\$ 6,36	\$ 6,36	<b>-\$ 28,64</b>
<b>TCODM</b>	<b>\$ 257,00</b>					

Tabla N°16. Flujo completo. Fuente: elaboración propia.

Para el ejemplo, el TCO del equipo en evaluación resulta en M\$ 257.

### **Etapa N°7: Analice los resultados obtenidos.**

En esta etapa realice las conclusiones de su análisis, y luego expóngaselos al equipo directivo del establecimiento.

Se sugiere realizar un análisis que considere a lo menos lo siguiente:

- Construcción de indicadores por cada tipo de gastos.
- Analizar el impacto de cada tipo de gasto.

Finalmente, la metodología TCO para hospitales públicos de alta complejidad resulta como se muestra a continuación:

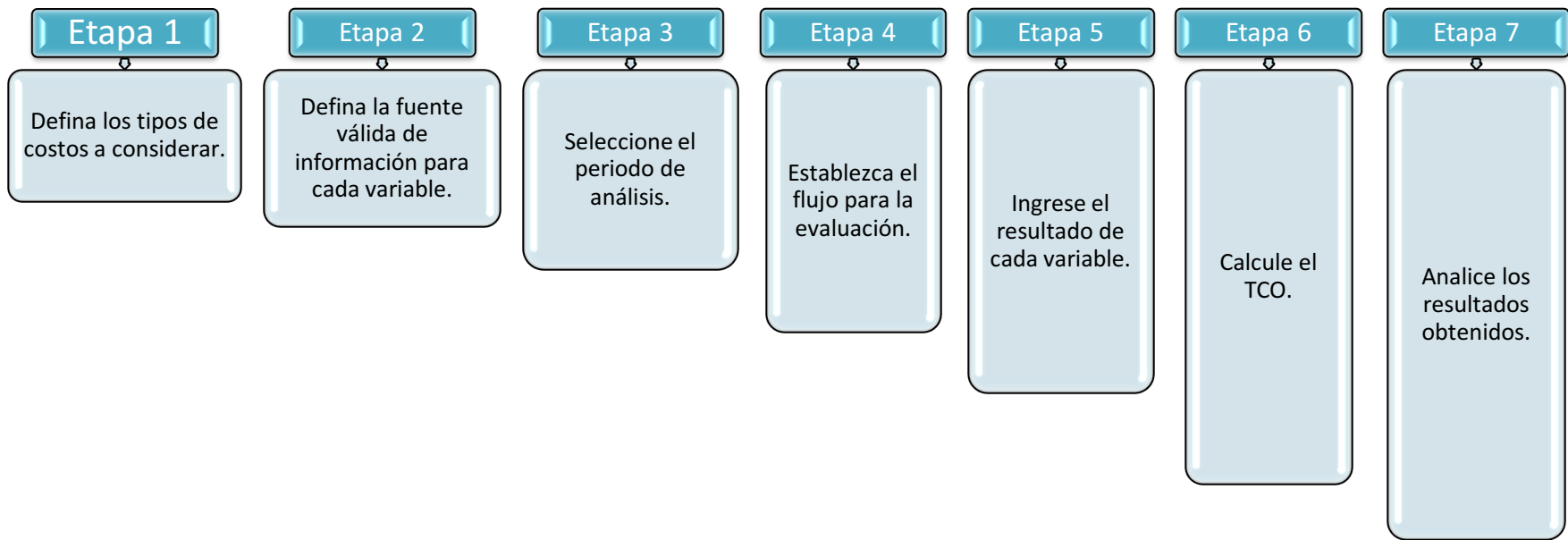


Figura N° 16. Metodología TCO. Fuente: elaboración propia.

## **Capítulo VI: Conclusiones**

## **10. Conclusiones**

El Costo Total de Propiedad (TCO) es un método de cálculo que permite administrar los costos asociados a uso de la tecnología. La metodología TCO ofrece un análisis que refleja no solamente el costo de la adquisición de un bien, sino que también evidencia otros costos asociados al uso del bien, tales como costos en mantenimiento, en insumos, entre otros.

La gran oferta en dispositivos médicos disponible en el mercado permite que las instituciones públicas como privadas decidan entre varias opciones, por lo que últimamente los equipos humanos encargados de la toma de decisión disponen de diversas opciones. Las instituciones deben adquirir tecnología de calidad al precio más conveniente, que permita entregar salud en las mejores condiciones.

De esta forma, el costo total de la propiedad entrega información a la gerencia, que les permite tomar decisiones respecto a la adquisición de tecnología. En instituciones públicas, esta herramienta permite determinar el gasto que se genera al utilizar el equipo, información que les permite analizar la pertinencia de la compra como también evaluar otras formas de otorgar los servicios, tales como arriendo, comodato, leasing, etc.

El costo total de propiedad aplicado a un hospital público de alta complejidad permite definir una metodología de cálculo a fin de utilizar al momento de decidir una compra, para luego tomar la mejor decisión, esto con el objeto de eficientar el gasto en inversiones de alto costo y la oportunidad de compra, de tal forma que permita disponer de un método definido en la institución con el propósito de solicitar formalmente recursos para asegurar el funcionamiento del equipo.

Los diferentes tipos de costos incluidos en la metodología diseñada consideran los gastos en que incurre el establecimiento en adquisición, recursos humanos, mantenimiento, insumos, capacitación, entre otros. Gastos que son recurrentes en cualquier establecimiento, pero que difícilmente se evalúan en conjunto para determinar el costo total de utilización en un dispositivo médico.

Generalmente, el gasto en instalación se considera en el valor de adquisición del dispositivo médico, sin embargo, pudieran existir modelos hospitalarios en donde la instalación del equipamiento es un gasto a parte, por lo que el modelo debe incorporar tal variable.

Con respecto al gasto en recursos humanos, es importante destacar que el gasto debe incorporar las horas efectivas que los funcionarios dedican a la utilización del equipamiento. Los gastos fijos deben considerarse solo en los casos que lo amerite, es decir, siempre y cuando influya en el cálculo del TCO.

La metodología desarrollada incorpora una etapa de definición de costos a incorporar en el análisis, luego se establecen las fuentes de información válidas para cada ítem. En la siguiente etapa, se define el periodo en que efectuará el análisis, luego se establece la

planilla de cálculo para obtener los flujos correspondientes. Una vez determinado el flujo, se ingresan los resultados para cada variable y finalmente se calcula el TCO, utilizando el valor presente neto.

El valor agregado de la metodología corresponde a la información procesada en la herramienta generada, ya que los datos utilizados para el cálculo siempre han estado a la vista del establecimiento, no obstante, no se han apreciado en forma conjunta para la toma de decisiones.

## 11. Bibliografía

Instituto de Salud Pública de Chile (s.f). Dispositivos Médicos. Obtenida el 30 de junio de 2015 de <http://www.ispch.cl/dispositivos-medicos>

[1]: <http://www.who.int/topics/hospitals/es/>

[2]: CostoTotalDePropiedad-TCO-GestiónIntegralTecnología.pdf, Por Ricardo L. Cardoza Echeverri – PMP Ingeniero electricista – Universidad Nacional de Colombia. El Timonel.

[3]: Metodología de Costeo para Prestaciones del Hospital Clínico de la Universidad de Chile José Joaquín Aguirre, José Miguel Álvarez Álvarez, Paula Andrea Mendoza Villalobos, Yully Maritza Rolón Andrade, 2005.

[4]: <http://www.gartner.com/it-glossary/total-cost-of-ownership-tco>

[5]: <http://eco.unne.edu.ar/contabilidad/costos/SanLuis2006/area3d.pdf>

[6]: [www.mercadopublico.cl](http://www.mercadopublico.cl)

[7]: [http://www.sii.cl/portales/inversionistas/imp\\_chile/impuestos\\_iva.htm](http://www.sii.cl/portales/inversionistas/imp_chile/impuestos_iva.htm)

[8]: <http://www.gobiernotransparente.cl/>

[9]: <http://www.elsevier.es/imatges/125/125v25n03/grande/125v25n03-13088421tab02.gif>