

## Índice

1. Introducción.....	2
2. ¿Qué es el Costo del Ciclo de Vida?.....	2
3. ¿Por qué las organizaciones deben preocuparse por el Costo del Ciclo de Vida?.....	3
4. Análisis del Costo del Ciclo de Vida.....	3
5. Costo del Ciclo de Vida Total.....	7
6. Diseño del sistema de bombeo.....	7

# Costos del ciclo de vida de una bomba

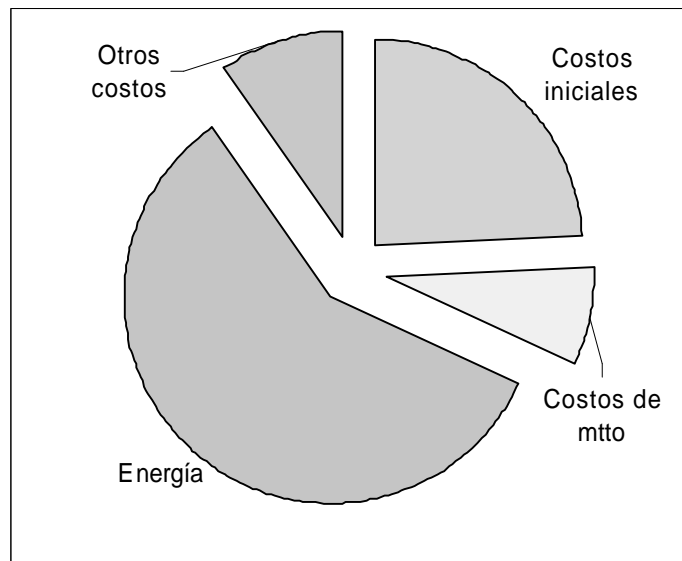
## 1. Introducción

Los sistemas de bombeo contribuyen en aproximadamente un 20% del consumo mundial de energía eléctrica. Los sistemas de bombeo están por todas partes dan servicio a los comercios, agricultura, servicios de agua potable y saneamiento, procesos industriales como químicos, farmacéuticos, alimenticios etc.

La energía y materiales usados dependen del diseño de la bomba el diseño de la instalación y la manera en que es operado. Estos factores son interdependientes. Inclusive estos factores deben ser revisados minuciosamente para asegurarnos de tener los menores costos de instalación, vida del equipo y otros beneficios.

El costo inicial es una pequeña parte del costo del ciclo de vida de una bomba, para bombas de alto uso. La importancia de entender todos los componentes puede significar importantes reducciones en el costo de energía, operación y costos de mantenimiento. Reducir el uso de la energía tiene otros beneficios de orden ecológico.

La administración del Costo del Ciclo de Vida (LCC – Life cycle cost) es una herramienta de administración que ayuda a las empresas minimizar el desperdicio y maximizar la eficiencia energética.



## 2. ¿Qué es el Costo del Ciclo de Vida?

El Costo del Ciclo de Vida (CCV) de cualquier equipo es el costo de total de la vida útil, que incluye la compra, instalación, operación, mantenimiento y desecho del equipo. Para determinar este costo involucra una metodología para identificar y cuantificar todos los componentes del CCV. El CCV siempre mostrará la mejor opción en costos dentro de los límites de la información disponible.

### 3. ¿Por qué las organizaciones deben preocuparse por el Costo del Ciclo de Vida?

Muchas empresas sólo consideran la compra inicial y los costos de instalación de un equipo o sistema. Es fundamental el papel del comprador o del diseñador evaluar el CCV para encontrar la mejor solución posible, ya que nos permite mantener los costos bajos en los equipos. Se pueden tener grandes ahorros en los equipos de bombeo realizando las actividades en el CCV sobre todo en ahorro de energía.

Además del lado económico, muchas empresas se ven preocupadas por el impacto ambiental y consideran en ahorro de energía como una manera de reducir las emisiones contaminantes y preservar los recursos naturales.

El análisis CCV requiere la evaluación de varias alternativas, para la mayoría de los casos los costos de la energía y/o los de mantenimiento son los dominantes en el CCV. Es importante determinar los costos de energía actual y los futuros, así como la mano de obra para el mantenimiento y el costo de los materiales. Otros elementos tales los costos por inactividad del equipo y protección ambiental, pueden ser estimados en base histórica.

### 4. Análisis del Costo del Ciclo de Vida

Para la realización de este análisis se debe conocer lo que se espera del equipo de bombeo en este caso. Este proceso no garantiza un resultado particular o muy específico, pero es una herramienta muy poderosa para discernir diferentes métodos o equipos de bombeo a utilizar. La calidad de los resultados dependerá en gran medida en la información disponible.

Para garantizar una comparación justa entre equipos de bombeo, es necesario contar con unidades similares entre ellos y bajo las mismas condiciones de trabajo.

*Elementos de la ecuación CCV*

$$CCV = C_{ci} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_p + C_{ma} + C_d$$

CCV = Costo del ciclo de vida

$C_{ci}$  = Costos de inversión iniciales, precio de compra (bomba, tubería, equipo eléctrico, equipos auxiliares)

$C_{in}$  = Costos de instalación (incluye entrenamiento del personal)

$C_e$  = Costos de energía

$C_o$  = Costos de operación (mano de obra de la supervisión de rutina)

$C_m$  = Costos de mantenimiento (mantenimiento y reparaciones de rutina)

$C_p$  = Costos por paro del equipo

$C_{ma}$  = Costos por medio ambiente (limpieza de contaminación generada por el equipo)

$C_d$  = Costos por desecho de equipo obsoleto

# Costos del ciclo de vida de una bomba

Las siguientes secciones examinan cada elemento y ofrecen sugerencias de cómo cada valor puede ser determinado con la finalidad de realizar en análisis CCV.

## **$C_{ci}$ – Costos iniciales**

Al seleccionar el equipo de bombeo se deben tomar en cuenta ciertos aspectos, usar tubería de diámetros pequeños así como sus uniones pueden reducir el costo de adquisición, sin embargo un diámetro pequeño requiere mas potencia en la bomba dando como resultado mayores costos de energía. Por otro lado pequeños diámetros de tubería en la succión de la bomba reducen la carga neta positiva de succión disponible (NPSHA) y por lo tanto puede ser requerida una bomba más grande y de menor velocidad, usualmente más costosa o aumentar la distancia sumergida de la bomba.

Otro importante aspecto es la calidad del equipo seleccionado, tomar en cuenta los materiales de fabricación para aplicaciones especiales, que en su conjunto aumentan la vida útil del equipo y reducen el costo CCV.

Los costos iniciales usualmente incluyen:

- Ingeniería (Dibujos del sistema y aspectos regulatorios)
- Proceso licitación
- Administración de la compra
- Inspección y prueba del equipo adquirido
- Inventario de repuestos
- Entrenamiento
- Equipo adicional
  - Equipo eléctrico
  - Equipo de control e instrumentación

## **$C_{in}$ – Costos de instalación**

Los costos de instalación generalmente incluyen:

- Cimentación – Diseño, preparación, reforzamiento etc.
- Instalación del equipo de bombeo – Montaje en el pozo o cárcamo
- Conexión de tuberías
- Conexión del sistema eléctrico
- Conexión del sistema de control e instrumentación
- Sistema de purga
- Evaluación del desempeño del equipo en el arranque

La instalación puede ser realizada por el proveedor del equipo, el contratista o el personal de usuario. Esta decisión depende de varios factores, las que incluyen las habilidades, herramientas y equipos requeridos para la realización de la instalación, requerimientos contractuales, regulaciones del gobierno, y la disponibilidad de personal competente.

## Costos del ciclo de vida de una bomba

El personal contratado debe coordinar la instalación junto con el proveedor. Se debe tener cuidado en seguir correctamente las instrucciones de instalación. Una instalación completa incluye entrenamiento sobre el mantenimiento del equipo. Una parte muy importante es poner atención en las indicaciones del fabricante del equipo para una instalación adecuada.

### **C<sub>e</sub> – Costos de energía**

El consumo de energía usualmente es uno de los mayores costos dentro del CCV, especialmente si la bomba trabaja más de 2000 horas al año. El consumo de energía puede ser fácilmente calculado con los datos de salida del equipo de bombeo, siempre y cuando sean constantes la mayoría del tiempo, si no es requerido utilizar cálculos basados en el tiempo.

La fórmula para el cálculo de la potencia de entrada es:

$$(hp) \quad P = \frac{Q \cdot H \cdot gs}{76 \cdot \eta_p \cdot \eta_m} \quad [1]$$

$$(hp) \quad P = \frac{Q \cdot H \cdot gs}{3960 \cdot \eta_p \cdot \eta_m} \quad [2]$$

Dónde:

Ecuación 1 utilizada para datos de origen en unidades métricas y ecuación 2 para datos en unidades inglesas.

- P = Potencia
- Q = Flujo, l/s (US gpm)
- H = Carga, m (ft)
- $\eta_p$  = Eficiencia de la bomba
- $\eta_m$  = Eficiencia del motor
- gs = Gravedad específica

El desempeño debe ser tomado para cada equipo de manera individual utilizando las formulas anteriores para determinar el consumo de cada equipo.

### **C<sub>o</sub> – Costos de operación**

Los costos de operación de los equipos de bombeo varían enormemente según la complejidad y las tareas del sistema. Por ejemplo una bomba de uso rudo para bombeo de material peligroso requiere revisiones diarias de emisiones peligrosas y verificaciones de desempeño, por otro lado un equipo de bombeo bombeando líquidos no peligrosos en un sistema automatizado requiere muy poca supervisión.

Observaciones regulares en los equipos de bombeo pueden evitar pérdidas potenciales en el desempeño de los equipos. Tales indicadores de posibles fallas pueden ser cambios en vibración, pulsos, temperatura, ruido, consumo de electricidad, flujo o presión.

# Costos del ciclo de vida de una bomba

## **$C_m$ – Costos de mantenimiento**

Para que una bomba tenga mayor vida útil es necesario un servicio regular y eficiente. El fabricante de la bomba debe informar acerca de la frecuencia del mantenimiento. El costo depende del tiempo de mantenimiento, la frecuencia de servicio y el costo de los materiales.

El programa de mantenimiento puede ser poco frecuente pero realizado con mayor detalle o por otro lado realizar un mantenimiento frecuente pero más simple. Se considera mantenimiento mayor cuando la bomba es removida del área de trabajo y se manda a reparar a un lugar especializado. Durante el tiempo que la bomba está en reparación muchas veces es requerido tener otra bomba de repuesto y es necesario considerar este costo, muchas veces es mejor realizar esta reparación durante los tiempos inactivos como parte del mantenimiento programado.

El costo de mantenimiento rutinario se calcula multiplicando los costos por evento por el número de eventos esperados durante el ciclo de vida de la bomba.

A pesar de que las fallas no pueden ser predecirlas precisamente, pueden ser estimadas estadísticamente calculando el tiempo promedio entre fallas (MTBF – mean time between failures). Generalmente basta con considerar el mejor y el peor escenario, dónde la menor vida útil y la mayor vida útil son consideradas.

## **$C_p$ – Costos por paro del equipo.**

Cuando el equipo de bombeo alimenta un proceso crítico (ya sea agrícola, municipal o industrial) en caso de fallas es necesario considerar el costo por paro. Es necesario hacer un estudio si el costo por fallas justifica tener una bomba de repuesto en paralelo.

El costo de paro depende del tiempo y varía en cada caso.

## **$C_{ma}$ – Costos de medio ambiente**

El costo de limpieza de equipos contaminados varía significativamente según la naturaleza del producto bombeado, ya que muchas veces es necesario invertir en accesorios adicionales como sellos, lubricantes especiales, áreas para desechos peligrosos, recolección de desechos, inspección etc. Cada uno de los costos anteriores debe ser incluido.

## **$C_d$ – Costos por desecho de equipo obsoleto**

Este punto solo tiene impacto considerable cuando se bombean productos muy tóxicos o peligrosos, ya que usualmente se tienen que cubrir procedimientos gubernamentales especiales para su disposición.

## 5. Costo del Ciclo de Vida Total

Para que el cálculo del costo se realice de una forma intuitiva es utilizado muchas veces una tabla en donde se desglosa cada tipo de costo y se comparan entre diferentes escenarios, cuando no aplique alguno de los costos pueden agregarse notas aclaratorias.

Hay algunas variables financieras pueden tomarse en cuenta para un caso CCV:

- Costo actual de la energía
- Incremento del costo de la energía (inflación) durante el periodo de vida de la bomba
- Tasa de interés
- Vida esperada del equipo (periodo de cálculo)

Además el usuario debe decidir cual de los costos incluir, tales como mantenimiento, medio ambiente, etc.

## 6. Diseño del sistema de bombeo

Un adecuado diseño del sistema de bombeo es la parte más importante para minimizar el CCV. Todos los sistemas de bombeo están compuestos de la bomba, un motor, tubería y controles de operación. Un diseño adecuado considera todos los aspectos anteriores y mantiene operando a la bomba en su nivel óptimo.

Los costos de mantenimiento y de operación están directamente relacionados con el tamaño de la tubería y los componentes del sistema de bombeo.

*El diámetro de la tubería está basado en los siguientes factores:*

- Flujo mínimo requerido (ej. eliminar sedimentación)
- Diámetro mínimo de la tubería (ej. manejo de sólidos)
- Velocidad del flujo máximo para minimizar la erosión en la tubería
- Diámetros estándar de tuberías

*Usar diámetros pequeños de tubería tiene los siguientes efectos:*

- Reducción de los costos de tubería y de instalación
- Mayores pérdidas por fricción, mayor gasto de energía al requerirse bombas con mayor carga, sistemas eléctricos más robustos.

*Métodos para analizar sistemas de bombeo existentes*

Los siguientes pasos sirven como guía para mejorar un sistema de bombeo existente:

- Tener un inventario completo de todas las partes del sistema de bombeo
- Determinar el flujo requerido en cada parte del sistema
- Balancear el sistema para lograr el flujo adecuado en cada una de sus partes.

## Costos del ciclo de vida de una bomba

- Minimizar las pérdidas del sistema
- Eliminar la presión excesiva en el sistema.
- Identificar las bombas con altos costos de mantenimiento.

Para sistemas de bombeo complejos hay dos maneras de realizar el análisis del sistema. El primer método consiste en las observaciones sobre el sistema (presiones, flujo, etc.) y el segundo método consiste en hacer modelos computacionales del comportamiento del sistema que tiene que ser validado para tener resultados confiables.

*La siguiente lista son algunas recomendaciones para reducir el Costo del Ciclo de Vida del sistema de bombeo.*

- Considerar todos los aspectos relevantes para determinar el Costo del Ciclo de Vida
- Optimizar el costo total considerando los costos de operación
- Considerar la duración de trabajo de los equipos de bombeo individuales
- Seleccionar el equipo adecuado a la tarea a realizar
- Evite utilizar bombas más grandes de lo requerido
- Utilizar un motor adecuado a la potencia de la bomba
- Especificar motores de alta eficiencia
- Monitorear el sistema de bombeo
- Considerar el uso de válvulas de control
- Optimizar el mantenimiento preventivo
- Mantener el espacio libre especificado para la bomba
- Analizar los sistemas de bombeo existentes para oportunidades de mejora.

Este documento esta basado en la siguiente publicación:

Pump Life Cycle Costs: A guide to LCC analysis for pumping systems  
*Office of Industrial Technologies*  
*Energy Efficiency and Renewable Energy*  
*U.S. Department of Energy*  
Length: 19 pp.  
[http://www.oit.doe.gov/bestpractices/pdfs/pumplcc\\_1001.pdf](http://www.oit.doe.gov/bestpractices/pdfs/pumplcc_1001.pdf)