


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA



**BASES PARA LA INTEGRACION DE COSTOS EN
LA CONSTRUCCION DE TUNELES EN
GUATEMALA**

JESUS AUGUSTO GARCIA IBAÑEZ

GUATEMALA, JUNIO DE 1973

80
(283)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

BASES PARA LA INTEGRACION DE COSTOS EN
LA CONSTRUCCION DE TUNELES EN
GUATEMALA



GUATEMALA, JUNIO DE 1973

TESIS DE REFERENCIA
NO
SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

D2
08
T(270)c

**JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Decano: *Ing. Hugo Quán Má*

Vocal Primero: *Ing. Marco Tulio Samayoa*

Vocal Segundo: *Ing. Rodolfo González M.*

Vocal Tercero: *Ing. Adolfo Behrens*

Vocal Cuarto: *Br. Jaime Klussmann*

Vocal Quinto: *Br. Edgar de León*

Secretario: *Ing. José Luis Terrón*

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

Decano: *Ing. Hugo Quán Má*

Secretario: *Ing. José Luis Terrón*

Examinador: *Ing. Hugo Romeo Masaya*

Examinador: *Ing. Manuel Angel Castillo*

Examinador: *Ing. Antonio Ferraté*

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

*JESUS GARCIA ZEPEDA
BLANCA IBAÑEZ DE GARCIA*

A MI TIA:

ROSA MAZARIEGOS H.

A MIS HERMANOS:

AURA Y ROBERTO

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración mi trabajo de Tesis titulado:

**BASES PARA LA INTEGRACION DE COSTOS
EN LA CONSTRUCCION DE TUNELES
EN GUATEMALA**

Tema que me fue asignado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

**BASES PARA LA INTEGRACION DE COSTOS EN LA
CONSTRUCCIONES DE TUNELES
EN GUATEMALA**

CONTENIDO:

- 1 - *INTRODUCCION*
- 2 - *CONSIDERACIONES DE LOS ELEMENTOS BASICOS
PARA LA INTEGRACION DE COSTOS*
- 3 - *DESARROLLO DEL PRESUPUESTO*
- 4 - *VARIACIONES DE COSTOS POR CARACTERISTICAS
ESPECIALES*
- 5 - *ANALISIS Y COMPARACION DE LOS COSTOS*
- 6 - *CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES*
- 7 - *BIBLIOGRAFIA*

CONTENIDO

1 - INTRODUCCION

2 - CONSIDERACION DE LOS ELEMENTOS BASICOS PARA LA INTEGRACION DE COSTOS

- 2.1. *Estimaciones*
- 2.2. *Imprevistos*
- 2.3. *Experiencia*
- 2.4. *Habilidad Matemática*
- 2.5. *Orden*
- 2.6. *Conocimiento*
- 2.7. *Estandarización*
- 2.8. *Archivos*
- 2.9. *Especificaciones*
- 2.10. *Control de Costos*
 - 2.10.1. *Contabilidad de Costos*
 - 2.10.2. *Control de Costos de Ingeniería*
- 2.11. *Programa de trabajo*

3 - DESARROLLO DEL PRESUPUESTO

- 3.1. *Renglones de Trabajo*
- 3.2. *Procedimiento de Análisis de los renglones de Trabajo*
 - 3.2.1. *Cálculo de Volúmenes de Trabajo*
 - 3.2.2. *Cálculo de Materiales*
 - 3.2.3. *Cálculo de Mano de Obra*
 - 3.2.4. *Cálculo de Maquinaria y Vehículos*
 - 3.2.5. *Cálculo de Equipo y Herramientas*
 - 3.2.6. *Cálculo de Supervisión y Administración*
 - 3.2.7. *Cálculo de Topografía*

3.2.8. *Cálculo de Gastos Generales*

3.2.9. *Guía para Integrar Costos*

4 - **VARIACIONES DE LOS COSTOS POR
CARACTERISTICAS ESPECIALES**

4.1. *Características Geológicas*

4.2. *Características de Diseño*

4.3. *Características Humanas*

5 - **ANALISIS Y COMPARACION DE LOS COSTOS**

6 - **CONCLUSIONES**

7 - **BIBLIOGRAFIA**

1 INTRODUCCION

Con los cambios motivados por el desarrollo, en Guatemala se han utilizado en la infraestructura, túneles para diversos usos; los más comunes son:

- 1) *Líneas de Conducción de Agua Potable*
- 2) *Sistemas de Alcantarillado*
- 3) *Energía Eléctrica*
- 4) *Vías de Comunicación*

De este tipo de obras de Ingeniería, por su frecuencia de construcción, se han llegado a refinar costos para los túneles de drenaje. Este refinamiento lo han llevado a cabo la Municipalidad de la ciudad de Guatemala, Institución que ha podido hacerlo con la ayuda de los préstamos supervisados. En esta circunstancia, se hace obligatorio un control de costos que proporciona costos reales, que redundan en el refinamiento para obras futuras.

Durante cinco años he tenido experiencia en presupuestos de túneles para drenaje en la Municipalidad de Guatemala, con la oportunidad de algunas comparaciones personales, al visitar túneles en Chicago, U.S.A. y de Bournemouth, Inglaterra; experiencia que me motiva a exponer en este trabajo una metodología y ordenamiento que ayude al estimador de costos que no sea especialista en túneles.

Presupuestar es una parte muy importante de un proyecto sobre todo en túneles, pues éstos siempre son representados con grandes cifras en los estudios económicos, es así que es altamente necesario ajustarse lo más posible a la realidad.

El objetivo de este trabajo es el de proporcionar una idea de los elementos básicos y establecer un costo, por métodos técnicos, que se acerquen a la realidad y no el de fijar constantes de fácil y aproximada aplicación.

2- CONSIDERACIONES DE LOS ELEMENTOS BASICOS PARA LA INTEGRACION DE COSTOS

Toda obra que se proponga realizar estará basada en tres elementos principales que son:

- 1) *Técnica*
- 2) *Tiempo*
- 3) *Costo*

Del análisis de estos elementos se puede decir que:

1) **Técnica:**

Ha evolucionado hasta el punto que no existe obra imaginada por el hombre que no sea posible realizar, porque tanto la propia tecnología, como el desarrollo de procesos constructivos, han alcanzado horizontes no imaginados.

2) **Tiempo:**

Es posible estimarlo por las nuevas disciplinas de programación que proporcionan la posibilidad de realizar cualquier obra en condiciones de tiempo, que anteriormente se podrían considerar imposibles.

3) **Costo:**

Se dice que éste, está íntimamente ligado y con una dependencia directa a los anteriores elementos.

En la época actual es común escuchar la palabra "incosteable", más no así "irrealizable" o "interminable".

El costo de una obra está dentro de cierto margen lógico, correspondiendo al momento histórico en que se desarrolla y es posible reducirlo al disminuir el tiempo de ejecución. En consecuencia es necesario poner atención en el control de costos para lo cual se utilizan muchas técnicas, Una de las más aceptadas es la de "Costo Estandar", que consiste en suponer un costo, bajo ciertos fundamentos lógicos o de experiencia para compararlo después, con el o los resultados obtenidos. (Ver inciso 2.10 Costo Estandar en Construcción).

El éxito del constructor depende de la precisión al estimar sus costos, que consiste en un proceso de aproximación, basado en un profundo conocimiento de varios campos relacionados con la industria de la construcción.

La estimación en la construcción está dividida en renglones y las principales son: Materiales y mano de obra. Una estimación más minuciosa incluye los costos, de materiales, equipo y de mano de obra necesaria para un trabajo de construcción, cuando se está licitando un contrato, el sueldo y la ganancia del contratista debe ser añadida a la estimación.

Es casi imposible para un individuo hacer la estimación de materiales y mano de obra para todos los campos relacionados con la industria de la construcción. Conviene utilizar personas especializadas en uno o más campos, ellos combinan sus estimaciones con el fin de determinar el costo total de una construcción. Los contratistas generales siempre emplean varios especialistas para hacer toda su estimación y costos.

Es usual que un contratista general trabaje en cooperación con un grupo de subcontratistas, que estiman sus propios costos, que someten al contratista general.

Los subcontratistas generalmente, incluyen los costos de materiales, mano de obra, maquinaria, sueldos y ganancias. El

contratista general, compara estas estimaciones con sus propias estimaciones a groso modo, que están basadas en sus experiencias y así determina el precio total para la construcción, después de incluir sus costos y un margen para la ganancia. Es entonces que el contratista está listo para entrar a licitar.

2.1 - ESTIMACIONES:

Hay muchas clases de estimaciones usadas en la industria de la construcción, el tipo de estimación viene determinado por la forma en que el constructor o dueño desea operar sus proyectos. Si desea descargarse la responsabilidad de material y mano de obra, solicita una estimación general de un contratista general. Esta estimación está basada en los planos y especificaciones determinados por el proyectista que incluye material, mano de obra y equipo necesario para completar la obra.

Para lograr el costo de la obra se pueden tomar las bases siguientes:

- 1) El análisis de costos puede elaborarse inductiva o deductivamente.*
- 2) El análisis de costo aproximado.*
- 3) El costo siempre está precedido de costos anteriores y éste a su vez, es integrante de costos posteriores. (1)*

2.2 - IMPREVISTOS:

Si una obra consta de muchas actividades, la posibilidad de situaciones imprevistas aumenta; estas situaciones son propiciadas por el medio ambiente y el elemento humano y se caracterizan porque no son consideradas en el presupuesto, lo que obliga a valuarlas como un porcentaje según el caso e información que obtenga el estimador.

El rango de variación normal para los imprevistos, es del 10/o al 50/o, aunque, en Guatemala se ha generalizado el 100/o.

Cuando se conocen estadísticas y estas se han normalizado o sea que el costo tiene tendencias al "Costo Estándar", es conveniente reducir el factor de imprevistos a cero, o sea, integrar la partida de imprevistos a la utilidad, cuando es empresa lucrativa o a economía, cuando es estatal.

La estimación del material puede ser propuesta en dos formas:

La Primera:

Más deseable para el constructor, es un listado de los precios de cada material en una hoja de estimación, estos costos son sumados para obtener un costo total.

La Segunda:

Preferida por la casa proveedora, esto es la estimación del material total. Para esta estimación el proveedor lista los materiales y cantidades, pero no los precios separados, el proveedor le ofrece al constructor, un precio completo para la cantidad total del material (esto es llamado estimación de suma de conjuntos).

El estimador es una persona que asume una gran responsabilidad, estar debidamente entrenado, o experimentado y familiarizado con todas las fases de construcción y contratación general; debe ser persistente, progresista, observador y paciente. Un buen estimador adquirirá estas cualidades y encontrará que también es necesario, el respeto para todos los que con él trabajan en la industria de la construcción.

2.3 - EXPERIENCIA:

En la industria de la construcción no existe ningún sustituto a la experiencia. El contratista debe tener muchos años de trabajo en el campo que esté estimando para poder llegar a una justa y equitativa licitación.

Una práctica intensiva le da al constructor, contratista o estimador, una visión profunda de los planos de construcción que le permitan calcular los elementos ocultos, que no son claramente distinguidos en los planos, pero necesarios para llevar un proyecto a su culminación; por ejemplo:

Un estimador de repello no solo debe estimar, el área a repellar, sino también la altura a que los albañiles deben trabajar, porque un repello a 2 metros requerirá más madera y más horas de trabajo, etc... Otro aspecto a cubrir es la cantidad de trabajo a efectuar dada la proporción directa que existe entre volumen de trabajo y costo.

2.4 - HABILIDAD MATEMATICA:

Es importante que el estimador posea habilidad matemática, sobre todo de computación y tabulación. El uso de máquinas calculadoras y reglas de cálculo acelerará el trabajo.

2.5 - ORDEN:

La experiencia ha demostrado que un individuo limpio y ordenado produce un trabajo de igual calidad. Esto es, una calidad necesaria en la estimación para que otra persona pueda hacer una revisión.

2.6 - CONOCIMIENTO:

El estimador debe conocer los diferentes materiales de construcción y su empleo; estar familiarizado con materiales

equivalentes y sus sustitutos que son de fácil localización en el área o región, conocer los precios promedios de estos materiales o sustitutos y como obtener los precios reales rápidamente. En algunos planos se especifican los materiales a usarse, si el Ingeniero de Costos o el estimador tiene un conocimiento profundo de los materiales y sus equivalentes, puede ahorrarle a su compañía o instituciones mucho dinero. Esto es de gran importancia, cuando una determinada marca de productos, cambia de cantidad disponible o precio entre el período de estimación y el de construcción real.

Debe ser totalmente comprendido que si el constructor, no puede obtener el material especificado, necesita pedir autorización para sustituirlo por otro material equivalente. Esto debe ser concedido por escrito al constructor o propietario, en algunos casos por las partes interesadas.

Además es necesario que conozca los rendimientos, obligaciones y capacidades de cada hombre según su categoría y la fijación de un salario justo. Estar seguro que los grupos de trabajo establecidos son funcionales y no se desintegren al organizar la construcción.

La cantidad de herramienta estimada, debe ser la óptima, para evitar escases o superabundancia; debe ser la adecuada para el trabajo a desarrollar y conviene estimar el período en que debe ser sustituida por desgaste.

Con el conocimiento de las necesidades permanentes o temporales, debe seleccionar el equipo y calcular el costo de operación y mantenimiento; saber también que el equipo debe cumplir condiciones como las de obtener repuestos de inmediato, aunque el costo sea alto, previendo evitar un paro en la obra.

2.7 - ESTANDARIZACION O GENERALIZACION:

El estimador debe seguir un patrón que será reflejado en el trabajo completo. Este hábito ha sido un incentivo para las organizaciones en el sentido de archivar formas estandar de valuar, estimar y de entrenar al personal en su propio sistema.

Las formas o formularios de estimación son empleadas para ordenar o archivar material y equipo.

2.8 - MANTENIMIENTO DE RECORDS (Archivos):

Un buen estimador es una persona que debe saber llevar archivos y tener la paciencia de ordenarlos durante un buen período de tiempo. Lo que servirá de base para otros proyectos y para control durante el período de construcción.

Los récords de progreso por unidad de tiempo (día, semana, mes, etc...), deben ser enviados a la Oficina de Control, para determinar costos promedio de mano de obra y de materiales, así como de equipo para su comparación con los costos de proyecto y éstos también pueden ser utilizados para una estimación urgente.

2.9 - ESPECIFICACIONES:

El estimador debe saber exactamente lo que los planos ilustran y debe entender las especificaciones. Comprender las especificaciones es una buena parte del trabajo, aplicarlas al mismo es igualmente importante. Si hay artículos que no estén claros en las especificaciones, hace una lista en "hojas especiales" y tener presente que las especificaciones tienen preferencia sobre los planos.

2.10 - CONTROL DE COSTOS:

El objeto del control de costos en general es poder establecer un costo estándar, para ello es conveniente estudiarlo,

actualizándolo para cada obra y época de construcción. El término "ESTANDAR" significa que se ha hecho la tentativa de encontrar la mejor forma de hacer una obra, que se cuenta con las máquinas apropiadas para la mayor producción y se siguen los mejores métodos de trabajo, así como que se han seleccionado y controlado debidamente con todo cuidado, la mejor manera de manejar los materiales. Esto no quiere decir necesariamente, que se haya llegado a la perfección; más bien el término se refiere a los mejores métodos y medios con que se puede contar en un período de tiempo determinado, para lograrse el propósito especificado. (6)

En construcción se puede decir que:

"Costo Estándar" es una suposición técnicamente fundamentada como base de comparación, que siendo ideal para una obra específica es variable para otra, y será necesario reactualizarla, es decir, la idea de costos será dinámica". (5)

El costo estándar será corregido mediante las variaciones de los costos parciales, que pueden ser negativas y positivas, dependiendo de las condiciones especiales de cada obra y este costo así obtenido, será comparado con el presupuesto, para conocer su grado de aproximación.

El costo estándar en obras de ingeniería proviene de 2 fuentes básicas que son:

- 1 – Contabilidad de Costos
- 2 – Control de Costos de Ingeniería

Las 2 fuentes están constituidas por técnicas afines, pero de cuantificación diferente.

2.10.1 -CONTABILIDAD DE COSTOS:

“La contabilidad de costos consiste en una serie de procedimientos tendientes a determinar el costo de un producto y las distintas actividades que se requieren para su ejecución. Se distingue de la contabilidad comercial y financiera en que, mientras la primera concentra su atención en productos individuales y grupos de actividades relativamente pequeñas, la última se sirve de la perspectiva de proporcionar los balances mensuales y los estados de operación y utilidades.

La contabilidad de costos propiamente dicha es el registro en los libros de costo de acuerdo con clasificaciones previamente establecidas, por lo general en los libros no se operan completamente por separado del sistema de contabilidad comercial y financiera, sino que más bien son una extensión o subdivisión de esta última.

El control de costos es la determinación de si los costos actuales obtenidos están fuera de proporción con los que se considera como normales a una ejecución satisfactoria.

El análisis de costos consiste en determinar la causa de que los costos sean desproporcionados, identificando al responsable de dicha anomalía.

Comparación de costos consiste en comparar el costo de actividades, métodos y distribuciones de los elementos básicos de obras similares. Las comparaciones de costos se efectúan para decidir si el cambio debe o no implantarse.

Planificación de costos es la preparación del sistema de costos o del proyecto de procedimientos a establecer. Consiste en determinar cuales informes normales deben rendirse periódicamente, qué registros de costos y de control deben establecerse y manejarse, para preparar dichos informes y

también cuáles son las cuentas de costos que deben incluirse en los catálogos de contabilidad para facilitar el análisis que se requiere". (6)

Conociendo sus características y relacionando la contabilidad de costos con el control de costos de ingeniería se puede afirmar que la contabilidad de costos...

- Cuantifica pero no especifica.
- Trabaja con costos unitarios reales.
- Toma en cuenta los inventarios.
- Es de aplicación general.

2.10.2 -CONTROL DE COSTOS DE INGENIERIA:

Es un método para conocer el costo promedio de las actividades en una obra de ingeniería, se basa en reportes de material utilizado en la construcción, el costo de la mano de obra que fue necesario emplear y los medios que se requirieron en cada actividad en el período de tiempo que se procesó.

Los costos unitarios se deben conocer no solo en el final de una obra sino durante el proceso constructivo. Estos son proporcionados por el control de costos, que indica los renglones de trabajo en los que hay una variación mayor del rango aceptable, lo que obliga a dedicarle atención y dictar las medidas correctivas pertinentes.

Se basa en reportes de campo y solo toma los inventarios para el cierre de la obra.

La valuación de los materiales empleados se obtiene del promedio de los costos registrados en Bodega. Para la mano de obra toma la planilla de pago reportada por el pagador.

La principal ventaja del control, consiste en la determinación de los costos unitarios de cada actividad, el

control de costos de la obra se puede desglosar tanto, como sea necesario sin causar ninguna complicación, pues siempre será un cálculo sencillo y se harán los formatos de control según las necesidades.

El control de costos debe ser trabajado en forma paralela a la contabilidad de costos e independiente de la contabilidad general, porque tiene usos diferentes, trabajan con bases diferentes y básicamente se puede diferenciar de la contabilidad de costos por las características siguientes:

- Especifica costo por actividad.
- Trabaja a costo promedio.
- No toma en cuenta los inventarios.
- Aplicable a la industria de la construcción.

La característica más sobresaliente de este control, es la de llegar al detalle de los costos directos e indirectos de cada una de las actividades, que forman parte del proceso de construcción de una obra.

El control de costos proporciona los coeficientes de los costos indirectos para cada renglón de trabajo, como se describe a continuación:

El coeficiente de mano de obra indirecta se utiliza para hacer la corrección del calculado en el presupuesto. Por medio del coeficiente proporcionado por cada período de informe, es posible conocer las variaciones de mano de obra indirecta a través del año calendario, información que tiene uso en obras cuya duración sea de dos a tres meses y en las que se puede utilizar, el verdadero coeficiente de mano de obra indirecta en función de la época del año en que se ejecutan.

En la maquinaria y equipo es conveniente actualizar los datos proporcionados, pues en Guatemala casi la totalidad es importada y los precios tienen una variación constante.

Entre los costos indirectos de maquinaria y equipo se incluyen el traslado de personal a la obra, equipo y herramienta, coeficiente que es función de la distancia entre la obra y la población o ciudad de la que procede el elemento humano o de lo distante que se encuentre uno de otro frente, así como el tipo de maquinaria y herramienta que sea necesario transportar.

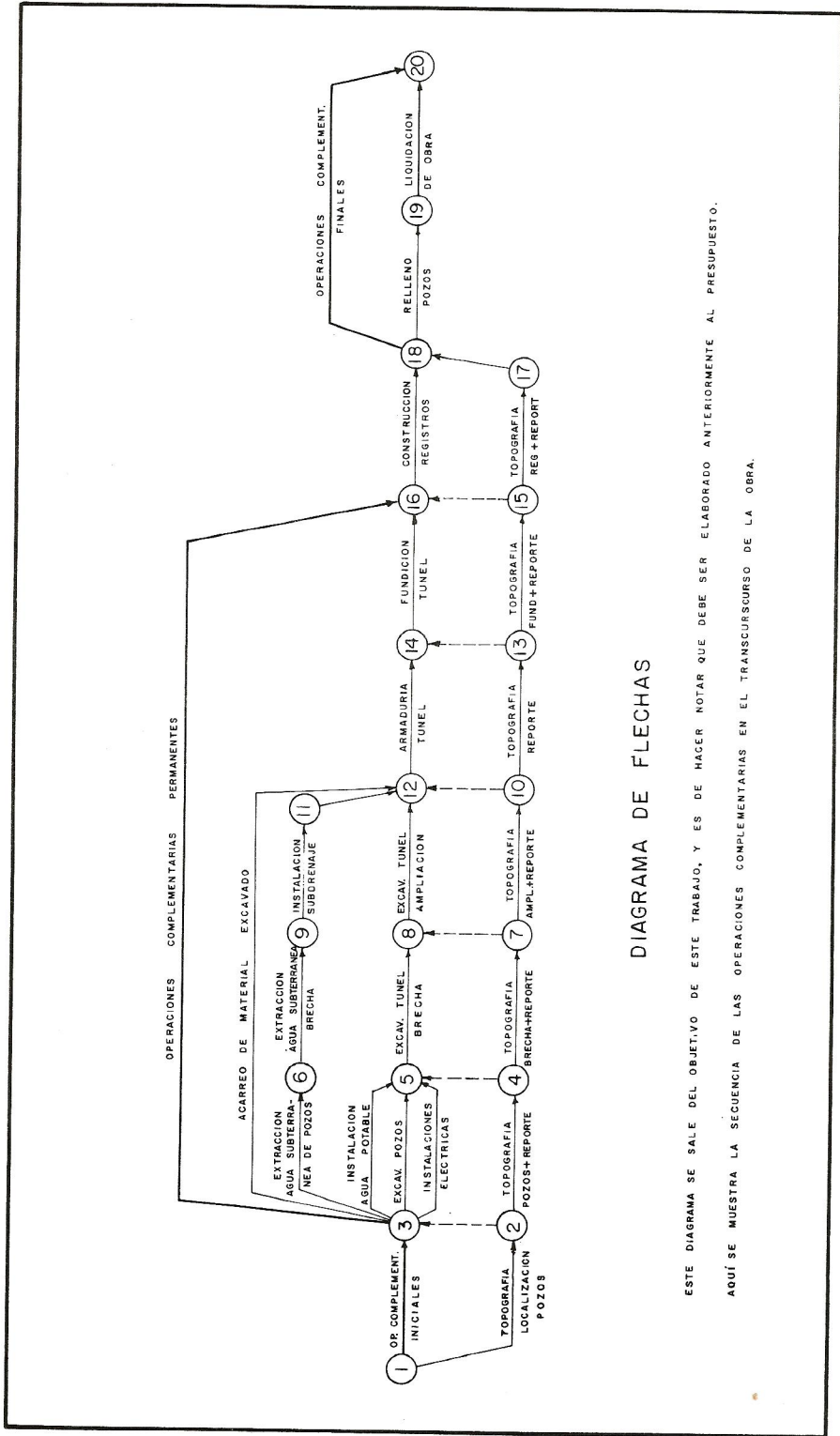


DIAGRAMA DE FLECHAS

ESTE DIAGRAMA SE SALE DEL OBJETO DE ESTE TRABAJO, Y ES DE HACER NOTAR QUE DEBE SER ELABORADO ANTERIORMENTE AL PRESUPUESTO. AQUÍ SE MUESTRA LA SECUENCIA DE LAS OPERACIONES COMPLEMENTARIAS EN EL TRANSCURSO DE LA OBRA.

3 - DESARROLLO DEL PRESUPUESTO

Para la integración de un presupuesto se pueden tomar como base los aspectos siguientes:

- 1) *La información detallada y controlada de los costos.*
- 2) *La experiencia del que elabora el presupuesto.*
- 3) *La ayuda de una guía para mantener al estimador dentro de una tendencia constante.*

Los dos primeros no están generalizados por la falta de experiencia en esta rama de la ingeniería; la base primordial debe ser una guía general que se elabora, de preferencia en el mismo orden de construcción.

Son de utilidad los estudios de costos anteriores, si se tienen, o de la misma planificación del control a efectuarse.

El estimador debe establecer una relación directa entre la integración de costos y el control de los mismos, porque ambos son fundamentales para los cambios en el programa de trabajo durante su ejecución.

3.1 - RENGLONES DE TRABAJO:

Por lo anteriormente expuesto, para la elaboración del presupuesto se sugiere una guía, la que a criterio del estimador, puede ser mas detallada según el uso y necesidades del mismo así:*

* *Ver guía para integrar costos anexo. a este capítulo.*

- 1) *Volúmenes de trabajo*
- 2) *Materiales*
- 3) *Mano de Obra*
- 4) *Maquinaria y Vehículos*
- 5) *Equipo y Herramienta*
- 6) *Supervisión y Administración (*)*

(*) *Ver guía para integrar costos anexo a este capítulo.*

Para cada uno de estos renglones de trabajo, se calculan las actividades a realizar en la obra; las actividades básicas pueden ser ampliadas recordando que el gran detalle puede dar dificultades de control.

A continuación se proponen las siguientes actividades básicas que se analizarán en cada uno de los renglones de trabajo anteriormente mencionados.

- 1) *Operaciones Complementarias*
- 2) *Perforación de pozos*
- 3) *Excavación a cielo abierto*
- 4) *Excavación de túnel*
- 5) *Excavación de subdrenaje (si se trabaja abajo del nivel freático)*
- 6) *Colocación de tubería del subdrenaje*
- 7) *Relleno de zanja del subdrenaje*
- 8) *Armado de túnel*
- 9) *Fundición de túnel*
- 10) *Excavación de registros (*)*
- 11) *Armado de registros (*)*
- 12) *Fundición de registros (*)*

(*) *En este trabajo se les denominará registros pero variarán dependiendo del tipo de túnel que se estudie y pueden ser: Registros, pozos de visita o chimineas de ventilación.*

- 13) *Relleno de pozos*
- 14) *Excavación de estructuras especiales*
- 15) *Armado de estructuras especiales*
- 16) *Fundición de estructuras especiales.*

3.2 - PROCEDIMIENTO DE ANALISIS DE LOS RENGLONES DE TRABAJO:

3.2.1 - CALCULO DE LOS VOLUMENES DE TRABAJO:

Los volúmenes de trabajo deben ser calculados con exactitud.

En este renglón se pueden utilizar muchos métodos, pero con la hipótesis de la regularidad de los túneles se pueden elaborar tablas generales o específicas para cada proyecto. Las tablas pueden ser para actividades tales como: Brecha, ampliación, fundición y armado de las secciones más comunes en túneles entre las que se pueden mencionar:

- 1) *Circular*
- 2) *Semi-circular con cuneta*
- 3) *Huevo u ovalada*
- 4) *Rectangular*
- 5) *Herradura*

Es conveniente, calcular en orden siguiendo la guía elaborada con todas las actividades básicas para llevar a cabo la obra como quedó planteado anteriormente.

3.2.1.1. Operaciones Complementarias:

En las operaciones complementarias no se puede definir una cantidad de trabajo específico, por la falta de homogeneidad,

pero se pueden listar las actividades contempladas tales como: Erección de guardianía, marcos de pozos y otras.

3.2.1.2. Perforación de pozos de construcción:

Con base en el diseño y la certeza que los pozos están en un lugar adecuado y con acceso de los vehículos necesarios, se calcula el volumen de excavación de los pozos de construcción.

3.2.1.3. Excavación a cielo abierto:

Este volumen se calcula con las secciones de corte por el "Método de Trapecios", que es el más rápido y común.

3.2.1.4. Excavación de túnel:

Con las longitudes de los diferentes diámetros y secciones, se calculan los volúmenes separados por sectores o por etapas de construcción, además es necesario agruparlos por formas comunes para aplicarles el costo, si se usa el método del costo unitario.

3.2.1.5. Excavación de subdrenaje:

En función al diámetro del tubo se hará la zanja, la profundidad será determinada por facilidad de construcción o por especificación del diseño; la longitud será la de la zona que se deba trabajar bajo la napa freática más la longitud necesaria para la descarga temporal o permanente del caudal; el producto de estos tres parámetros será el volumen a excavar para el subdrenaje.

3.2.1.6. Colocación de tubería para subdrenaje:

La cantidad de tubería para el subdrenaje es el equivalente a la longitud que se especificó en el inciso anterior.

3.2.1.7. Relleno de subdrenaje:

La diferencia entre el volumen excavado para el subdrenaje y el volumen de tubería, es el volumen de grava y/o piedra que se necesita para el relleno.

3.2.1.8. Armado de túnel:

En esta actividad se harán dos cálculos:

- 1) *Area de armado en fundición al perímetro y la longitud que servirá para el cálculo de la mano de obra.*
- 2) *Cantidad de acero de refuerzo en Kg. o quintales para calcular el costo del material.*

Además se hará un estudio para determinar que largo de varillas es conveniente usar para evitar los traslapes o que éstos queden en lugares estructurales aptos y correctos.

3.2.1.9. Fundición de túnel:

Con la sección del diseño y las longitudes en los diferentes diámetros, podemos conocer los volúmenes de concreto por medio de tablas o por cálculo directo. Al total de los volúmenes parciales se les debe aplicar un porcentaje llamado de desperdicio que es el volumen usado para rellenar sobre excavaciones pequeñas, además del que queda adherido al equipo de trabajo. Este desperdicio está en función de los siguientes parámetros.

- *El tipo de suelo*
- *Experiencia del personal en excavacion o manejo de la maquinaria si se usa.*
- *Al número de depósitos por los que tenga que ser trasladado el concreto, antes de ser colocado.*

El porcentaje de desperdicio tiene variaciones desde un 20/o con buenas condiciones, hasta un 30o/o en el caso de roca excavada con explosivos.

3.2.1.10. Excavación de registros:

Este volúmen se puede calcular por tablas o por volúmenes analíticos, si se tomaron los registros como pozos se resta el volúmen que fue calculado en la excavación de pozos de construcción.

3.2.1.11. Armado de registros:

Se calcula al igual que el armado de túnel en las dos etapas; primero el área de armado por el producto del perímetro, por la longitud del cilindro y los conos por la fórmula del cono truncado. En el caso de registros cuadrados o cajas, el cálculo se reduce al área de un paralelepípedo.

En base al área de armado o por medio del cálculo por varillas se obtiene la cantidad de acero de refuerzo en quintales, kilogramos o toneladas.

3.2.1.12. Fundición de registros:

El volumen de concreto se puede calcular de similar manera que el de fundición de túnel o por medio del cálculo detallado en el caso de ser de forma diferente a la circular.

Al volúmen de concreto se le aplica el porcentaje de desperdicio con el mismo criterio que en la actividad "Fundición de túnel" (3.2.1.9.)

3.2.1.13. Relleno de pozos:

El volúmen de relleno de pozos es el producto de la diferencia de cotas de suelo y la cota de la corona del túnel por el área del pozo de construcción.

Si se acarrea el material, se toma en cuenta el coeficiente de compresibilidad del material a compactar.

3.2.1.14. Excavación de Estructuras especiales:

Se calcula el volúmen especificado por los planos de una manera analítica y especial para cada caso; así mismo se deben contemplar excavaciones extras, para facilidad de acceso o de construcción.

3.2.1.15. Armado de estructuras especiales:

Es recomendable el cálculo por varillas y no por áreas de armado para no caer en el error de omisiones que pueden ser de gran volúmen de acero, sobretodo si la estructura está diseñada con acero de diámetros medios o grandes.

3.2.1.16. Fundición de estructuras especiales:

Igual que las actividades anteriores dirigidas a las estructuras especiales, se calcula el volúmen en forma ordenada y precisa.

En esta actividad se pone especial atención en el relleno de sobreexcavación; en estructuras grandes se utiliza el concreto ciclópeo para rellenar la sobre-excavación.

3.2.1.17. Actividades extras:

Esta actividad queda abierta para todas aquellas que no fueron incluídas en alguna de las anteriores.

3.2.2. - CALCULO DE MATERIALES:

3.2.2.1. Especificaciones:

Por su complejidad los materiales se calculan en algunas actividades con gran detalle, en el orden conveniente y aplicándoles valores monetarios, que deben mantenerse en un rango real sin salirse de las especificaciones impuestas.

El término especificaciones se define como: "La descripción detallada de las características y condiciones mínimas que deben reunir los productos" (1) o sean las normas en que el proyectista se ha basado para su diseño y que el estimador debe mantener por la incidencia directa sobre el costo unitario del proyecto; pero debe velar: porque las especificaciones se apeguen lo más posible a los sistemas, materiales y equipo que se disponga en el momento, la zona y ubicación de la obra para su ejecución.

Para especificaciones se pueden tomar como base las de otros países, pero es necesario "traducirlas", es decir acoplarlas y adaptarlas a la realidad y a los procesos productivos locales.

En vista de la incidencia de las especificaciones sobre el costo, es preferible apoyarse en aquellas en que sus normas son basadas en pruebas físicas, hechas por instituciones especializadas, tales como "AASHO", "ASTM", "ACI" y otras.

Para facilitar el cálculo de los materiales se hace necesario dividirlos así:

1) Materiales básicos:

Los que para la construcción de una obra son necesarios e indispensables para llevarla a cabo.

2) Materiales complementarios:

Que sirven para dar acabados en cada uno de los renglones de la obra.

3.2.2.2. Análisis de actividades:

3.2.2.2.1. Operaciones complementarias:

Se definen como las actividades que complementan a las programadas y se dividen en tres clases:

3.2.2.2.1.1. Operaciones complementarias iniciales:

Son las previas a la ejecución formal de la obra, tales como: materiales para erección de los campamentos, guardianías, marcos y carpintería de banco, instalación de servicios en los accesos de los pozos (agua potable y energía eléctrica).

3.2.2.2.1.2. Operaciones complementarias permanentes:

Estas se llevan a cabo paralelamente a la ejecución y son los materiales de: La construcción de cimbras, tableros para doblar acero estructural, rampas, niveletas, arrastres, etc.

3.2.2.2.1.3. Operaciones complementarias finales:

Actividades de cierre, tales como la limpieza, desarmado de toda la falsa estructura, guardianía, marcos, etc., que necesitan materiales para acabados finales.

Para el cálculo de las actividades enumeradas se deben detallar y resumir los materiales para cada una, tal es el caso de la madera que se resume a pies tabla. Los demás materiales pueden enumerarse con sus respectivos costos, hasta completar los materiales necesarios que componen las operaciones complementarias.

3.2.2.2.2. Perforación de pozos:

Esta actividad en principio no tiene inversión de materiales, pero hay casos especiales, en que la obra está dividida en etapas y la primera de ellas es la perforación de pozos, si se toman en cuenta los materiales necesarios, serían los mismos que los comprendidos en las operaciones complementarias iniciales.

3.2.2.2.3. Excavación a cielo abierto:

Los materiales que se involucran en esta actividad son:

- *En materiales básicos las estacas de corte y madera para falsa estructura, en caso sea necesario, esta madera debe calcularse por volumen en pies tabla, para aplicarle el costo.*
- *El costo de los materiales complementarios se obtiene, calculando el clavo en función al volumen de madera, además del clavo utilizado para topografía.*

3.2.2.2.4. Excavación de túnel:

Esta actividad tiene como materiales básicos el clavo utilizado para el trazo de la línea topográfica y se obtiene el volumen a través del producto del número de clavos por el número de puntos a colocar.

Además están las niveletas para traslado del eje central del túnel y se calcula una por cada punto topográfico.

3.2.2.2.5. Excavación del subdrenaje:

Esta actividad no tiene inversión de materiales.

3.2.2.2.6. Colocación de tubería para subdrenaje:

Es el número de tubos porosos necesarios, tomando en cuenta los diferentes diámetros y no se incluyen materiales complementarios a menos que la instalación de tubería lo amerite.

3.2.2.2.7. Relleno de subdrenaje:

Representa el número de metros cúbicos de material granular y es igual al volumen calculado en los volúmenes de trabajo menos el volumen de la tubería instalada.

3.2.2.2.8. Armado de túnel:

Para determinar la cantidad de acero de refuerzo se calcula como en los volúmenes de trabajo y se toman en cuenta de la siguiente manera:

1) Materiales básicos:

Acero de refuerzo de diámetros según especificaciones de proyecto.

2) Materiales complementarios:

Alambre de amarre o uniones mecánicas. El volumen se calcula por el número de uniones necesarias por metro lineal y por la longitud a ser armada.

3.2.2.2.9. Fundición de túnel:

El costo de los materiales básicos es el producto del costo del concreto por el volumen a fundir, más el volumen de desperdicio. En el caso de producción de concreto en la obra, se calculan los materiales para la elaboración de la mezcla.

El costo de los materiales complementarios lo representan los necesarios para el acabado del concreto recién fundido, tales como: Cemento, arena o agregados para concreto.

3.2.2.2.9.1. Relleno de mampostería:

El material básico para la mampostería es el cemento, que algunas veces se mezcla con el material selecto; en otros casos se rellena con cemento ciclópeo y el volumen será repartido en piedra, cemento, arena y grava o sustituido por piedra y concreto premezclado.

3.2.2.2.10. Excavación de registros:

No incluye materiales.

3.2.2.2.11. Armado de registros:

Los materiales básicos están formados por el acero estructural que se calcula de manera similar a la del túnel, por área de armado o por varillas utilizadas que es un método más real.

En este cálculo, es necesario hacer el mayor número de combinaciones posibles con las longitudes comerciales de varillas, para evitar los traslapes y procurar por que queden en lugares apropiados.

En los materiales complementarios se incluye el alambre de amarre, para ligar las varillas de refuerzo; se calcula por el número de amarres, por el largo de cada uno y la longitud obtenida se traduce a peso para aplicarle costos.

3.2.2.2.12. Fundición de registros:

El material básico incluye el concreto que en el renglón "volumenes de trabajo" se calculó incluyendo el desperdicio; a este volumen se le aplica el costo por metro cúbico.

En los materiales complementarios se debe incluir el cemento y la arena de la sabieta, para dar acabados a la fundición, así como los agregados para el concreto que sea necesario usar.

3.2.2.2.13. Relleno de pozos:

Se usan materiales solo en el caso que se deba obtener material de superior calidad al excavado. Para obtener el costo es necesario determinar el volumen a rellenar, el lugar donde sea comprado para tomar en cuenta el coeficiente de contracción que afectará el volumen a solicitar.

3.2.2.2.14. Excavación de estructuras especiales:

Se analiza el tipo de estructura, se determina si tiene o no materiales para aplicarles el costo unitario a cada uno.

3.2.2.2.15. Armado de estructuras especiales:

Por su clasificación no se pueden generalizar, pero al calcular el acero de refuerzo debe hacerse por varillas, para hacer combinaciones de las mismas y evitar cortes y traslapes.

El costo unitario por varilla, por varillas calculadas, produce el costo de los materiales básicos.

Los materiales complementarios se obtienen con el producto de los amarres necesarios por la longitud de cada amarre, esta longitud se traduce a peso para aplicar el costo unitario.

Además se incluyen, si se usan, juntas mecánicas y pines o alzas para mantener la estructura en su lugar antes de fundir.

3.2.2.2.16. Fundición de estructuras especiales:

Al volumen de concreto, más su desperdicio, se le aplica el costo unitario para obtener los materiales básicos y si se prepara la mezcla en el lugar se calcula el costo de los componentes de la misma.

Para los materiales complementarios se deben incluir, como en todas las fundiciones, el costo del cemento y la arena de la sabieta para los acabados, así como los agregados para concreto y los materiales que sirven de auxiliares a la fundición.

3.3. MANO DE OBRA:

La valuación del costo de mano de obra es un problema dinámico y bastante complejo. El carácter dinámico lo determina el costo de la vida, así como el desarrollo de procedimientos de construcción diferentes, debido a nuevos materiales, herramientas, tecnologías, etc. Por otra parte, su complejidad varía conforme a la dificultad o facilidad de realización, función directa del material del subsuelo, magnitud de la obra a ejecutar, el riesgo o la seguridad en el proceso, el sistema de pago, las relaciones de trabajo, etc. Más aún, las condiciones climáticas, las costumbres locales y en general, todas las características que definen una forma de vida, afectan directamente al valor de la mano de obra.

La construcción de túneles en Guatemala emplea poco personal calificado y un gran porcentaje de sus obreros pertenece al grupo de salario mínimo.

En la construcción de túneles el salario percibido por el personal que labora por contrato o subcontrato (que es el más general), está por encima del salario de los obreros que laboran en los proyectos que se desarrollan por administración, que generalmente pertenecen al grupo de salario mínimo.

En cuanto a las condiciones específicas del proceso productivo, la facilidad o dificultad se reflejan en un mayor o menor rendimiento del trabajador.

Para el cálculo de mano de obra se pueden tomar dos caminos y son:

- 1) Por administración*
- 2) El de la suposición de trabajar bajo un subcontrato o a destajo.*

Los dos con suficiente criterio en el cálculo pueden rendir resultados satisfactorios.

De estos métodos se pueden analizar sus ventajas y desventajas así:

1) Por administración:

Este método considera la jornada de trabajo con un precio acordado y no menor que el salario mínimo.

Ventajas:

- a) *Facilidad de control.*
- b) *Asegura la percepción de salario al trabajador.*

Desventajas:

- a) *Necesidad de sobre vigilancia*
- b) *Dificultad de valuación unitaria*
- c) *Propicia tiempos perdidos*
- d) *Hace difícil la valuación del trabajo personal*
- e) *Hace lento el desarrollo de la obra*

La metodología del cálculo responde a la ecuación general siguiente:

Formula No. 1:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Costo día} \\ \text{hombre} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{l} \text{Días hombre necesarios pa-} \\ \text{ra ejecutar la actividad} \end{array} \right) = \text{Costo}$$

2) A destajo o subcontrato:

Este considera la cantidad de trabajo realizada por cada trabajador o grupo de trabajadores, a un precio unitario acordado anteriormente, de tal forma que, el pago por la jornada de trabajo no sea menor que el salario mínimo.

Este método obliga, un programa de suministros más eficiente, que debe ser tomado en cuenta.

Ventajas:

- a) *Suprime una parte de sobre vigilancia*
- b) *Facilita la valuación unitaria*
- c) *Confina el valor unitario a rangos de variación mínimos*
- d) *Evita tiempos perdidos*
- e) *Selecciona el personal apto para cada actividad*
- f) *Permite que "a mayor trabajo, mayor percepción" y "a menor trabajo menor percepción".*

Desventajas:

- a) *Representa dificultades para su control*
- b) *Puede ser injusto (5)*

Si se conjugan los dos métodos anteriores, se puede exponer un sistema de valuación que permita, a partir de rendimientos, obtener precios a destajo y viceversa.

El sistema de destajos debe basarse en rendimientos promedio, resultado de un análisis estadístico que considere casos excepcionales y que represente las condiciones repetitivas normales de cada proceso productivo. (5)

Cuando se necesite hacer una estimación de costos para una obra situada en una área no trabajada anteriormente, es conveniente hacer una corrección a la mano de obra, que se puede hacer por el cociente de salarios mínimos, lo que será un factor de corrección para toda la mano de obra.

Para la mano de obra se calcula el coeficiente de prestaciones para afectar los salarios calculados y obtener salarios efectivos, que son los que se consideran cuando se calcula mano de obra por administración.

Para el cálculo del costo de la mano de obra se continúa con la guía establecida así:

3.2.3.1. Operaciones complementarias:

Para facilidad de cálculo es conveniente dividir la actividad en tres, tal como en el cálculo de los materiales así:

3.2.3.1.1. Operaciones complementarias iniciales:

Esta actividad es de difícil estimación. Es más útil estimar su costo por la duración que se le haya asignado en el programa general de la obra, por el costo por administración, debido a la variedad de trabajo a ejecutar y el personal que participa en ella.

3.2.3.1.2. Operaciones complementarias permanentes:

Para el cálculo de esta actividad, es conveniente establecer cuadrillas de trabajo en especial para el mantenimiento de las instalaciones, tales como agua, energía eléctrica, sistemas de bombeo, ventilación y otras. Esta cuadrilla o cuadrillas serán permanentes durante el tiempo de construcción de la obra y se puede calcular por el producto del salario día o salario mes por el tiempo de trabajo.

3.2.3.1.3. Operaciones complementarias finales:

El procedimiento es similar a las otras actividades anteriores, pero con personal no especializado por tratarse de limpieza y desarmado de estructuras auxiliares, se calcula por el costo de la cuadrilla por el tiempo necesario para ejecutar esas actividades.

3.2.3.2. Perforación de pozos:

Si se estima por administración, se toma el rendimiento de excavación vertical por cuadrilla y se afecta por el costo de la cuadrilla y no individual, se hace de esta manera debido a la necesidad de alternar a los trabajadores en el frente, por lo reducido del mismo.

Si se estima a destajo, el costo será, el volumen a excavar por el costo de excavación.

3.2.3.3. Excavación a cielo abierto:

En la mayoría de los casos sólo se calcula la mano de obra auxiliar, pues se prefiere hacer las excavaciones con la ayuda de maquinaria.

3.2.3.4. Excavación de túnel:

El costo será, el unitario por metro cúbico por el volumen a excavar en el caso de calcular por destajo.

Para el caso de trabajo por administración se recurre a la fórmula No. 1.

3.2.3.5. Excavación de subdrenaje:

Cuando se necesita subdrenaje, la excavación se estima igual que la excavación de túnel, algunas veces sólo se suma al volumen de la del túnel.

3.2.3.6. Colocación de tubería del subdrenaje:

Es preferible estimarlo sólo por administración, con rendimientos iguales a los de colocación de tubería en zanja superficial, esta similitud del rendimiento se hace balanceando la facilidad de colocación del subdrenaje, con la dificultad de llevar los tubos hasta su lugar de instalación.

3.2.3.7. Relleno de zanja del subdrenaje:

Por administración se estima el movimiento del material desde bajarlo, acarrearlo y colocarlo en la zanja.

Si se estima por contrato el costo unitario es por metro cúbico colocado.

3.2.3.8. Armado de túnel:

Por contrato, el costo es el producto del área por el costo unitario.

Por administración debe conocerse el rendimiento del personal en todas las etapas de la actividad, tales como: El corte, dobleces y amarres para establecer el tiempo necesario de ejecución de la actividad y aplicarle el costo por unidad de tiempo.

3.2.3.9. Fundición de túnel:

Esta es una de las actividades más importantes y es conveniente ponerle atención sobre todo si se estima por

administración; se deben estimar los retrasos en el abastecimiento del concreto y sobre todo el pago extra, cuando trabajan varios turnos los días de fundiciones grandes o continuas.

Para evitar trastornos por horarios es conveniente hacer un programa de trabajo detallado dentro del programa general de la obra, para conocer los días de dos o más turnos e integrarlos en el presupuesto. El costo de la fundición por consecuencia será el tiempo del calendario por el costo-unidad de tiempo del personal contemplado (ver fórmula No. 1).

El costo de fundición a destajo es el costo unitario por el número de metros cúbicos.

Con este método se elabora un calendario de suministro del concreto para evitarle pérdida de tiempo al personal.

3.2.3.10. Excavación de registros:

Esta actividad es recomendable calcularla por subcontrato, aplicando rendimientos y costos a base de experiencia; si se prefiere calcular por administración, es necesario considerar el tiempo utilizado para el movimiento de tarimas y extracción de tierra.

Con el calendario de actividad y el personal que se tomó en cuenta se puede estimar el costo de la actividad (ver fórmula No. 1).

3.2.3.11. Armado de registros:

Al calcular por subcontrato el costo es igual al producto del área de armado por su costo unitario; por administración se hace en función al calendario de trabajo, pues el avance algunas veces va condicionado al avance de la fundición, para aprovechar un solo entarimado para las dos actividades. De este calendario se

excluye la fundición y se obtiene el tiempo de la armadura que se aplica a la fórmula No. 1, para calcular el costo de la actividad.

3.2.3.12. Fundición de registros:

Como se mencionó en la actividad anterior a ésta se le añade el tiempo para preparación del paraleado que es el punto de apoyo de la cimbra.

Cuando se estima a destajo o contrato el costo por metro cúbico de fundición, ya implica los movimientos del paraleado y de cimbras, es así que solo se opera el volumen a fundir.

3.2.3.13. Relleno de pozos:

Se calcula solo por contrato, pues el costo y los rendimientos son muy similares y de poca importancia.

3.2.3.14. Excavación de estructuras especiales:

Para calcular por administración se amplía del calendario general lo referente a las estructuras especiales y el costo es calculado por la fórmula No. 1 o sea que el costo es igual al producto del costo de mano de obra en la unidad de tiempo, por el contemplado en el calendario para esta actividad.

Si es por contrato es esencial tener certeza en el costo unitario que se aplique para evitar incoherencia, entre el costo presupuestado y el real de licitación.

3.2.3.15. Armado de estructuras especiales:

Por administración al hacer el programa se tomará en cuenta el diámetro de acero, los cortes y dobleces, así como el lugar donde se doblarán las varillas para prever transporte y tiempo.

Con el personal tomado en cuenta y el tiempo se determina el costo de la actividad por la fórmula No. 1.

Por contrato se aplica el costo unitario al área de armado o a la cantidad de acero de refuerzo a colocar por unidad de peso.

3.2.3.16. Fundición de estructuras especiales:

Por su complejidad es preferible estimar el costo por administración e incluir en el calendario todos los movimientos necesarios, tales como la colocación de formaletas, paralaje, juntas de construcción y tarimas para el personal. Con el tiempo y el personal necesario se obtiene el costo por actividad en la fórmula No. 1.

Si se conoce el costo por contrato es conveniente aplicarlo para establecer una comparación que puede en estas estructuras ser muy útil.

3.2.4. MAQUINARIA Y VEHICULOS:

“En la construcción de un túnel tiene vital importancia la buena organización del servicio de transportes, tanto para conducir a los trabajadores desde el exterior a los respectivos frentes de trabajo y viceversa, para extraer los materiales provenientes de la remoción, como para el suministro de los materiales del revestimiento provisional o definitivo”. (3)

El equipo puede considerarse como una inversión y como tal debe rendir un interés, razón por la que no puede permanecer ocioso y debe de ser aprovechado al máximo. Con esta premisa es conveniente antes de hacer la estimación, conocer las características, forma de trabajo y formas de pago (en caso de trabajar con maquinaria arrendada) de la maquinaria o vehículos que se incluirán en la estimación.

Cuando la maquinaria y vehículos pertenecen a la compañía y serán amortizados por el trabajo que desempeñen en la obra, que es el método más común de trabajo, el cálculo del costo se facilita y el procedimiento es el siguiente:

Por cualquiera de los métodos de depreciación (si el lector desea ampliar este concepto se recomienda PP 49 No. 7 de la bibliografía), se calcula el costo por unidad de tiempo, de la maquinaria y su eficiencia en esa unidad de tiempo para cada actividad que se le proporcione máquinas y/o vehículos para su ejecución.

Por este método se debe calcular la depreciación de cada tipo de máquina o vehículo y bajo ninguna circunstancia se debe generalizar o estimar el costo por relación de una similar.

La selección de la maquinaria y vehículos a usar, depende de los métodos de construcción que la compañía utilice, por lo que el estimador deberá calcularlos y situarlos en las actividades correspondientes.

3.2.5. EQUIPO Y HERRAMIENTAS:

Este renglón se referirá al equipo no mecánico, pues el equipo mecánico fue tratado como maquinaria y vehículos, es así que para el cálculo del equipo y herramienta, es aconsejable hacerlo con la ayuda de la guía establecida para no obviar ninguna, pues sumados el equipo y herramienta son un gran porcentaje de la eficiencia de la mano de obra.

El cálculo, por la compatibilidad entre ambos, es preferible hacerlo simultáneo así:

3.2.5.1. Operaciones complementarias:

Equipo de oficina para uso exclusivo de la obra y que se usará durante el tiempo de ejecución de la misma.

El equipo se debe listar con sus costos.

La herramienta que será la que se use para perforar.

Las bases de la Guardianía y Bodega, así como en la erección de marcos, también debe ser listada con sus costos para poder conocer al final del presupuesto, la cantidad y costo de herramienta y equipo necesario para cada actividad.

3.2.5.2. Perforación de pozos:

Al listar el equipo necesario para el desarrollo de esta actividad, se toma en cuenta que el personal que laborará aquí es poco, por lo reducido del frente de trabajo, más, en el equipo se debe contemplar todo el necesario aunque parezca exagerado, pero la razón estriba en que el pozo debe funcionar a plenitud desde que se está excavando.

En el equipo se puede enumerar dentro de los métodos de construcción convencionales lo siguiente:

Poleas, toneles o cubas para extracción de tierra, cable de seguridad, cable de acero para enganchar, cable de energía eléctrica, bombillas, cascos, botas de hule, etc.

3.2.5.3. Excavación a cielo abierto:

Sí esta excavación se hace con maquinaria, la mano de obra es baja y en consecuencia el equipo y herramienta también será bajo. En el caso de tener que excavar a mano, este renglón tendrá mucha importancia en el presupuesto.

En cualquiera de los dos casos se debe elaborar el listado de las herramientas y equipo necesarios según el caso.

3.2.5.4.Excavación de túnel:

Aquí empieza a ser de gran importancia el equipo y la herramienta, por el volumen que representan y la variedad de los mismos.

En esta actividad el personal incrementa y tanto el equipo como la herramienta deben ser suficientes y con una reserva, sobre todo en zonas de derrumbes donde es factible perderla por inutilización a causa de derrumbes.

3.2.5.5.Excavación, colocación y relleno de subdrenaje:

En estas actividades la herramienta y el equipo es el mismo que en las actividades anteriores, con el incremento de los bajatubos.

3.2.5.6.Armado del túnel:

Es conveniente considerar en el equipo, guantes de cuero, dobladoras y cortadoras de hierro. En la herramienta grifas y tenazas para manipular el hierro.

3.2.5.7.Fundición de túnel:

Entre el equipo específico, para esta actividad están: La avioneta () o elevador de concreto, las guías de fundición, palas de cabo corto, para la manipulación del concreto.*

(*) Avioneta: Nombre que en la construcción de túneles se le ha dado al depósito para bajar el concreto y consiste en un cilindro con un eje en el centro de masa y una traba que evita el volteo accidental.

3.2.5.8.

Todas las actividades siguientes se llevan a cabo con equipo igual al contemplado en las actividades anteriores; es necesario atender al calendario de ejecución para determinar si es posible utilizar el mismo equipo o si por simultaneidad de actividades o desgaste, es preciso emplear diferente equipo y herramienta o si se conoce de antemano el uso de herramienta especial, se contempla en la actividad adecuada.

3.2.6. SUPERVISION Y ADMINISTRACION:

El costo de la supervisión y administración es conveniente balancearlo en relación al volumen de la obra, para evitar una deformación indirecta del costo de la misma.

Para simplificar el cálculo se han adoptado algunos métodos entre los que se sugieren dos:

- 1) *Estimar el costo de la administración y la supervisión por unidad de tiempo y aplicárselo al tiempo de duración del proyecto.*

Lo complejo de este método está en la determinación del costo por la unidad de tiempo y estimar el personal exacto con sus respectivos salarios; es un método ágil para una compañía que no alterará su personal al contraer un compromiso.

- 2) *Cuando no es fácil determinar el personal y sus salarios se puede recurrir al método de porcentaje, en el que la supervisión y la administración se cargan como un porcentaje fijo del costo de la obra. Este método tiene la desventaja de ser aproximado y que necesita que se cuente con estadísticas anteriores y con experiencia para*

la aplicación del porcentaje, porque en obras grandes no debe ser muy alto y en obras pequeñas, no muy bajo.

De manera que si se utiliza el costo por unidad de tiempo se conoce el costo total y se puede distribuir en las actividades de dos formas:

Una es proporcional al monto de la actividad; la otra es al tiempo de cada actividad en el calendario.

Es necesario decidir la aplicación de una de las dos formas, para que todos los presupuestos estén afectados de la misma manera y los costos unitarios no sufran variaciones aparentes.

Quedan por definirse dos actividades que no fueron tratadas anteriormente y son: Topografía y gastos generales. Estas se calculan así:

3.2.7. Topografía:

El costo de la topografía está compuesto por mano de obra y equipo; se recomienda integrarlo al presupuesto como un costo por obra el que se obtiene del producto de la mano de obra, más depreciación del equipo por unidad de tiempo, por el tiempo especificado en el programa y que debe trabajar la cuadrilla. Este método es aconsejable por su aplicación general, sin distinguir tamaño ni costo de la obra.

3.2.8. Gastos Generales:

“Todos los gastos imputables a una obra y que no hayan sido considerados específicamente en el presupuesto como gastos de materiales o mano de obra, reciben el nombre de **gastos generales** y se incorporan al mismo en forma de porcentaje,

aumentando todos y cada uno de sus rubros que no figuren expresamente detallados.

Los convenios para su valorización varían con el criterio del estimador, pero en general, conviene valorizarlos como un porcentaje de la mano de obra, concepto que se basa en una experiencia correctamente interpretada". (7)

El porcentaje de gastos generales se estudia en cada empresa o institución y para el cálculo el Ingeniero Amando Vides (7) recomienda sumar todos los gastos considerados como generales y repartirlos en forma proporcional al momento de cada partida. Así se puede obtener un porcentaje de los gastos generales de cada obra; además se estudian los gastos separando aquellos que puedan ser cuantificados, haciéndolos formar parte del presupuesto.

Los imprevistos se calculan con las bases especificadas en 2.2.

Para completar el costo del proyecto solo queda por incluir, el porcentaje de gastos por seguros, impuestos y otros gastos, que será proporcionado por el contador.

Para encontrar el costo a licitar, sólo queda por aplicar el porcentaje de ganancia el que es establecido a criterio del estimador o compañía.

GUIA PARA INTEGRAR COSTOS

ACTIVIDADES	RENGLONES DE TRABAJO										SUMA	IMPRE- VISTOS	SUMA	SUPERVISION Y ADMON	COSTO		
	VOLUMENES DE TRABAJO		MATERIALES		MANO DE OBRA		MAQUINARIA Y VEHICULOS		EQUIPO Y HERRAMIENTA						SUMA	TOTAL	UNITARIO
	BASICOS	COMPL.	SUMA														
1 OPERACIONES COMPLEMENTARIAS	3.2.1.1				3.2.2.1	3.2.3.1	3.2.4	3.2.5.1									
2 PERFORACION DE POZOS	3.2.1.2				3.2.2.2	3.2.3.2	3.2.4	3.2.5.2									
3 EXCAVACION A CIELO ABIERTO	3.2.1.3				3.2.2.3	3.2.3.3	3.2.4	3.2.5.3									
4 EXCAVACION DE TUNEL	3.2.1.4				3.2.2.4	3.2.3.4	3.2.4	3.2.5.4									
5 EXCAVACION DE SUBDRENAJE	3.2.1.5				3.2.2.5	3.2.3.5	3.2.4	3.2.5.5									
6 COLOCACION TUBERIA DE SUBDRENAJE	3.2.1.6				3.2.2.6	3.2.3.6	3.2.4	3.2.5.5									
7 RELLENO ZANJA DE SUBDRENAJE	3.2.1.7				3.2.2.7	3.2.3.7	3.2.4	3.2.5.5									
8 ARMADO DE TUNEL	3.2.1.8				3.2.2.8	3.2.3.8	3.2.4	3.2.5.6									
9 FUNDICION DE TUNEL	3.2.1.9				3.2.2.9	3.2.3.9	3.2.4	3.2.5.7									
10 EXCAVACION DE REGISTROS	3.2.1.10				3.2.2.10	3.2.3.10	3.2.4	3.2.5.8									
11 ARMADO DE REGISTROS	3.2.1.11				3.2.2.11	3.2.3.11	3.2.4	3.2.5.8									
12 FUNDICION DE REGISTROS	3.2.1.12				3.2.2.12	3.2.3.12	3.2.4	3.2.5.8									
13 RELLENO DE POZOS	3.2.1.13				3.2.2.13	3.2.3.13	3.2.4	3.2.5.8									
14 EXCAVACION DE ESTRUCTURAS ESPECIALES	3.2.1.14				3.2.2.14	3.2.3.14	3.2.4	3.2.5.8									
15 ARMADO DE ESTRUCTURAS ESPECIALES	3.2.1.15				3.2.2.15	3.2.3.15	3.2.4	3.2.5.8									
16 FUNDICION DE ESTRUCTURAS ESPECIALES	3.2.1.16				3.2.2.16	3.2.3.16	3.2.4	3.2.5.8									
17 ACTIVIDADES EXTRAS	3.2.1.17																
18 TOPOGRAFIA					3.2.7	3.2.7											
19 GASTOS GENERALES					3.2.8	3.2.8											
TOTALES																	

ESTE CUADRO, PRESENTA LA FORMA DE OBTENER DIRECTAMENTE EL COSTO POR ACTIVIDAD (TOTAL Y UNITARIO), Y EL COSTO POR RENGLONES DE TRABAJO; ESTO FACILITA LA DISTRIBUCION DE LOS COSTOS DE: SUPERVISION, ADMINISTRACION, IMPREVISTOS, GANANCIAS, IMPUESTOS, Y OTROS QUE SON PORCENTUALES AL MONTO DE LA ACTIVIDAD,

LOS NUMEROS EN LAS CASILLAS INDICAN EL INCISO DEL CAPITULO, "DESARROLLO DEL PRESUPUESTO", EN EL QUE SE DESCRIBE LA FORMA DE OBTENER EL COSTO.

4 - VARIACIONES DE LOS COSTOS POR CARACTERISTICAS ESPECIALES

La variación del costo es el incremento o decremento de la estimación en el cálculo del presupuesto. Las variaciones ocurren por algunas características que pueden jerarquizarse así:

4.1. CARACTERISTICAS GEOLOGICAS:

4.1.1. Calidad del suelo:

Es una característica muy importante en la estimación del costo de un túnel, lo primero que se ve afectado por la dureza del suelo es el costo de la excavación en que se incrementa: La mano de obra en el supuesto de trabajar a mano, aumenta el costo de operación, mantenimiento y depreciación en el caso de trabajar con excavación mecánica. Cuando el material es muy duro la actividad en el calendario de ejecución se prolonga, incidiendo en la obra y en consecuencia en los costos de administración y dirección.

Por otro lado, si el material es muy suave la excavación puede ser que tenga un costo muy bajo, pero se debe prever el caso en que las características (cohesión y ángulo de fricción interna) del suelo, no sean suficientes para mantener la acción de arco y provoque asentamientos o derrumbes, lo que obliga a una estructura falsa o un método especial de trabajo no previsto anteriormente, que motive aumento de costos.

Otro renglón de trabajo que se ve directamente afectado por la dureza del suelo es la fundición, pues si el suelo no tiene la consistencia deseada para tallar la excavación, el volumen de fundición aumenta puesto que la sobre excavación hasta un

cierto rango será llenada con concreto que es uno de los elementos de más alto valor en la construcción de un túnel.

4.1.2. Inclinación de los estratos:

Es otro problema geológico que afecta los costos, las fallas geológicas o la separación de estratos, tienen una incidencia inversamente proporcional al ángulo que formen con la horizontal por la cuña formada en la corona de la excavación, razón de derrumbes o fallas en el túnel después de construido. Para evitar esta probabilidad, se utiliza una estructura más resistente en la zona afectada y en consecuencia hay un incremento de costo en el tramo.

4.1.3. Nivel de la napa freática:

Cuando se proyecta un túnel se hace un estudio hidrogeológico para conocer el nivel freático, si está por encima del túnel diseñado se prepara el método de trabajo más conveniente, este cualquiera que sea representa un costo más elevado que el de la construcción en terreno normal.

4.2. CARACTERISTICAS DE DISEÑO:

4.2.2. Profundidad de construcción:

Es uno de los principales factores de variación de los costos unitarios y las razones son las siguientes:

- 1) *Las variaciones del tiempo de transporte entre la galería y la superficie, así como el costo de los servicios a través del pozo.*
- 2) *Las vibraciones que pueden afectar la estructura del suelo por la cercanía a la superficie.*

- 3) *La profundidad origina, dificultades de ventilación debido al retardamiento del efecto de sifón natural, lo que obliga a un sistema de ventilación mecánica, que incrementa el costo del túnel.*

4.3. CARACTERISTICAS HUMANAS:

4.3.1. Dirección:

La dirección y organización es una tarea difícil, el constructor debe mantener la moral muy alta entre los trabajadores, seleccionar el equipo adecuado para las necesidades y conservarlo en buen estado para no arriesgar vidas humanas, además de sostener el record de producción.

Todos estos factores están bajo el control del constructor, quién en gran parte será responsable de las fluctuaciones del costo de la obra.

4.3.2. Mano de obra:

La mano de obra la representa el elemento humano y hay que pensar en algunos factores tanto personales como de ambiente físico y social. De estos los que generalmente se toman en consideración y que inciden en forma directa en el costo de un túnel son:

- El clima que crea un rendimiento proporcional a las condiciones de humedad y temperatura.*
- La calidad de la mano de obra (capacidad y experiencia).*
- Las costumbres locales (tradiciones religiosas o costumbristas; fiestas y obligaciones mayores).*

- *El sistema de pago (semanal, quincenal, fijo o variable).*
- *Las condiciones de trabajo imperantes en el frente (falta de ventilación, humedad o agua, falta de herramienta).*
- *Seguridad que se le ofrezca a los trabajadores (prevención de accidentes).*

5 - ANALISIS Y COMPARACION DE LOS COSTOS

El estimador de costos puede recurrir a dos fuentes de información para comprobar sus resultados.

La primera es cuando no se tiene experiencia en la elaboración de presupuestos para túneles y puede recurrir a la experiencia de otros estimadores o a coeficientes globalizados de otras obras o presupuesto.

La segunda cuando se tiene la experiencia de alguna obra presupuestada en la cual se ha contado con cualquiera de las dos fuentes básicas de información que están constituidas por dos técnicas afines, pero de cuantificación diferente y son: "La Contabilidad de Costos" y "El Control de Costos de Ingeniería". Estos producen sus datos que son costos unitarios reales llamados costos finales, pero a estos es conveniente aplicarles las diferencias producidas por las características especiales, compararlas con los costos estimados, que han sido obtenidos en la integración efectuada que son los que regirán a la obra en proyecto.

El costo estandar será corregido mediante las variaciones de los costos parciales, que pueden ser negativas y positivas, dependiendo de las condiciones especiales de cada obra.

Para la correcta comparación de los costos durante el proceso, el contador debe conocer la política que se siguió en la elaboración del presupuesto, para poder así, comparar los costos unitarios en forma directa.

Para que sea efectiva debe llevarse en forma paralela, otro control que indique el porcentaje de la obra efectuada en relación a lo programado.

En este estudio se recomienda para el análisis comparativo, el control de costo, porque trabaja con costos promedio y con períodos de tiempo relativamente cortos, tales como: Quincenales o mensuales; con lo que facilita el control permanente del costo de la obra y sus variaciones.

Para el análisis es necesario elaborar un cuadro que sea representativo y general, que sirva para la comparación de los costos unitarios por actividad así:

Actividad	Costo Estandar	Variaciones por Características Especiales (+) o (-)	Costo real	Costo calculado en presupuesto	Diferencia
1	A	- a	A-a	Λ	α
2	B	+b	B+b	\mathcal{B}	β
3	C	+c	C+c	Γ	γ
4	D	+d	D+d	Δ	δ
5	E	- e	E-e	E	ϵ

DESCRIPCION:

Las actividades tomadas en cuenta son aquellas que participan en el presupuesto de la obra en estimación.

El costo estandar es el resultado del control de costos que ha sido refinado con la experiencia de una cadena de obras ejecutadas y procesadas con la ambición de obtener los datos más reales.

En la tercera columna se encuentran las características especiales que son los costos que representan los elementos geológicos, humanos y de diseño que varían en la obra que se ha

presupuestado con relación a las obras de las cuales se tomó el costo estandar. Estas variaciones pueden ser positivas o negativas, según la dificultad o facilidad de construcción de la obra que se está comparando.

En la cuarta columna se encuentra el costo real, que se obtiene de la suma de el costo estandar con las variaciones especiales. Es de hacer notar que esta es una suma algebraica, por la probabilidad de que el costo de las variaciones especiales sea negativo, por ejemplo: El caso en que la obra en comparación sea más sencilla que las que se utilizaron para obtener el costo estandar.

En la quinta columna se encuentra el costo unitario presupuestado, que se ha calculado por el cociente del costo de la actividad y el volumen de trabajo.

En la sexta columna, está situada la diferencia entre el costo calculado y el costo real, esta diferencia proporciona los resultados finales de la situación del presupuesto; se recomienda que no sea mayor que un porcentaje pre-establecido, de las cantidades en comparación. Una variación aceptable es del 50/o.

Cuando la diferencia sobrepasa a la establecida, el estimador está obligado a revisar sus cálculos en un orden regresivo con respecto a la tabla presentada; si la diferencia no es aceptable al llegar al costo estandar, es recomendable recurrir a la contabilidad de costos, para que efectúe una revisión a los procedimientos utilizados en el control de costos o que la contabilidad proporcione los datos necesarios para efectuar la comparación. Cuando se recurre a la contabilidad, es preferible que sea a la de costos, porque es, la que con más facilidad puede proporcionar información, aunque algunas empresas por su carácter de pequeñas o por algunas otras razones, no contemplan contabilidad de costos entre sus controles.

Algunas actividades no pueden ser introducidas al cuadro de comparación, porque carecen de volúmenes de trabajo, estas requieren ser analizadas por un método diferente al costo unitario y puede ser, por el porcentaje con respecto al costo total de la obra o bien al número de frentes de trabajo que es aplicable en las operaciones complementarias.

6 - CONCLUSIONES

La construcción de túneles en Guatemala no ha evolucionado al ritmo del desarrollo económico social, por lo que se cree conveniente aportar, por medio de este trabajo algunos elementos básicos, producto de la experiencia para promover este tipo de infraestructura tan necesario en el desarrollo del país.

Para la integración de costos es necesario considerar los elementos básicos como son la técnica, el tiempo y el costo. La tecnología se aplica en los procesos constructivos en forma concurrente con la programación, que permite la posibilidad de realizar cualquier obra en condiciones óptimas de tiempo y el costo tiene una relación íntima y directa con la tecnología y el tiempo.

El Ingeniero, Estimador de Costos para Túneles, debe aunar a su experiencia profesional la capacidad para analizar, definir y solucionar los problemas específicos inherentes a la construcción de túneles.

Es necesario contar con un costo estandar, que sea base de comparación de los costos calculados. Este costo estandar, proviene de dos fuentes básicas que son: El control de costos de ingeniería y la contabilidad de costos.

El estimador debe calcular todos los renglones de trabajo y todas las actividades, por monótono y rutinario que le parezca, a menos que su experiencia le indique caminos cortos o que tenga los criterios suficientes, para determinar qué datos puede tomar como constantes en el cálculo del costo de un túnel.

El estimador sin experiencia en túneles deberá contemplar los materiales, mano de obra, maquinaria y vehículos, equipo específico, sus especificaciones y que sea adecuado para los métodos de ejecución planificados, para esto se puede valer de asesoría de personas con experiencia o recomendaciones de los fabricantes de maquinaria y equipo.

Para el estimador novato en construcción de túneles, le será de gran ayuda la guía, que presenta este trabajo, pues está elaborado con base metodológica experimental.

Los túneles, son obras bajo tierra, menos objetivas al público, sin embargo son de gran beneficio social a la comunidad en general, más que otras obras que son ornamentales y de alto costo.

7 - BIBLIOGRAFIA

- 1 *Estimating For The Building Trades*
 - Joseph Steinberg
 - Martín Stempel
 - 1ra. Edición E.E. U. U.
 - Editado por
 - American Society
 - 1965 pp 1-5

- 2 *Estimating Construccion Costs.*
 - R.L. Peurifoy
 - 1ra. Edición E.E. U. U.
 - Editado por McGraw-Hill Book Company. Inc.
 - 1953 pp 29-30

3. *Túnel Colector Reformita Mariscal Roosevelt*
 - Tesis de Graduación*
 - Ing. Jorge Orellana Zúñiga
 - 1964

- 4 *Manual de Construcción de Túneles para Drenajes en el Subsuelo de la Ciudad de Guatemala*
 - Tesis de graduación*
 - Ing. Mario García Ovalle
 - 1971

5 *Costo y Tiempo en Edificación*


- *Ing. Carlos Suárez Salazar*
- *Segunda Edición – México*
- *Editorial Limusa-Wiley, S.A.*
- *1971*


6 *Contabilidad y Control de Costos*


Cecil Gillespie, M.B.A.
Primera Edición 1961 México
Editorial Diana S.A.
Traducido de
“Cost Accounting and Control”
por Jeronimo Fernández, C.P.T.

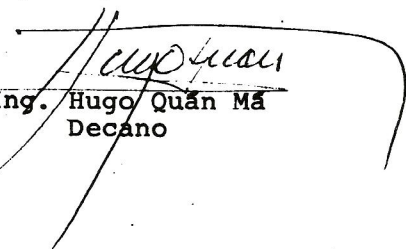
7 *Análisis y Control de Costos de Ingeniería*

Ing. Amando Vides Tobar
Segunda impresión 1971
Editorial Piedra Santa, marzo 1971
Guatemala


Br. Jesús Augusto García Ibañez
Sustentante

Vo.Bo.

Ing. Mario Rojas Valle
Asesor

Vo.Bo.

Ing. Manuel Angel Castillo B.
Director de Escuela de Ingeniería
Civil

Imprimase:

Ing. Hugo Quán Mā
Decano