

CAPÍTULO 9 COSTOS

9.1 Estimación de los costos

Para evaluar económicamente un proyecto es indispensable contar con una estimación de los costos reales que representará llevarlo a cabo. Para poder hacerlo de la manera más exacta posible hay que tomar en cuenta todo tipo de factores, desde los más tangibles como el precio de los materiales a utilizar, el transporte necesario, la necesidad de construir o rentar instalaciones, las irregularidades del terreno y la mano de obra hasta algunos más abstractos, como la eficiencia, la productividad laboral, la situación política de la región y el itinerario acordado.

También habrá que considerar que, para obtener los resultados esperados, se deben crear las condiciones adecuadas, esto significa dar prioridad al trabajo en equipo, mantener niveles altos de motivación y mano de obra capacitada que pueda sacar el máximo provecho del equipo.

Por lo tanto, no es posible hacer la estimación puramente económica si no tomamos en cuenta un concepto muy importante, que hará variar en gran medida nuestros cálculos:

Productividad y eficiencia laboral

Los elementos de producción pueden dividirse en 6 diferentes categorías:

1. Economía General.
2. Supervisión del proyecto.
3. Relaciones de Trabajo.
4. Condiciones de Trabajo.
5. Equipo.
6. Clima.

Y a cada uno se le puede asignar un porcentaje de eficiencia de acuerdo a las siguientes categorías:

Nivel de Eficiencia	Porcentaje
Muy Bajo	Del 10 al 40%
Bajo	Del 41 al 60%
Promedio	Del 61 al 80%
Bueno	Del 81 al 90%
Excelente	Del 91 al 100%

1.- Economía General: Se refiere al estado económico de la nación o área donde se desarrollará el proyecto. Los puntos que deben analizarse para este elemento son:

- Las tendencias y perspectivas de negocios.
- El volumen de construcción.
- La situación del empleo.

Este elemento tiene gran influencia sobre los demás, y puede definir el éxito o fracaso de todo el proyecto. Irónicamente, si el porcentaje de eficiencia de la economía general resulta demasiado alto, afectará negativamente a los demás, ya que al haber mucha actividad y en buenas condiciones, la mano de obra y equipo disponible no será de lo mejor, además que ante la alta oferta y buenas condiciones de empleo reinantes, las pretensiones tanto del trabajador como del gobierno serán muy altas.

Por lo tanto, se estima que un porcentaje ideal en este campo sería de alrededor del 75%.

2.- Supervisión del proyecto: Las interrogantes que nos plantea la difícil posición de supervisar adecuadamente un proyecto son: ¿Qué nivel de supervisión se requiere?, ¿Qué material humano está a mi disposición para escoger buenos supervisores?, ¿Cuánto se les puede pagar? Todo esto se resume a tres puntos a tener en cuenta:

- Experiencia.
- Disponibilidad.
- Sueldo.

Una mala selección de la supervisión culmina, la mayoría de las veces, con un proyecto de mala calidad y por tanto un cliente insatisfecho. El porcentaje mínimo aceptable de este elemento debe ser del 70%.

3.- Relaciones de Trabajo: Al igual que en la supervisión, en las condiciones de trabajo surgen interrogantes: ¿La mano de obra en el área es experimentada y está capacitada?, ¿Puedo conseguir la mejor mano de obra disponible a condiciones satisfactorias para ambas partes? La respuesta a estas preguntas tiene las mismas 3 bases que el elemento anterior:

- Experiencia.
- Disponibilidad.
- Sueldo.

Este punto debe ser analizado con tiempo, ya que en caso de no existir en la zona personal con las características necesarias, se tendrá que llevar personal foráneo, lo que puede elevar en gran medida los costos y provocar un clima hostil hacia el proyecto por parte del gobierno y trabajadores locales.

4.- Condiciones de Trabajo: Este elemento presenta muchas más consideraciones que los anteriores, ya que tiene varios puntos que deben ser analizados con mucho cuidado. Quien diseña el proyecto debe preguntarse ¿Cuál es el alcance del trabajo y qué involucra?, ¿El tiempo apremia o el programa permite hacer las cosas con calma?, ¿Cuáles son las condiciones del sitio donde se llevará a cabo el proyecto?, ¿El proyecto es en tierra o en agua?, ¿Se presentarán condiciones climáticas extremas?, ¿Qué tipo de operaciones

están involucradas?. A pesar de que hay muchísimos factores involucrados en este elemento, los que más impacto tienen son:

- Alcance del proyecto.
- Condiciones del sitio.
- Obtención de materiales.
- Facilidad de Operación.

Para poder hacer un estimado correcto, es necesario analizar a fondo los planes, las especificaciones y toda la información del proyecto, así como realizar una visita al área.

5.- Equipo: No puede realizarse ningún trabajo de la manera adecuada sin el equipo necesario y en condiciones óptimas, por tanto hay que hacerse las siguientes preguntas: ¿Se tiene el equipo necesario para hacer el trabajo?, ¿En qué estado se encuentra el equipo disponible?, ¿Durante el desarrollo del proyecto se tendrán buenas condiciones de mantenimiento y reparación? Los puntos importantes para resolverlas son:

- Disponibilidad del equipo.
- Condición del equipo.
- Mantenimiento y Reparación.

Este es el elemento más fácil de analizar y muchas veces se resuelve con un simple inventario a conciencia.

6.- Clima: Este elemento debe ser considerado cuidadosamente para poder prever todos los contratiempos que podrían originarse. Es importante checar los reportes históricos del clima para saber cómo ha sido el clima en las fechas que se realizará el proyecto, además de checar los pronósticos del servicio meteorológico más aproximados a las fechas requeridas. En resumen, los puntos más importantes serían:

- Reportes climáticos del pasado (históricos).
- Definir el tipo de clima imperante en la región, caliente o frío, lluvia o nieve, etc.
- Frecuencia de tormentas.

El problema al analizar este elemento es que todo se reduce a especulaciones y se pueden presentar variaciones de un momento a otro.

Habiendo realizado ya el análisis de todos los elementos, podemos sumar los porcentajes de cada uno y dividirlos entre 6 para obtener el porcentaje de eficiencia total.

Para hacer un análisis económico completo y definir los costos del proyecto, es recomendable dividirlo, identificando las actividades más importantes y subdividir dichas actividades para ir sacando los costos por partes.

Entre las actividades principales, se pueden distinguir las siguientes:

- Líneas a campo traviesa.
- Líneas a través de manglares y pantanos.
- Líneas costa afuera.
- Líneas submarinas.
- Elementos de construcción.

Algunos de los elementos a tomar en cuenta para cada una de las actividades principales se nombran a continuación.

- Instalación de Soportes.
- Limpieza y nivelación del terreno.
- Tendido de la tubería.
- Excavaciones y sepultamientos.
- Alineación y soldado.

- Instalación de válvulas.
- Colocación de los ductos.
- Manejo y transporte del material.
- Limpieza y prueba de los ductos.
- Recubrimiento de la línea.
- Transporte del personal.

Para cada elemento se puede asignar un valor genérico o promedio que variará al ser multiplicado por diversos factores propios de las condiciones del proyecto. Por ejemplo, el costo de las actividades de limpieza de la zona será mayor si la zona es de difícil acceso y está llena de rocas y declives a comparación de un terreno llano y con poco material rocoso.

También para el personal hay que calcular el número de hombres y las horas-hombre necesarias por cada uno para realizar cada actividad y tomar en cuenta el equipo a utilizar para poder aplicar los factores de productividad.

En cuanto al equipo, el costo y duración de la renta es primordial, así como el combustible del equipo y del transporte.

Combinando el porcentaje general de eficiencia con los valores estimados de cada actividad multiplicados por sus respectivos factores, lograremos tener una muy buena estimación de los costos totales del proyecto.

Debido al gran número de factores a utilizar y actividades a tener en cuenta, que excede por mucho los alcances de este trabajo, la mejor aproximación es tener a la mano un manual como el de *Page*¹, para orientarse sobre todos los diferentes puntos y los valores de los factores a utilizar, así como investigar los precios de materiales, equipos y operaciones.

9.2 Optimización de la ruta

La selección de la ruta que va a seguir la línea es una decisión complicada, ya que intervienen numerosas variables que hay que tomar en cuenta. La lógica dicta que una línea recta es la distancia más corta entre dos puntos y por eso sería de esperarse que

también representara el mejor escenario costo-beneficio pero varios factores pueden modificarlo.

Normalmente, los puntos que rigen la selección de la ruta óptima para la línea son los siguientes:

- Puntos de inicio y término de la línea.
- Presencia de agua y profundidad de la misma.
- Factores ambientales adversos.
- Cercanía con otros campos, tuberías o instalaciones.
- Zonas restringidas, como campos militares o reservas ecológicas.

Una parte significativa del costo total, y que está ligada directamente a la selección de la ruta, es la fabricación e instalación de las tuberías, debido a estas actividades asociadas:

- Longitud de tubería que debe fabricarse (tomar en cuenta también el recubrimiento y soldado).
- Limpieza de la ruta que seguirá la línea.
- Instalación de soportes y estructuras auxiliares.
- Excavación de zanjas y disposición de los residuos.

Teniendo en cuenta que estos factores estarán presentes en todas las rutas que se tracen, los objetivos de un buen diseño de ruta deben ser:

- Minimizar la longitud de tubería requerida.
- Evitar en la medida de lo posible las áreas que requiera mucha limpieza previa.
- Minimizar los soportes necesarios.
- Minimizar la necesidad de excavar zanjas.

Cuando la ruta no tiene ninguna obstrucción probable, la optimización no es necesaria, ya que es suficiente con trazar una línea recta entre los puntos de interés, pero cuando el terreno presenta condiciones menos accesibles, se pueden obtener grandes ahorros en la fabricación e instalación de las líneas.

Para realizar la optimización de la ruta, se debe contar con los costos, al menos aproximados, de los siguientes conceptos:

- Costo sobre unidad de longitud del suministro adicional de tubería.
- Costo de la limpieza sobre unidad de longitud de las secciones de la ruta que así lo requieran.
- Costo de cada soporte.
- Costo de la excavación de zanjas y sepultamiento de las tuberías sobre unidad de longitud.

Es muy importante comparar los costos totales de las diferentes rutas propuestas tomando en cuenta también los tiempos y necesidades a futuro que se puedan presentar antes de tomar una decisión.

9.3 Ejemplo

Como parte de los proyectos necesarios para incrementar la producción en el activo Muspac, de la Región Sur, se proyectaron ciertas mejoras en el Campo Sunuapa, siendo la principal la instalación de una red de bombeo neumático.

Debido a la naturaleza del proyecto, el análisis económico debe tomar en cuenta diversos aspectos, como el cambio de las líneas de descarga para que puedan manejar adecuadamente el gasto esperado, así como la instalación de las unidades de compresión a boca de pozo, las líneas de inyección y las instalaciones adecuadas para la operación del nuevo sistema.

En la siguiente tabla podemos observar los costos desglosados del proyecto:

CONCEPTO	COSTO (MM\$)
Construcción de red de gas de bombeo neumático y tanque de 3000 [bls]	6.50
Reposición de línea de descarga de 4" de diámetro para los pozos Sunuapa 1, Sunuapa 11 y Sunuapa 22.	3.00
Renta de 3 compresores a boca de pozo.	6.13
Una reparación con equipo y dos sin equipo.	14.00
Costo de infraestructura y costos indirectos.	9.32
Gastos operativos.	7.14
INVERSIÓN TOTAL	46.09

Así, nos damos cuenta de que la tubería representa el 20.55% del costo total del proyecto, porcentaje que aumenta hasta en 2 puntos porcentuales si consideramos también su parte de los costos operativos e indirectos.

Lo más interesante de estos datos es que, para este proyecto, las líneas con muy pequeñas, estamos hablando de tres líneas de inyección de 4" con una longitud de 0.5, 1.2 y 1.5 [km] respectivamente y 3 líneas de descarga de las mismas dimensiones.

Para otros proyectos donde las líneas son mucho más largas, de mayor diámetro y deben pasar por terrenos difíciles e irregulares, el porcentaje que representan las tuberías dentro del costo total aumenta dramáticamente debido al precio de la misma tubería, los recubrimientos y medidas de seguridad, estaciones de bombeo y compresión a lo largo de la ruta, permisos gubernamentales y un largo etcétera que hacen que el diseño adecuado de los ductos para transporte de hidrocarburos sea una parte vital para asegurar la rentabilidad de los proyectos.

REFERENCIAS

- 1- PAGE John S., *Cost Estimating Manual for pipelines and marine structures*; Gulf Publishing Company; 316 pp, 1977, Houston, Texas; TN879.5 P34;

KENNEDY John L; *Oil and Gas Pipeline Fundamentals*; Pennwell nontechnical Series, Tulsa Oklahoma, 366 pp. TN879.5