

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Análisis Comparativo de Costos para la Selección de
Montacargas Eléctricos vs. Montacargas con Motores de
Combustión Interna”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
Examen Complexivo

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Félix Herminio García Morán

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios. A mi esposa y
hermanos por su apoyo
constante.

A los profesores y
directivos de la FIMCP
– ESPOL

DEDICATORIA

A mis hijas

A mi esposa

A mi familia

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

PhD. Jorge Hurel Ezeta
Vocal

Ing. Gustavo Guerrero
Vocal

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Félix Herminio García Morán

RESUMEN

Una industria de plásticos de la ciudad quiere reemplazar su flota de 5 montacargas los cuales trabajan con motores de combustión interna, dos turnos diarios, seis días a la semana. Se necesita definir si mantienen la operación con ese tipo de montacargas o cambian la flota a montacargas eléctricos. Para tomar la decisión, se realizó un análisis comparativo entre ambos tipos de montacargas, considerando tanto la parte económica como la técnica. Se analizaron todos los costos involucrados en la utilización de cualquier maquinaria; costos de posesión, costos de operación y costos de mantenimiento. Luego se realizó una matriz de decisión para seleccionar la mejor alternativa de acuerdo a las demandas del cliente. Al analizar la matriz de decisión, se determinó que la mejor opción eran los montacargas eléctricos. Además, podemos concluir que la ventaja de la utilización de montacargas eléctricos vs. montacargas con motores de combustión interna depende mucho de la cantidad de horas de operación de los montacargas.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1

1. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MONTACARGAS

- 1.1. Logística y movimiento de cargas
- 1.2. Tipos de Montacargas
- 1.3. Consideraciones técnicas, ambientales y económicas
- 1.4. Consideraciones específicas para el caso presente

CAPÍTULO 2

2. DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE COSTOS

- 2.1. Costos de Posesión
- 2.2. Costos de Operación
- 2.3. Costos de Mantenimiento
- 2.4. Matriz de decisión de montacargas

CAPÍTULO 3

3. EVALUACIÓN DE LA SELECCIÓN ESCOGIDA

3.1. Evaluación Técnica

3.2. Evaluación Económica

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
ITA	Industrial Truck Association
LPG	Liquefied Propane Gas (gas propano líquido)
AC	Corriente Alterna
C.I.	Combustión Interna

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.1: Proyección de Costos C.I. vs Eléctrico	18
Figura 3.2: Proyección de Costos C.I. vs Eléctrico (2 turnos)	19
Figura 3.3: Proyección de Costos C.I. vs Eléctrico (1 turno)	20

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1: Comparación General de Tres Tecnologías	8
Tabla 2.1: Costos de Posesión	11
Tabla 2.2: Expectativa de Vida de Montacargas	13
Tabla 2.3: Expectativa de Vida de Baterías	14
Tabla 2.4: Costos de Operación	14
Tabla 2.5: Costos de Mantenimiento	15
Tabla 2.6: Costo Anual Total	16
Tabla 2.7: Matriz de Decisión	16
Tabla 3.1: Ventajas y Desventajas Montacargas Eléctricos vs C.I.	17

INTRODUCCIÓN

Los montacargas son equipos que están presentes en la gran mayoría de las empresas, siendo los más utilizados en nuestro medio los que tienen como fuente de energía motores de combustión interna. Conforme al desarrollo de nuevas tecnologías los montacargas eléctricos van ganando espacio al incrementarse sus posibles aplicaciones. El objetivo principal del presente trabajo es demostrar la viabilidad económica y técnica de los montacargas eléctricos comparados con los que utilizan motores de combustión interna. Para el caso específico de este trabajo, se realiza una matriz de decisión para seleccionar la mejor alternativa.

El desarrollo del presente trabajo final de graduación abarca principalmente lo siguiente:

En el capítulo 1 se explica la importancia de los montacargas en los procesos de producción en la actualidad, así como las clases y tipos de montacargas que existen. También se analizan las consideraciones necesarias para su correcta selección. Y las consideraciones específicas del caso motivo del presente trabajo.

En el capítulo 2 se desarrolla el análisis de cada uno de los costos involucrados en la posesión, operación y mantenimiento de los montacargas. Tanto de los equipos eléctricos como para los que utilizan motores de combustión interna.

En el capítulo 3 se realiza la evaluación técnica y económica de la opción más adecuada para el presente caso.

Finalmente en el capítulo 4 se presentan las conclusiones y recomendaciones del análisis realizado.

CAPÍTULO 1

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MONTACARGAS

1.1. Logística y movimiento de cargas

En la actualidad los montacargas de horquillas son equipos muy importantes en los procesos de logística y producción de cualquier empresa, al punto de volverse casi indispensables. Dentro de un proceso de producción es común tener que manipular y mover cargas pesadas, ya sean estas materias primas, productos intermedios o el producto final del proceso. Y a su vez es necesario almacenar de manera segura y eficiente estas cargas.

Un montacargas o carretilla apiladora autopropulsada es un equipo concebido para la manipulación y desplazamiento de diferentes tipos de cargas, estos pueden utilizar básicamente dos tipos de motores para su funcionamiento. Motores eléctricos; o motores de combustión interna y estos a su vez puede ser a gas (LPG), a gasolina, duales (gas/gasolina) o a diesel. Existen muchos tipos diferentes de montacargas y su correcta selección depende de varios factores, tanto de desempeño, logísticos, ambientales, ergonómicos y económicos.

La industria del movimiento de materiales ha evolucionado en los últimos años debido al incremento del precio de los combustibles y al desarrollo de nuevas tecnologías para montacargas eléctricos. Estas tecnologías ya

probadas presentan ventajas a considerar el momento de elegir entre montacargas de combustión interna frente a montacargas eléctricos

1.2. Tipos de Montacargas

Cuando hablamos de tipos o clases de montacargas nos damos cuenta que dada su diversidad no existe una clasificación única para estos equipos.

Se los puede clasificar en función de varias de sus características, las más comunes pueden ser:

- Por el tipo de motor que utilizan:
 - Motores eléctricos
 - Motores de combustión interna:
 - Gasolina
 - Gas
 - Dual
 - Diesel
- Por la posición del operador
 - De pie
 - Sentado
- Si son contrabalanceados o no lo son
- Por el tipo de llantas que utilizan:
 - Neumáticas
 - Sólidas
 - Semi sólidas

- Si el operador va sobre el montacargas o no

En general la clasificación más comúnmente aceptada es la que hace la ITA (Industrial Truck Association). ITA es la principal organización de fabricantes de montacargas y proveedores de repuestos y accesorios de componentes de vehículos industriales.

La ITA clasifica a los montacargas en 7 clases, estas son:

Clase 1: Montacargas eléctricos contrabalanceados con el operador abordo

Clase 2: Montacargas eléctricos para pasillos angostos

Clase 3: Carretillas Eléctricas manuales

Clase 4: Montacargas contrabalanceados con motor de combustión interna de llantas sólidas

Clase 5: Montacargas contrabalanceados con motor de combustión interna de llantas neumáticas

Clase 6: Tractores con motor de combustión interna o eléctrico

Clase 7: Montacargas para terreno escabroso

Para mayores detalles incluidos gráficos descriptivos de los diferentes modelos de montacargas que abarca cada clase, referirse al apéndice A.

1.3. Consideraciones Técnicas, ambientales y económicas

Es muy importante la correcta selección del montacargas para el trabajo específico que deba realizar. Para esto es necesario considerar los principales factores que van a afectar el correcto funcionamiento y

desempeño del equipo. Básicamente se consideran los factores técnicos, ambientales y económicos.

Consideraciones técnicas.

La principal consideración técnica es la carga a levantar, su peso y dimensiones, largo, ancho y altura. De aquí parte cualquier decisión para seleccionar un equipo. Otra consideración técnica es el sitio de trabajo, aquí debemos tomar en cuenta la altura a la que se debe levantar la carga, la altura máxima del sitio de trabajo, el ancho de pasillo con que se va a trabajar, la altura mínima por donde deba circular o trabajar el montacargas, las dimensiones de las esquinas por donde deba girar, el tipo y las condiciones del piso por donde se va a circular, las pendientes o rampas que deban ser superadas. La temperatura del sitio de trabajo o si el montacargas va a sufrir cambios bruscos de temperatura. También si va a trabajar a la intemperie, bajo techo o ambos.

Consideraciones ambientales.

La principal consideración ambiental tiene que ver con el sitio de trabajo y la carga en sí misma. Lo primero es si en el sitio de trabajo es posible trabajar con un montacargas que emita gases al ambiente, esto puede tener una restricción por temas de ventilación, circulación de aire y contaminación del sitio de trabajo. Con respecto a la carga, esta puede ser delicada y susceptible a la contaminación producida por los gases que emiten los motores de combustión interna, como es el caso de los alimentos, o puede

tratarse de carga peligrosa donde no es admisible un equipo que pueda producir una chispa, como por ejemplo explosivos o ciertos químicos.

Otra consideración ambiental importante es el ruido. Los equipos con motores de combustión interna producen mucho más ruido que los equipos eléctricos, en el caso de flotas grandes de montacargas trabajando en lugares relativamente reducidos, el ruido es un factor muy importante a considerar. Otra consideración ambiental además del ruido son las vibraciones que producen los motores.

Consideraciones económicas.

Obviamente una de las principales consideraciones al momento de tomar una decisión respecto a la compra de montacargas. En general si hacemos una comparación de costos de montacargas podemos observar que los equipos que funcionan a gas (LPG), gasolina o duales, tienen un precio un poco menor que los montacargas que funcionan con motores a diesel. Y a su vez estos son más baratos que los equipos eléctricos. Esto es hablando del precio inicial. Al considerar el costo total de posesión y operación, esta tendencia cambia y ese es el motivo del presente trabajo. Otro factor a considerar es el suministro de combustible o energía eléctrica en el sitio de trabajo, ya que esto puede hacer inviable la compra de determinado montacargas.

En la tabla 1.1 se hace una comparación entre los montacargas a gas o gasolina LPG/GAS, los montacargas a Diesel y los montacargas eléctricos

AC. En esta tabla se toma como línea base o referencia a los montacargas a gas o gasolina que son los más ampliamente utilizados.

	LPG/Gas	Diesel	AC
Emisiones:			
Monóxido de Carbono	100%	Menor	0%
Hidrocarburos	100%	Menor	0%
NOx	100%	Alto	0%
Partículas	0%	Alto	0%
Olor	100%	Alto	0%
Ciclo de vida	100%	150% a 200%	150% a 200%
Eficiencia del Motor	100%	135%	200% a 300%
Costo inicial	100%	105%	156%
Costo combustible/energía	100%	90% a 110%	10% a 20%
Uso en interiores	Limitado	Limitado	Ilimitado

Tabla 1.1: Comparación General de Tres Tecnologías

1.4. Consideraciones específicas para el caso presente

En el caso a analizar el cliente cuenta con una flota de 5 montacargas con motor de combustión interna que funcionan a gasolina. La flota está por cumplir su vida útil por lo que están planificando su reemplazo. Para la nueva compra quieren analizar la conveniencia de cambiar los equipos a gasolina por equipos eléctricos.

Consideraciones Técnicas.

La carga a levantar pesa 2500 Kg y mide 1,2 m de ancho por 1,0 m de largo su altura es variable pero no supera los 1,60 m.

No hay restricciones en cuanto a ancho de pasillos.

La altura mínima por donde deben circular los montacargas es de 2,50 m

Trabajan tanto bajo techo como al aire libre, el piso de las bodegas y de las naves de producción es de hormigón y se encuentra en buen estado, el piso en los patios es de asfalto con ciertas partes irregulares, por lo que se recomiendan equipos con llantas neumáticas.

Consideraciones ambientales.

No hay restricción en cuanto a la emisión de gases en las áreas bajo techo ya que están bien ventiladas.

El producto que fabrican no es susceptible de contaminación por parte de los gases que emiten los montacargas.

En las áreas exteriores es posible que los montacargas tengan que trabajar bajo lluvia.

El ruido no es un factor influyente en este caso particular.

Consideraciones económicas.

Trabajan los montacargas con gasolina extra a un costo de \$1,48 el galón

El costo del Kwh es de \$0,07

El costo inicial de los montacargas eléctricos es superior al de los montacargas con motores de combustión interna.

Los montacargas trabajan 2 turnos diarios, las horas de trabajo efectivas del equipo por cada turno es entre 6 a 7 horas, lo que nos da de 12 a 14 horas diarias.

Trabajan de lunes a sábado lo que nos da 300 días de trabajo al año descontando los feriados.

El promedio de horas de trabajo al año de cada montacargas es de 4000 horas / año.

CAPÍTULO 2

DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE COSTOS

2.1. Costos de Posesión

Los costos de posesión son los costos fijos de tener una máquina durante todo su ciclo de vida útil. Estos costos están relacionados con los costos iniciales de adquisición de los equipos. Están siempre presentes y no los afecta el número de horas de uso de la máquina.

En la tabla 2.1 podemos ver en resumen el cálculo de los costos de posesión para un montacargas a gasolina versus uno eléctrico de las mismas características.

POSESIÓN	C. I.	Eléctrico
Capacidad del Montacargas [Kg]:	2500,00	2500,00
Precio del Montacargas [\$]:	30000,00	35000,00
Vida útil estimada (años):	8,00	12,00
Costo anual del montacargas [\$]:	3750,00	2916,67
Costo de la Batería (2 por montacargas) [\$]:	N/A	25000,00
Vida útil estimada (años):	N/A	6,00
Costo anual de la batería [\$]:	N/A	4166,67
Costo del Cargador [\$]:	N/A	3400,00
Vida útil estimada (años):	N/A	12,00
Costo anual del cargador [\$]:	N/A	283,33
Costo anual de posesión [\$]:	3750,00	7366,67

Tabla 2.1: Costos de Posesión

El precio del montacargas, de las baterías y del cargador es dado por el fabricante del equipo.

La vida útil estimada de los montacargas en años está dada por las horas de trabajo totales que pueda alcanzar en función de los ciclos de trabajo y el mantenimiento que reciba durante su vida útil.

Por la experiencia adquirida, conociendo el sitio, las condiciones de trabajo de estos equipos, la clase de mantenimiento que reciben, además de la información histórica del cliente se puede concluir que la vida útil esperada debe superar las 30000 horas de operación para montacargas con motor a gasolina. Si trabajan 4000 horas al año esto equivaldría a una vida útil estimada de 8 años. Para los montacargas eléctricos se considera una vida útil estimada de 12 años, esta consideración es basada en la experiencia personal y en que los montacargas eléctricos por tener menor cantidad de piezas se desgastan menos.

Para confirmar estas consideraciones se puede observar en la tabla 2.2 información estadística de un fabricante de montacargas. De acuerdo a esta tabla, los equipos tendrían una expectativa de vida media, lo que confirma lo expresado anteriormente sobre la vida útil estimada en años para los montacargas que se están analizando.

La vida útil estimada de las baterías está dada en función de la cantidad de ciclos de carga que puede soportar en su vida de trabajo. Baterías de buena calidad soportan con facilidad 1800 ciclos de carga. El ciclo de trabajo de la batería es 8 horas de trabajo, 8 horas de carga y 8 horas de reposo, por lo que si se quiere trabajar más de un turno es necesario contar con baterías

adicionales. Para este caso en particular con 300 días de trabajo al año, los 1800 ciclos de carga se cumplirían en 6 años.

Expectativa de Vida de Montacargas (Años)			Descripciones
	C.I.	Eléctrico	
Corta	6	9,5	<p>Corta</p> <ol style="list-style-type: none"> Más de 3500 horas de operación al año. Ciclos de trabajo pesados. Pisos malos. Extremo calor, frío, polvo. Mal mantenimiento. Operadores sin entrenamiento. Cargas y accesorios pesados. <p>Media</p> <ol style="list-style-type: none"> 2000 a 3500 horas de operación al año. Ciclos de trabajo promedios. Pisos promedio. Medio ambiente no extremo. Buen mantenimiento. Operadores bien entrenados. <p>Larga</p> <ol style="list-style-type: none"> Menos de 2000 horas de operación al año. Ciclos de trabajo ligeros. Buenos pisos. Medio ambiente no extremo. Programa de mantenimiento preventivo activo. Operadores totalmente entrenados.
Media	7,5	11	
Larga	8,5	14,5	

Expectativa de Vida	C.I.	Eléctrico
Corta	6	9,5
Media	7,5	11
Larga	8,5	14,5

Tabla 2.2: Expectativa de Vida de Montacargas

En la tabla 2.3 podemos apreciar información estadística de un fabricante de montacargas sobre la expectativa de vida de las baterías. Para este caso en particular de acuerdo a estas consideraciones la expectativa de vida de las baterías sería larga.

Expectativa de Vida de Baterías (meses)		Descripciones
Corta	63	<p>Corta</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Accesorios pesados. 2. Descargas profundas no reguladas (bajo 80%). 3. Ciclos muy frecuentes. 4. Mal mantenimiento. <p>Media</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Accesorios mínimos. 2. Uso regulado para prevenir descargas profundas. <p>Larga</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sin accesorios 2. Descarga regulada. 3. Buen mantenimiento.
Media	69	
Larga	73	

Categoría	Vida de Batería (meses)
Corta	63
Media	69
Larga	73

Tabla 2.3: Expectativa de Vida de Baterías

2.2. Costos de Operación

Los costos de operación son los costos variables de operar la máquina. Estos costos varían con el número de horas, depende de la aplicación y del tipo de trabajo que realice la máquina. En la tabla 2.4 se puede ver en resumen el cálculo de los costos de operación para un montacargas a gasolina versus uno eléctrico de las mismas características.

COMBUSTIBLE / ENERGÍA	C. I.	Eléctrico
Costo del combustible Galón / Kwh [\$]:	1,48	0,07
Tanques / Baterías por turno:	1,00	1,00
Galones tanque / Kwh batería:	8,00	32,00
Turnos por día:	2,00	2,00
Combustible por día (galones / Kwh):	16,00	64,00
Días por año:	300,00	300,00
Costo anual del combustible/energía [\$]:	7104,00	1344,00

Tabla 2.4: Costos de Operación

El consumo de combustible que se ha utilizado es basado en la información dada por el fabricante y por la experiencia en este tipo de equipos.

2.3. Costos de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento son los costos variables para mantener productiva la máquina.

En la tabla 2.5 se puede ver un resumen de los costos de mantenimiento para un montacargas a gasolina versus uno eléctrico de las mismas características.

MANTENIMIENTO / SERVICIO	C. I.	Eléctrico
Costo estimado por hora [\$]:	1,60	1,00
Costos adicionales (llantas) [\$]:	0,40	0,40
Horas de operación al año:	4000,00	4000,00
Costo anual de mantenimiento [\$]:	8000,00	5600,00

Tabla 2.5: Costos de Mantenimiento

El costo estimado por hora utilizado para el cálculo está dado en función a la experiencia en el manejo de flotas de alquiler de montacargas. Como se puede apreciar el costo de mantenimiento del equipo eléctrico es menor esto se debe a que cuenta con menor cantidad de piezas en movimiento, los mantenimientos preventivos son más espaciados y requieren menos tiempo de mano de obra, las reparaciones en general cuestan menos dinero.

El costo por hora de las llantas es un parámetro que puede variar mucho de una aplicación a otra ya que depende de la calidad de la llanta, de la calidad

del piso, del tipo de aplicación y en gran parte del operador. El valor utilizado aquí fue proporcionado por el cliente en función de su experiencia.

Si sumamos los costos anuales de cada equipo se obtiene lo siguiente:

	C. I.	Eléctrico
COSTO ANUAL TOTAL [\$]:	18854,00	14310,67

Tabla 2.6: Costo Anual Total

Esto representa un ahorro anual de \$4543,33 por equipo si se utilizan montacargas eléctricos en lugar de los de combustión interna.

2.4. Matriz de Decisión de Montacargas

Se puede observar en la tabla 2.7 la matriz utilizada para la selección del montacargas. En este caso se consideraron 6 criterios de decisión y a cada uno se lo ponderó en función de la importancia para este cliente en particular.

Criterio de Decisión	Ponderación	Calificación		Calificación Ponderada	
		C.I.	Eléctrico	C.I.	Eléctrico
Costos de Posesión	30%	3	1	0,9	0,3
Costos de Operación	20%	1	3	0,2	0,6
Costos de Mantenimiento	20%	2	3	0,4	0,6
Emisión de gases	10%	1	3	0,1	0,3
Ruido	10%	1	3	0,1	0,3
Comodidad del operador	10%	2	3	0,2	0,3
TOTAL	100%			1,9	2,4

Tabla 2.7: Matriz de Decisión

Del resultado obtenido en la matriz se deduce que la mejor opción es el montacargas eléctrico.

CAPÍTULO 3

EVALUACIÓN DE LA SELECCIÓN ESCOGIDA

3.1. Evaluación Técnica

Tanto los montacargas eléctricos como los de C.I. presentan ventajas y desventajas, a continuación un análisis de las mismas:

	Ventajas	Desventajas
Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> * Cero emisiones * Costo de mantenimiento reducido * Vida útil más larga * Bajo nivel de ruido * Bajo costo de combustible * Equipos más compactos 	<ul style="list-style-type: none"> * Elevado costo inicial * Velocidad de levantamiento y rampa más lenta * Tiempo de parada para cambio de batería * Necesita estación para cambio de batería * Mal entrenamiento o negligencia pueden dañar la batería
C.I.	<ul style="list-style-type: none"> * Bajo costo inicial * Mejor para recorridos largos, alta velocidad y rampas * Fácil de abastecer combustible 	<ul style="list-style-type: none"> * Para uso interior requiere buena ventilación * Mayor costo de mantenimiento comparado con los montacargas eléctricos * Mayor costo de combustible

Tabla 3.1: Ventajas y Desventajas Montacargas Eléctricos vs. C.I.

A pesar de sus desventajas resulta más conveniente la utilización de los montacargas eléctricos, ya que estas son mínimas comparadas con sus beneficios.

3.2. Evaluación Económica

El análisis de costo realizado muestra un ahorro anual de \$4543,33 por equipo al utilizar montacargas eléctricos.

Al revisar una proyección de costos se puede ver que recién a partir del cuarto año se vuelve más rentable el equipo eléctrico versus el de C.I.

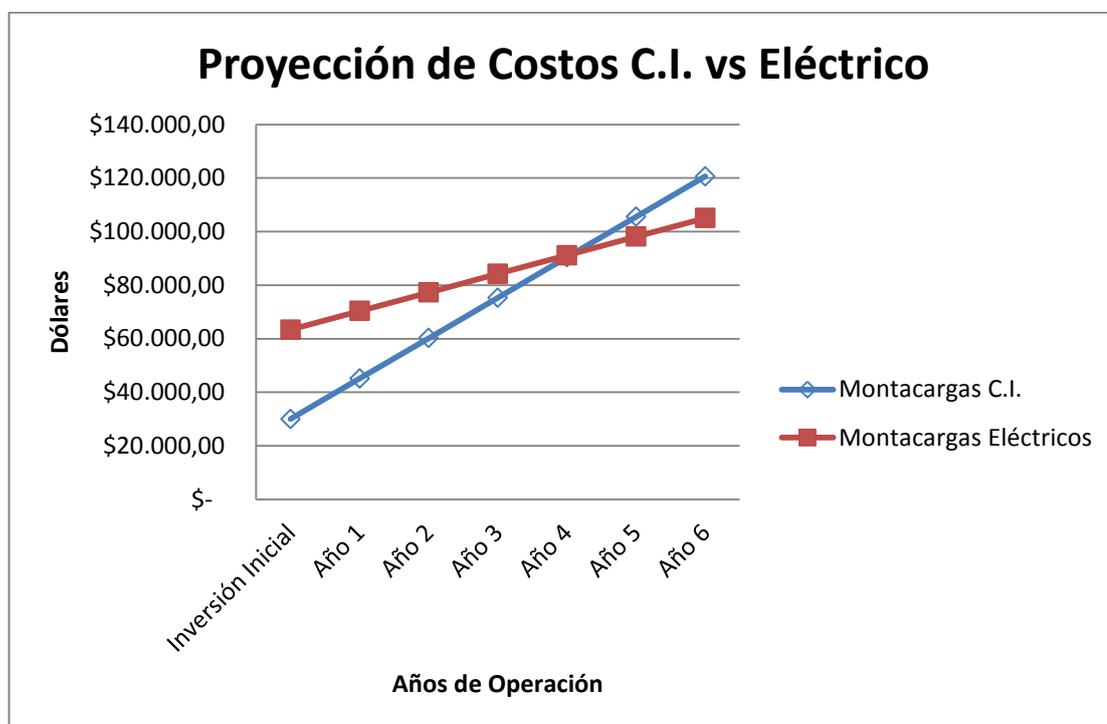


Figura 3.1: Proyección de Costos C.I. vs Eléctrico

Este análisis es basado en el caso específico de este cliente que trabaja dos turnos diarios y para los primeros 6 años de la operación, antes de tener que reemplazar las baterías de los equipos eléctricos. Al extender el análisis a 12 años que es la vida útil esperada de los montacargas eléctricos (figura 3.2) se aprecia que en el año 7 se incrementa el costo del eléctrico debido a la compra de nuevas baterías. Sin embargo, al noveno año toca reemplazar los montacargas de C.I. por lo que se vuelve mucho más rentable el equipo eléctrico. Esto confirma que económicamente la selección escogida es la correcta.

En el apéndice B se encuentra un resumen completo de los costos.

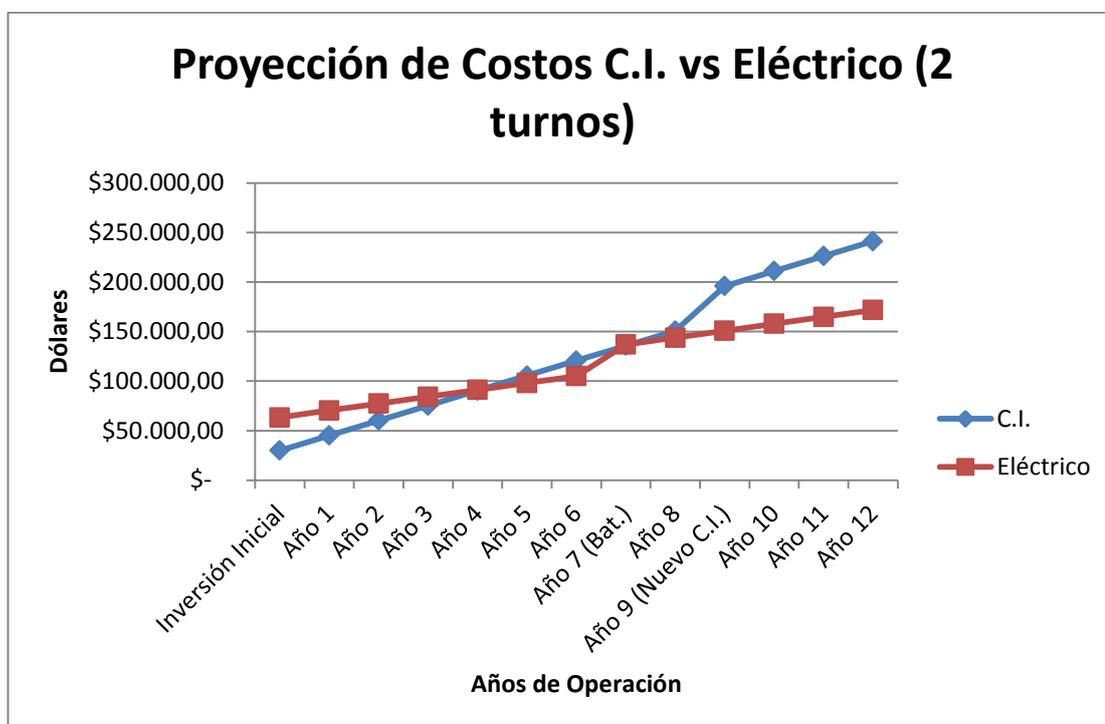
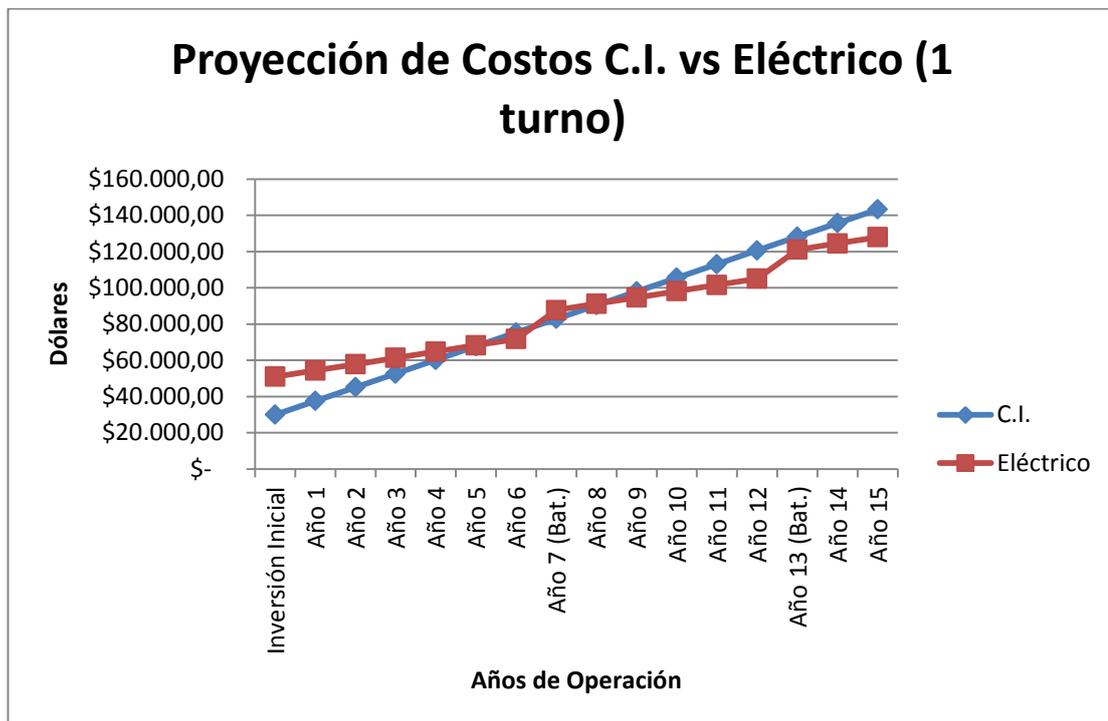


Figura 3.2: Proyección de Costos C.I. vs Eléctrico (2 turnos)

Al hacer el mismo ejercicio pero para una operación de un solo turno diario, se aprecia que la diferencia de costos entre los montacargas de C.I. y los eléctricos se reduce a sólo \$1963,33 por año, lo que tal vez no justifique el impacto económico en el flujo de caja que representa la inversión inicial y luego el reemplazo de baterías. En la figura 3.3 se observa una proyección de costos para este ejemplo en el que la vida útil en años de los equipos se prolonga debido a que trabajarían menos horas al año. El detalle de los costos para este ejemplo está en el apéndice C.



Figur 3.3: Proyección de Costos C.I. vs Eléctrico (1 turno)

CAPÍTULO 4

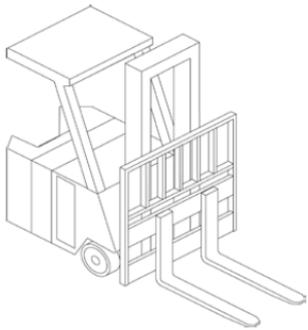
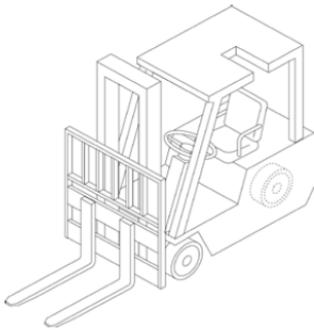
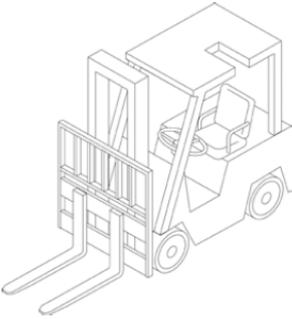
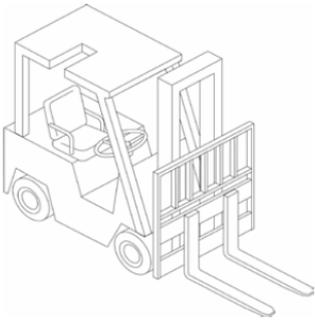
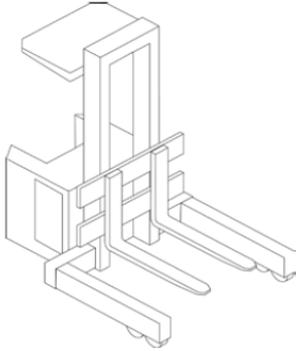
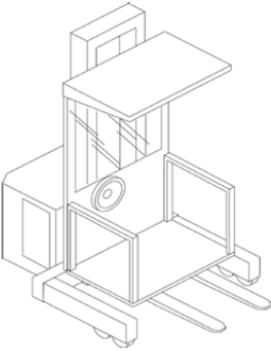
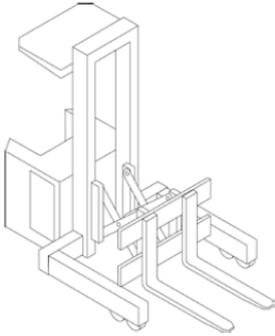
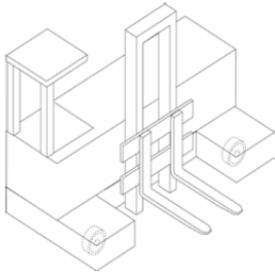
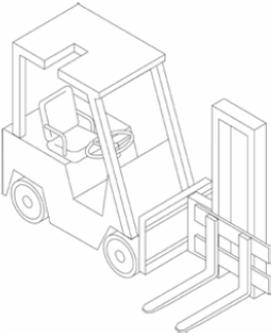
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

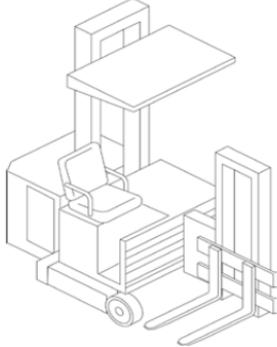
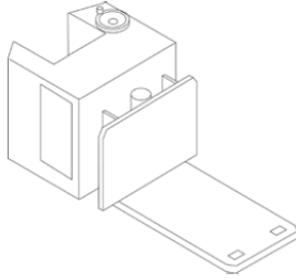
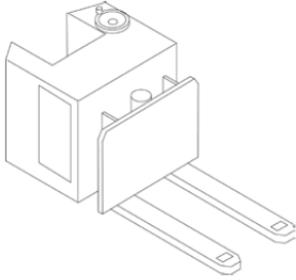
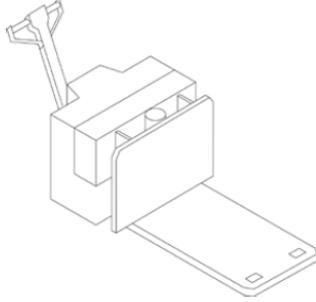
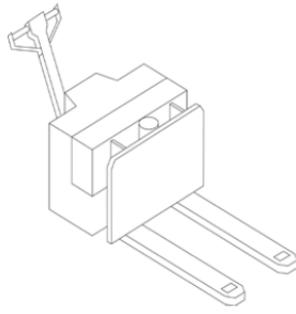
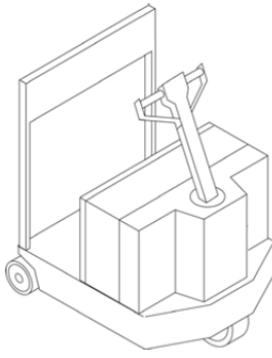
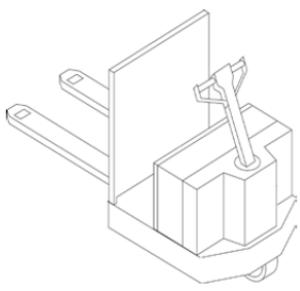
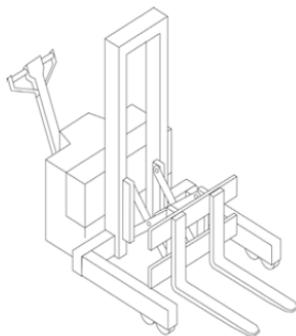
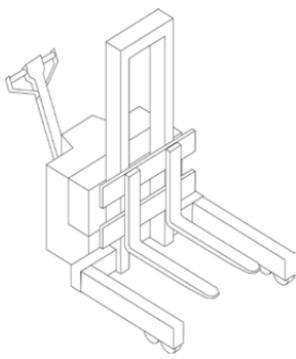
- Analizando los resultados obtenidos de los costos de posesión, operación y mantenimiento se puede observar un ahorro significativo de dinero al utilizar montacargas eléctricos, esto es más de \$4500 al año por montacargas. Por lo que económicamente es lo más favorable para este caso particular. Para el análisis se consideró también el factor medio ambiental lo que le da una ventaja adicional a la selección de los equipos eléctricos. Con esto queda demostrada la viabilidad económica y técnica de reemplazar los montacargas a C.I. con montacargas eléctricos, lo cual era el objetivo principal de este trabajo.
- Cabe notar que al realizar este mismo ejercicio con un menor número de horas de operación al año, la diferencia económica se redujo considerablemente, a menos de \$2000 por año por montacargas. Si a esto se le suma el impacto económico de la fuerte inversión inicial y luego el reemplazo de baterías, la selección de los montacargas eléctricos ya no resulta tan atractiva y va a depender de la liquidez y flujo de dinero que tenga la empresa.
- El montacargas eléctrico puede no ser la mejor opción en cada aplicación, por lo que se recomienda realizar un análisis de cada caso

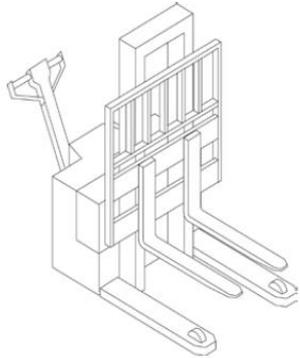
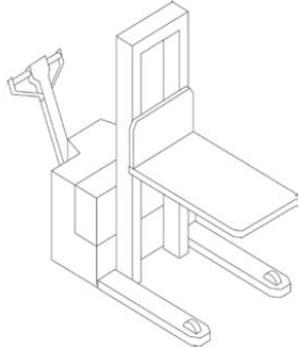
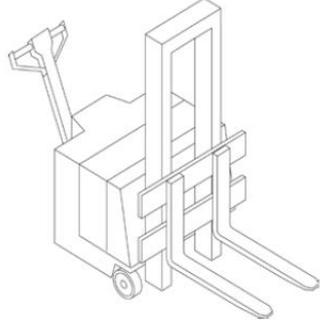
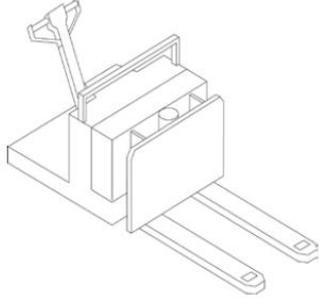
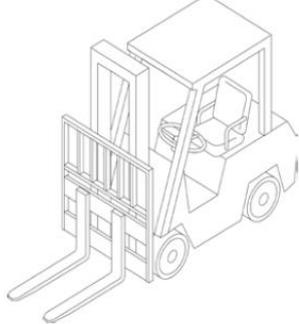
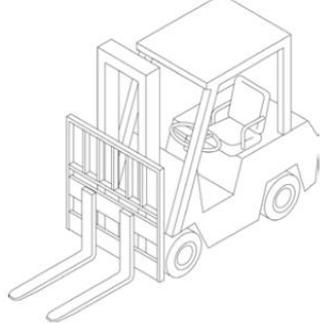
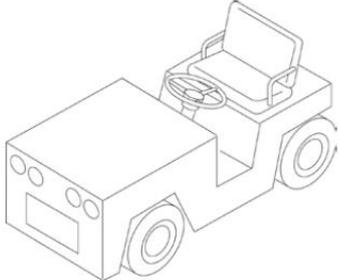
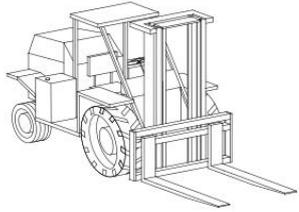
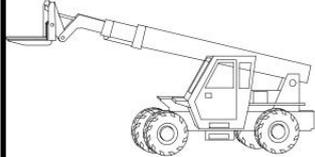
antes de tomar la decisión de reemplazar montacargas C.I. por eléctricos.

APÉNDICE A

Lista pictórica de modelos ITA

<p>Class I - Electric Motor Rider Trucks Lift Code 1 - Counterbalanced Rider Type, Stand-Up</p> 	<p>Class I - Electric Motor Rider Trucks Lift Code 4 - Three Wheel Electric Trucks, Sit-Down</p> 	<p>Class I - Electric Motor Rider Trucks Lift Code 5 - Counterbalanced Rider, Cushion Tire, Sit-Down</p> 
<p>Class I - Electric Motor Rider Trucks Lift Code 6 - Counterbalanced Rider, Pneumatic or Either Type Tire, Sit-Down</p> 	<p>Class II - Electric Motor Narrow Aisle Trucks Lift Code 1 - High Lift Straddle</p> 	<p>Class II - Electric Motor Narrow Aisle Trucks Lift Code 2 - Order Picker</p> 
<p>Class II - Electric Motor Narrow aisle Trucks Lift Code 3 - Reach Type Outrigger</p> 	<p>Class II - Electric Motor Narrow Aisle Trucks Lift Code 4 - Sideloaders: Platforms</p> 	<p>Class II - Electric Motor Narrow Aisle Trucks Lift Code 4 - Sideloaders: High Lift Pallet</p> 

<p>Class II - Electric Motor Narrow Aisle Trucks Lift Code 4 - Turret Trucks</p> 	<p>Class II - Electric Motor Narrow Aisle Trucks Lift Code 6 - Low Lift Platform</p> 	<p>Class II - Electric Motor Narrow Aisle Trucks Lift Code 6 - Low Lift Pallet</p> 
<p>Class III - Electric Motor Hand Trucks Lift Code 1 - Low Lift Platform</p> 	<p>Class III - Electric Motor Hand Trucks Lift Code 2 - Low Lift Walkie Pallet</p> 	<p>Class III - Electric Motor Hand/Rider Lift Code 3 - Tractor</p> 
<p>Class III - Electric Motor Hand Trucks Lift Code 4 - Low Lift Walkie/Center Control</p> 	<p>Class III - Electric Motor Hand Trucks Lift Code 5 - Reach Type Outrigger</p> 	<p>Class III - Electric Motor Hand Trucks Lift Code 6 - High Lift Straddle</p> 

<p>Class III - Electric Motor Hand Trucks Lift Code 6 - Single Face Pallet</p> 	<p>Class III - Electric Motor Hand Trucks Lift Code 6 - High Lift Platform</p> 	<p>Class III - Electric Motor Hand Trucks Lift Code 7 - High Lift Counterbalanced</p> 
<p>Class III - Electric Motor Hand Trucks Lift Code 8 - Low Lift Walkie/Rider Pallet and End Control</p> 	<p>Class IV - Internal Combustion Engine Trucks Lift Code 3 - Fork, Counterbalanced, Cushion Tire</p> 	<p>Class V - Internal Combustion Engine Trucks-Pneumatic Tires Only Lift Code 4 - Fork, Counterbalanced, Pneumatic Tire</p> 
<p>Class VI - Electric and Internal Combustion Engine Tractors Lift Code 1 - Sit Down Rider</p> 	<p>Class VII - Rough Terrain Forklift Truck Lift Code 1 - Vertical Mast Rough Terrain Fork lift Truck</p> 	<p>Class VII - Rough Terrain Forklift Truck Lift Code 1 - Variable Reach Rough Terrain Fork Lift Truck</p> 

APÉNDICE B

Análisis de Costos 4000 horas de operación al año (2 turnos)

Costos de Montacargas Eléctricos vs. Combustión

POSESIÓN	C. I.	Eléctrico
Capacidad del Montacargas [Kg]:	2500,00	2500,00
Precio del Montacargas [\$]:	30000,00	35000,00
Vida útil estimada (años):	8,00	12,00
Costo anual del montacargas [\$]:	3750,00	2916,67
Costo de la Batería (2 por montacargas) [\$]:	N/A	25000,00
Vida útil estimada (años):	N/A	6,00
Costo anual de la batería [\$]:	N/A	4166,67
Costo del Cargador [\$]:	N/A	3400,00
Vida útil estimada (años):	N/A	12,00
Costo anual del cargador [\$]:	N/A	283,33
Costo anual de posesión [\$]:	3750,00	7366,67

COMBUSTIBLE / ENERGÍA	C. I.	Eléctrico
Costo del combustible Galón / Kwh [\$]:	1,48	0,07
Tanques / Baterías por turno:	1,00	1,00
Galones tanque / Kwh batería:	8,00	32,00
Turnos por día:	2,00	2,00
Combustible por día (galones / Kwh):	16,00	64,00
Días por año:	300,00	300,00
Costo anual del combustible/energía [\$]:	7104,00	1344,00

MANTENIMIENTO / SERVICIO	C. I.	Eléctrico
Costo estimado por hora [\$]:	1,60	1,00
Costos adicionales (llantas) [\$]:	0,40	0,40
Horas de operación al año:	4000,00	4000,00
Costo anual de mantenimiento [\$]:	8000,00	5600,00

	C. I.	Eléctrico
COSTO ANUAL TOTAL [\$]:	18854,00	14310,67

APÉNDICE C

Análisis de Costos 2000 horas de operación al año (1 turno)

Costos de Montacargas Eléctricos vs. Combustión

POSESIÓN	C. I.	Eléctrico
Capacidad del Montacargas [Kg]:	2500,00	2500,00
Precio del Montacargas [\$]:	30000,00	35000,00
Vida útil estimada (años):	15,00	20,00
Costo anual del montacargas [\$]:	2000,00	1750,00
Costo de la Batería (2 por montacargas) [\$]:	N/A	12500,00
Vida útil estimada (años):	N/A	6,00
Costo anual de la batería [\$]:	N/A	2083,33
Costo del Cargador [\$]:	N/A	3400,00
Vida útil estimada (años):	N/A	12,00
Costo anual del cargador [\$]:	N/A	283,33
Costo anual de posesión [\$]:	2000,00	4116,67

COMBUSTIBLE / ENERGÍA	C. I.	Eléctrico
Costo del combustible Galón / Kwh [\$]:	1,48	0,07
Tanques / Baterías por turno:	1,00	1,00
Galones tanque / Kwh batería:	8,00	32,00
Turnos por día:	1,00	1,00
Combustible por día (galones / Kwh):	8,00	32,00
Días por año:	300,00	300,00
Costo anual del combustible/energía [\$]:	3552,00	672,00

MANTENIMIENTO / SERVICIO	C. I.	Eléctrico
Costo estimado por hora [\$]:	1,60	1,00
Costos adicionales (llantas) [\$]:	0,40	0,40
Horas de operación al año:	2000,00	2000,00
Costo anual de mantenimiento [\$]:	4000,00	2800,00

	C. I.	Eléctrico
COSTO ANUAL TOTAL [\$]:	9552,00	7588,67

Bibliografía

1. Bowles, J. The Case of Choosing 3-Phase AC Electric Forklift Trucks Over Vehicles Based on DC Electric, Internal Combustion or Diesel Technologies.
2. Corcía, A. Costos de Posesión y Operación de Maquinaria. 2013
3. MATTHAI material handling. Internal Combustion vs. Electric.
http://www.matthaimaterialhandling.com/ic_vs_ac
4. MCFA. Electric Versus Internal Combustion Material Handling Solutions Guide. 2008
5. Modesette C. Choosing Electric (AC) Lift Trucks Over Internal Combustion (IC). 2011