



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

**METODOLOGÍA DE ACTIVIDADES Y CÁLCULO DE  
PRECIOS UNITARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE  
CARRETERAS**

**David Antonio Luna González**  
**Asesorado por: Ing. Augusto René Pérez Méndez**

**Guatemala, febrero de 2006**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**METODOLOGÍA DE ACTIVIDADES Y CÁLCULO DE  
PRECIOS UNITARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE  
CARRETERAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**DAVID ANTONIO LUNA GONZÁLEZ**

ASESORADO POR: Ing. AUGUSTO RENÉ PÉREZ MÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2006

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Amahan Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruíz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivonne Vargas Véliz

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL**  
**PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuel Milson
EXAMINADOR	Ing. Augusto René Pérez Méndez
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordóñez Morales
EXAMINADOR	Inga. Blanca Celia Prado de León
SECRETARIO	Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **METODOLOGÍA DE ACTIVIDADES Y CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS,**

tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 9 marzo de 2,005.



**DAVID ANTONIO LUNA GONZÁLEZ**

Guatemala, 13 de octubre de 2005.

Ingeniero

René Rolando Vargas Oliva

Jefe del Departamento de Transportes, Escuela de Ingeniería Civil

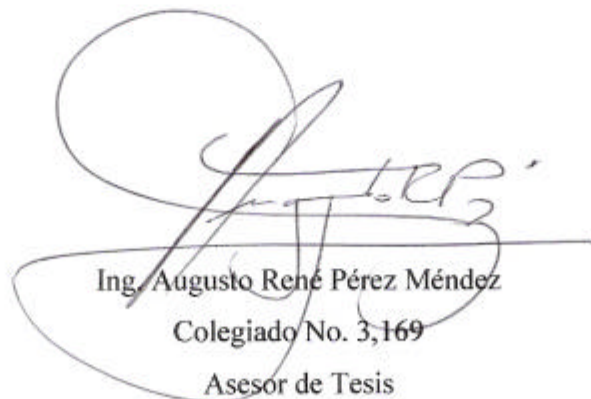
Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero:

Por medio de la presente me permito informarle que luego de revisar el trabajo de graduación titulado: **METODOLOGÍA DE ACTIVIDADES Y CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS**, desarrollado por el estudiante universitario David Antonio Luna González, lo considero satisfactorio y bien elaborado, por lo que doy mi aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de usted atentamente,



Ing. Augusto René Pérez Méndez  
Colegiado No. 3,169  
Asesor de Tesis  
Augusto René Pérez Méndez  
INGENIERO CIVIL  
Colegiado 3169



Guatemala, 16 de enero 2006

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero  
Oswaldo Romeo Escobar Álvarez  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Escobar Álvarez.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **METODOLOGÍA DE ACTIVIDADES Y CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil David Antonio Luna González, quien contó con la asesoría del Ing. Augusto René Pérez Méndez.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. René Rolando Vargas Oliva  
Jefe del Departamento de Transporte



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

Abdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Augusto René Pérez Méndez y del Jefe del Departamento de Transporte, Ing. René Rolando Vargas Oliva, al trabajo de graduación del estudiante David Antonio Luna González, titulado METODOLOGÍA DE ACTIVIDADES Y CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Oswaldo Román Escobar Álvarez



Guatemala, febrero 2006.

/bbdeb.





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **METODOLOGÍA DE ACTIVIDADES Y CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS**, presentado por el estudiante universitario **David Antonio Luna González** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, febrero 20 de 2,006

/gdech

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- DIOS** Por haberme dado la oportunidad de realizar un sueño que inicia con mi carrera universitaria, y pido la oportunidad de culminarlo sirviendo a la sociedad.
- Mis padres** David Luna Hernández y Rosa Gonzáles Barrillas, por darme todo su apoyo y comprensión para alcanzar todo lo que tengo, Dios los Bendiga y los guarde.
- Ing. asesor** Ing. Augusto René Pérez Méndez, por ser maestro, amigo y formador de lo que hasta la fecha he alcanzado. Gracias por creer en mí.
- Los ingenieros** Guillermo Enrique Anzuetto Barrios e Ing. Freddy Enrique Sierra Och. Por ser formadores de mi profesión y confiar en mí.
- La señorita** Marta Isabel Cano, por su valiosa colaboración en la elaboración del presente trabajo.
- LA VIDA** Que me ha permitido avanzar hasta donde he llegado, y por darme la oportunidad de conocer muchas personas y lugares.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>DIOS</b>	TODO PODEROSO
<b>MIS PADRES</b>	David Luna Hernández y Rosa González Barrillas.
<b>MIS HERMANOS</b>	Lilian Merciny, Rosa Elizabeth, Lester Fernando y Samuel Enrique.
<b>MIS SOBRINAS</b>	Jayli Daniela, Lilian Maria y Dariana Abigail.
<b>MIS TIOS Y PRIMOS</b>	A Todos en general.
<b>MIS AMIGOS</b>	Luis Sapón, Hamilton Pérez, Oswaldo Aceytuno, Juan Herrera, Maria Aceytuno, Carla Godinez,
<b>MIS COMPAÑEROS</b>	Fernando Pérez, Jerik Axpuc, Guillermo García, Sergio Morales, William García, Eric Camey.
<b>MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO</b>	Marta Cano, Lorena Lemus, Sandra Gasparico, Alba Tiño (+), Sergio Gómez, Cesar, Walter, Luis, Ing. Mario Meléndez, Miguel Ángel Pú.
<b>ALGUIEN ESPECIAL</b>	Sandra I. Aceytuno A.
<b>MI TRABAJO</b>	Constructora Gsed-Alfa
<b>LA FACULTAD</b>	de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>VIII</b>
<b>ABREVIATURAS</b>	<b>X</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XI</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XIII</b>
<b>1. ASPECTOS GENERALES</b>	<b>1</b>
1.1. Fases de la preparación de un proyecto	3
1.1.1. Idea del proyecto	4
1.1.2. Perfil del proyecto	4
1.1.3. Prefactibilidad	7
1.1.4. Factibilidad	8
1.2. Diseño de carreteras	9
1.2.1 Preliminar de campo y gabinete	9
1.2.2 Diseño y cálculo de localización	10
1.2.3 Localización de campo	11
1.2.4 Movimiento de tierras	13
1.2.4.1 Diseño de sub-rasante	14
1.2.4.2 Cálculo de sub-rasante	16
1.2.4.3 Dibujo de secciones típicas	16
1.2.4.4 Cálculo de volúmenes	17
1.2.4.5 Cálculo de balance	17
1.2.5 Drenajes	18
1.2.6 Derecho de vía	19
1.2.6.1 Ploteo y cálculo de área	19
1.2.6.2 Plano de registro	20

1.2.7	Juego de planos	20
1.3	Contenido básico de una oferta y un contrato	21
1.3.1	Instrucciones a los licitantes	22
1.3.2	Condiciones del contrato	23
1.3.3	Especificaciones técnicas	26
1.3.4	Planos y lista de cantidades	28
1.3.5	Garantías	28
<b>2.</b>	<b>MAQUINARIA UTILIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS</b>	<b>31</b>
2.1	Criterios para la selección de maquinaria	32
2.1.1	Trabajo de operación específica a realizar	32
2.1.2	Especificaciones de construcción	33
2.1.3	Movilidad requerida por el equipo	33
2.1.4	Tiempo programado para hacer el trabajo	34
2.2	Características básicas de la maquinaria	34
2.2.1	Maquinaria para corte y excavación	36
2.2.2	Maquinaria para carga	41
2.2.3	Maquinaria para acarreo	45
2.2.4	Maquinaria de conformación y afinamiento	47
2.2.5	Maquinaria para compactación	50
2.2.6	Maquinaria para pavimentación	58
2.2.6.1	Maquinaria para pavimentación con materiales asfálticos	58
2.2.6.2	Maquinaria para pavimentación de concreto	60
2.3	Factores del rendimiento de la maquinaria	61
2.3.1	Naturaleza del material para terracerías	63
2.3.2	Habilidad del trabajador con el equipo	65
2.3.3	Influencia de las variaciones atmosféricas	65
2.3.4	Eficiencia óptima	66
2.4	Optimización de la maquinaria en el proceso de construcción de una carretera	68
2.4.1	Selección de maquinaria	68

2.4.2	Diseño y mantenimiento de caminos de acceso	69
2.4.3	Planeación y administración del área de carga	69
2.4.4	Formación del terraplen	70
2.4.5	Mezcla y tendido de los materiales	70
2.4.6	Técnicas de pavimentación	70
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE</b>	
	<b>CARRETERAS</b>	<b>71</b>
3.1	Movimiento de tierras	72
3.1.1	Retiro de estructuras, servicios existentes y obstáculos	72
3.1.2	Limpia, chapeo y destronque	73
3.1.3	Excavaciones y terraplenes	74
3.1.3.1	Excavaciones	74
3.1.3.2	Terraplenes	75
3.1.3.3	Relleno para estructuras	75
3.1.4	Acarreo libre y acarreo	76
3.1.5	Uso de explosivos	76
3.2	Terraplenes estructurales	77
3.2.1	Zampeado	78
3.2.2	Muros o rellenos de roca	79
3.2.3	Gaviones y colchones para revestimiento	79
3.3	Sub-bases y bases	81
3.3.1	Tratamiento para sub-rasante	81
3.3.2	Capa de sub-base	85
3.3.3	Capa de base	86
3.4	Pavimentos asfálticos	87
3.4.1	Concreto asfáltico	88
3.4.2	Mezcla asfáltica en frío	89
3.4.3	Tratamientos superficiales	89
3.4.4	Riego de imprimación	91
3.4.5	Riego de liga	92
3.4.6	Sellos asfálticos	92

3.5 Pavimentos rígidos	93
3.6 Estructuras	94
3.7 Estructuras de drenaje	95
3.7.1 Alcantarillas	96
3.7.2 Sub-drenajes	98
3.7.3 Cajas y cabezales para alcantarillas	99
3.7.4 Cunetas revestidas	100
3.7.5 Bordillos	101
3.8 Construcciones complementarias	102
3.9 Aspectos ambientales	103
<b>4. CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS</b>	<b>105</b>
4.1 Aspectos generales	105
4.2 Variables de cálculo de precios unitarios	106
4.2.1 Visita de campo	107
4.3 Rendimientos de la maquinaria	108
4.4 Cuadro de cantidades de trabajo	110
4.4.1 Ventajas de contratación por la modalidad de precio unitario	110
4.5 Cuadro de precios unitarios	112
4.5.1 Metodología para el cálculo de precios unitarios	115
4.6 Cronograma de actividades	140
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>142</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>143</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>144</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Fotografía Tractor de banda	37
2	Fotografía Excavadora de banda	40
3	Fotografía Excavadora de llanta	41
4	Fotografía Cargador frontal	42
5	Fotografía Retroexcavadora	44
6	Fotografía Camión de volteo	45
7	Fotografía Volqueta	46
8	Fotografía Motoniveladora	48
9	Gráfica 1. Humedad-Densidad (Proctor)	51
10	Gráfica 2. Equipo de compactación, suelo	52
11	Fotografía Compactador pata de cabra	54
12	Fotografía Compactador de neumáticos	55
13	Fotografía Compactador de rodillo liso	56
14	Fotografía Distribuidora de asfalto	58
15	Fotografía Finisher	59
16	Fotografía Limpia, Chapeo y destronque	73
17	Fotografía Barrenación con Track-drill para uso de explosivos	75
18	Fotografía Construcción de muro de Gaviones	80
19	Fotografía Procedimiento de Construcción de sub-rasante	82
20	Fotografía Trabajos de topografía	83
21	Fotografía Densidad de campo	84
22	Fotografía Micropavimento	93
23	Fotografía Colocación de tubería metálica	97
24	Fotografía Sub-drenaje	99
25	Fotografía Construcción de cajas	100



26	Fotografía Construcción de cunetas y bordillos	101
27	Fotografía Señales de tráfico	102
28	Fotografía Pintura	103
29	Fotografía Siembra de grama	104

## TABLAS

I	Porcentaje de dilatación y contracción de los materiales	64
II	Factores de eficiencia	67
III	Cuadro 1. Rendimiento de actividades	109
IV	Cuadro 2. Cantidades de trabajo	111
V	Cuadro 3. Ejemplo Uno Integración de precios unitarios	113
VI	Cuadro 4. Ejemplo Dos Integración de precios unitarios	114
VII	Cuadro 5. Ejemplo Tres Integración de precios unitarios	118
VIII	Cuadro 6. Planos Finales de la Obra Construida	119
IX	Cuadro 7. Limpia, Chapeo y Destronque	120
X	Cuadro 8. Excavación no Clasificada	121
XI	Cuadro 9. Excavación no Clasificada de Desperdicio	122
XII	Cuadro 10. Excavación no Clasificada en Roca	123
XIII	Cuadro 11. Acarreo	124
XIV	Cuadro 12. Reacondicionamiento de Sub-rasante	125
XV	Cuadro 13. Capa de Sub-base Granular (e=0.25m)	126
XVI	Cuadro 14. Capa de Base Triturada (e=0.20m)	127
XVII	Cuadro 15. Riego de Imprimación	128
XVIII	Cuadro 16. Concreto Asfáltico (e=0.06)	129
XIX	Cuadro 17. Cemento Asfáltico para Concreto Asfáltico	130
XX	Cuadro 18. Riego de Liga	131
XXI	Cuadro 19. Suministro, Provisión y colocación alcantarilla 30"	132
XXII	Cuadro 20. Suministro, Provisión y colocación alcantarilla 42"	133

XXIII	Cuadro 21. Mampostería	134
XXIV	Cuadro 22. Concreto Ciclópeo para muros	135
XXV	Cuadro 23. Gaviones	136
XXVI	Cuadro 24. Geotextil	137
XXVII	Cuadro 25. Cunetas Revestidas de Concreto	138
XXVIII	Cuadro 26. Bordillo	139
XXIX	Cuadro 27. Programa de Trabajo	141

## GLOSARIO

<b>Carretera</b>	Vía de tránsito público construida dentro de los límites del derecho de vía.
<b>Contratista</b>	Persona individual o jurídica con quien se suscribe el contrato para la ejecución de una obra o servicio.
<b>Contrato</b>	Instrumento jurídico suscrito entre la institución licitante y la empresa Contratista, en donde se norman los derechos y obligaciones de ambas partes para la ejecución de un determinado proyecto.
<b>Contracción</b>	Es el acomodamiento de las partículas de suelo, debido a la acción de compactación.
<b>Derecho de vía</b>	Área de terreno que el Estado suministra para ser usada en la construcción de la carretera.
<b>Dilatación</b>	Es el aumento del volumen de material, debido a una acción de excavación o detonación.
<b>Factibilidad</b>	Evaluación de los indicadores para determinar la posibilidad de ejecutar un proyecto o no.
<b>Gerente de obra</b>	O superintendente, es el jefe ejecutivo quien dirige la construcción del proyecto, Ingeniero Civil colegiado activo.
<b>Licitación</b>	Procedimiento para contratar la ejecución de obras.

<b>Metodología</b>	Procedimiento sistemático que describe la forma de llevar a cabo una acción.
<b>Oferta</b>	Propuesta que presenta por escrito la empresa interesada para participar en la ejecución de una obra.
<b>Precalificación</b>	Es el análisis de la capacidad técnica y financiera, organización empresarial y experiencia, que se hace a las empresas interesadas en presentar ofertas para la ejecución de obras, con el objeto de inscribirla en el Registro de Precalificados.
<b>Precio Unitario</b>	Valor económico por unidad de medida para la ejecución de un renglón de trabajo.
<b>Registro de Precalificados</b>	Es la entidad del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, encargada de precalificar a las empresas.
<b>Supervisor</b>	O delegado residente, encargado de velar por la calidad de los trabajos y por la correcta ejecución de los mismos.
<b>Terraplén</b>	Son los depósitos de material debidamente compactados que se realizan sobre terreno natural para alcanzar el nivel de sub-rasante.

## ABREVIATURAS

<b>CBR</b>	Valor Soporte California
<b>CIV</b>	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda
<b>COVIAL</b>	Unidad Ejecutora de Conservación Vial
<b>DGC</b>	Dirección General de Caminos
<b>FIS</b>	Fondo de Inversión Social
<b>FONAPAZ</b>	Fondo Nacional para la Paz
<b>IETAAP</b>	Impuesto Extraordinario Temporal de Apoyo a los Acuerdos de Paz
<b>IGSS</b>	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social
<b>INTECAP</b>	Instituto Técnico de Capacitación y Productividad
<b>IRTRA</b>	Instituto de Recreación de los trabajadores
<b>ISR</b>	Impuesto Sobre la Renta
<b>IVA</b>	Impuesto al Valor Agregado
<b>PC</b>	Principio de Curva
<b>PI</b>	Punto de Intersección
<b>PIV</b>	Punto de Intersección Vertical
<b>PT</b>	Principio de Tangente
<b>PU</b>	Precio Unitario
<b>OC</b>	Orden de Cambio
<b>ONG´S</b>	Organización No Gubernamental
<b>OTS</b>	Orden de Trabajo Suplementario
<b>TPDA</b>	Tránsito Promedio Diario Anual
<b>U</b>	Unidad

## RESUMEN

Los proyectos de carreteras inician con la necesidad de transportar personas y productos de un lugar a otro, la construcción debe justificarse mediante un estudio de factibilidad. Luego, se procede al diseño geométrico de la misma, de donde se obtiene un juego de planos y la lista de cantidades de trabajo que servirán de base para convocar a licitación y proceder a la selección de la oferta de la empresa constructora que ejecutará el proyecto, previo a la firma de un contrato.

El conocimiento de la maquinaria utilizada para la construcción de carreteras, es de gran importancia, ya que, juega un papel determinante en la ejecución del proyecto, además conlleva un costo elevado. Por lo tanto, se describen los criterios para la selección, las características básicas, los factores del rendimiento y la optimización en el proceso de construcción.

Para ampliar los conocimientos del tema, es necesario mencionar la metodología de actividades para la construcción de carreteras, de una forma práctica y de fácil comprensión, algunas de las actividades más comunes, involucrando la maquinaria, equipo, materiales y personal, así como la función que cada uno tiene en el proceso constructivo.

El cálculo de precios unitarios es imprescindible, para integrar el precio total de un proyecto, para presentar ofertas en cotizaciones para la ejecución de proyectos. Es importante mencionar, que el éxito de una empresa depende en gran parte de esta integración. La cual debe incluir los gastos de: la maquinaria, equipo y herramienta, el personal de campo y administrativo, los materiales de construcción, los gastos de oficina, impuestos, fianzas y el porcentaje de utilidad que se pretende obtener, incluyendo cualquier imprevisto.

# OBJETIVOS

## General

Crear un documento de apoyo al estudiante y profesional de ingeniería interesado en la construcción de carreteras que describa en forma práctica y técnica, la metodología empleada para realizar las distintas actividades de construcción de carreteras. Además, dar a conocer la importancia de un adecuado cálculo de precios unitarios de cada actividad y las variables que lo afectan, como parte del éxito de una empresa para alcanzar proyectos.

## Específicos

1. Introducir al lector en los aspectos generales que comprende la construcción de carreteras, desde el surgimiento de la necesidad hasta la firma de un contrato.
2. Reconocer la importancia, que tiene el conocimiento de la maquinaria para el proceso de construcción de carreteras.
3. Describir de forma práctica y comprensible, la metodología de las actividades más importantes para la construcción de carreteras, involucrando la maquinaria, equipo, materiales y personal, así como la función que cada uno tiene en el proceso constructivo.
4. Determinar el procedimiento de cálculo de precios unitarios de cada actividad y las variables que intervienen.
5. Presentar formatos de los cuadros utilizados para el control de un proyecto de carreteras: cuadro de cantidades de trabajo, cuadro de precios unitarios, cronograma de actividades, cuadros para control de la maquinaria y personal.

## INTRODUCCIÓN

La construcción de carreteras es un proceso que se realiza desde mucho tiempo atrás y con el pasar de los años se ha logrado avanzar en tecnología para realizar el proceso más eficiente, pero la esencia se mantiene, crear carreteras confortables, seguras y en la medida de lo posible económicas, factores importantes que se toman en cuenta para el diseño y que no deben ser sacrificados tan fácilmente.

En nuestro medio, se ha escuchado en alguna ocasión comentarios como el siguiente: las carreteras de antes eran mejores que las de ahora, comentario que debe preocupar a los profesionales de la ingeniería vial, ya que, de manera contraria, se debería mejorar la calidad de nuestra infraestructura vial, debido al avance de la tecnología.

Pero a pesar de lo anterior, no existe una diferencia significativa, en relación con la metodología de actividades para la construcción de carreteras en el pasado, prueba de ello es que las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, utilizadas fueron las del año 1975 y hasta el 2001 se realizó una nueva edición de las mismas. En donde dice literalmente un párrafo de su prólogo: Siendo las Especificaciones Generales un medio de legislar o de normar, no contiene los criterios que sirvieron para establecerlas. Se recomienda la formulación del Manual de Construcción que es el documento que sirve para establecer el criterio de razonamiento para su aplicación. Es aquí donde resalta uno de los puntos más importantes que sirvieron para el desarrollo de la presente investigación.

El problema principal que se pretende solucionar, se basa en la necesidad de contar con un documento que sirva de guía, para la elaboración de proyectos



de construcción de carreteras y lograr con él la optimización de recursos y materiales empleados en todas las actividades que lo conforman. Dirigida al estudiante y profesional de ingeniería que se esté iniciando en esta rama.

Debido a que Guatemala es un país en vías de desarrollo, necesita de infraestructura básica para poder desarrollarse, incluyendo la construcción de obras viales, las cuales ayudan a la población a tener acceso de comunicación rápida, transporte de productos, disponibilidad a los servicios básicos y mejoras en el nivel de la población. Pero está limitado por el problema económico que afronta el país y no permite la inversión en gran escala en proyectos de carreteras para solucionar el estado actual del sistema vial y de construcción de proyectos carreteros nuevos.

De aquí nace, el segundo punto de importancia para el desarrollo del presente trabajo de graduación, pues como profesionales en la rama de carreteras se debe conocer el procedimiento de cálculo de precios unitarios de las actividades que componen un proyecto; porque son la base fundamental para alcanzar contratos de construcción y depende de ello, el crecimiento de una empresa, con un adecuado cálculo obtendremos los márgenes de ganancia necesarios, o, en caso contrario, llevará al fracaso de la misma.

La estructura del presente trabajo de graduación consta de cuatro capítulos, complementados entre sí. En el primero, se mencionan los aspectos generales que contemplan, desde el surgimiento de la necesidad del proyecto, hasta el inicio de las actividades, por medio de la suscripción de un contrato. En el segundo, se describen todos los aspectos relevantes de la maquinaria utilizada para la construcción de carreteras y sus características. En el tercer capítulo, se describe la metodología de actividades para la construcción de carreteras, donde se incluye la maquinaria, el equipo y el personal necesario. En el capítulo final, se desarrolla el tema de cálculo de precios unitarios, donde se persigue encontrar el precio unitario de cada actividad, en base a: los requisitos del proyecto, los rendimientos de la maquinaria, el personal y la cantidad de materiales.

## 1. ASPECTOS GENERALES

Para toda persona que se esté iniciando en la rama de construcción de carreteras, es necesario realizar una breve explicación de cuál es el proceso que se lleva a cabo para la construcción completa de una carretera, desde su diseño hasta la puesta en funcionamiento de la misma. Debido a que hay algunos temas desarrollados a más detalle en otros trabajos de graduación, se describirán los pasos de una forma sencilla y general, a manera de abarcar toda la información relacionada y lograr introducir el tema central de este trabajo de graduación que es la Metodología de actividades y el cálculo de precios unitarios para la construcción de carreteras.

Todo proceso de carreteras inicia mediante una necesidad de comunicar dos puntos cualesquiera en la geografía, ya que, se ha reconocido la necesidad existente se hace un estudio de factibilidad económica, por medio de un perfil del proyecto que permita determinar si la construcción de esa carretera es justificada, o sea que se obtendrá una relación beneficio/costo aceptable, *de suceder lo contrario no quiere decir que la carretera no se puede construir, únicamente que no es rentable para la economía del país.*

Si el paso anterior es justificado, entonces, se procede al diseño geométrico de la misma, en éste intervienen varios pasos que se deben seguir para obtener un buen diseño. Es importante resaltar que el diseño es el factor que determina la seguridad y la comodidad de la carretera, pero lo más relevante es que con un buen diseño se puede alcanzar la economía necesaria para construir la carretera; esto se justifica debido a que el trabajo de carreteras tiene un costo millonario, en especial, los renglones de movimiento de tierras que pueden variar en más o en menos según los criterios de diseño, los cuales se obtienen mediante la experiencia.

El paso siguiente al diseño es estimar mediante el juego de planos y las hojas de movimiento de tierras las cantidades de trabajo necesarias en cada renglón que componen el proyecto. Definidos los renglones y las cantidades estimadas de trabajo se convoca a licitación pública el proyecto. Algunas veces, se hace por medio de invitación a empresas previamente calificadas y con experiencia suficiente en este ramo.

El Estado mediante el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, por medio de la Dirección General de Caminos (DGC) es la encargada de presentar proyectos a licitación pública y otorgarlos a las empresas contratistas. La DGC es la entidad más seria para este tipo de proyectos, aunque también el Fondo de Inversión Social (FIS) el Fondo Nacional para la Paz (FONAPAZ) la Unidad Ejecutora de Conservación Vial (COVIAL) y otras instituciones otorgan proyectos de carreteras, pero muy raras veces se trabaja para la iniciativa privada.

La selección de empresas se basa en la calificación de la oferta que cumpla los requisitos solicitados en las bases de la licitación, no, necesariamente, la más económica, pero debe estar respaldada por una precalificación. La empresa ganadora se determina mediante las ofertas presentadas por las diferentes empresas interesadas en realizar el trabajo, al mismo tiempo, se selecciona una empresa que supervisará que el proyecto se realice cumpliendo con las especificaciones que lo rigen. Cuando la oferta ha sido aceptada se firma un contrato entre el ente otorgante y la empresa constructora, estos contratos se basan en la Ley de Contrataciones del Estado y contienen las cláusulas que permiten definir la forma en que se ejecutará el proyecto y cómo se procede en la solución de discrepancias que se tengan. Firmado el contrato se procede al inicio de actividades.

De tal forma, se percibe que para realizar un proyecto de carreteras se debe conocer la metodología de actividades, pero lo más importante es poder integrar los precios unitarios de cada renglón, para presentar una oferta y poder ejecutar proyectos de ésta índole.

## **1.1 Fases de la preparación de un proyecto**

Como introducción se pretende informar acerca de las fases por las que debe pasar la preparación de un proyecto. Por lo tanto, es conveniente dar la definición de proyecto.

“Un proyecto es una propuesta de acción, para resolver un problema o satisfacer una necesidad y cuya ejecución lleva implícito el uso de un conjunto de recursos humanos, técnicos, materiales y financieros para el logro de los resultados esperados”.

Existen diferentes definiciones de proyecto, pero en el caso específico de este trabajo de graduación la definición anterior es la más apropiada, se tiene entonces, que el proyecto sería: la construcción de una carretera, para resolver el problema de acceso y transporte de personas y productos de una población en especial; en cuya ejecución se emplearán un grupo de ingenieros, auxiliares, laboratoristas, topógrafos, encargados de cuadrillas, operadores de maquinaria, albañiles, peones, etc. mismos que se encargarán de dirigir y ejecutar los procesos de movimiento de tierras, construcción de muros, mampostería, drenajes y las distintas capas que conforman el pavimento, hasta llegar a la señalización y puesta en funcionamiento del proyecto. Empleando la maquinaria necesaria para tal efecto: tractores, excavadoras, motoniveladoras, rodos, pipas, camiones, finisher, etc. y los materiales de calidad necesarios para rellenos, sub-rasante, sub-bases, bases y carpeta de rodadura, etc. que cumplan para su ejecución en cada fase las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes y otras normas especiales definidas por el ente financiero, mismo que proporcionará los recursos para la construcción del proyecto.

La preparación de proyectos es un proceso secuencial y progresivo, en el que se van profundizando las investigaciones para obtener la información necesaria. Este proceso se inicia después de que se ha identificado un proyecto potencial y empiezan a realizarse estudios más profundos y detallados de todos aquellos aspectos,

condiciones y circunstancias que permitan llegar a demostrar que un proyecto es factible de ser ejecutado. Las fases de la preparación de proyectos son las siguientes.

### **1.1.1 Idea del proyecto**

Del análisis de los problemas, de sus causas y efectos, surgen algunas propuestas de solución. A estas posibilidades iniciales, se les denomina idea del proyecto. Sin embargo, una idea no consiste solamente en el nombre del mismo, sino que por lo menos debe comprender los aspectos siguientes:

- a. nombre del proyecto;
- b. localización geográfica;
- c. identificación del problema;
- d. objetivos del proyecto;
- e. descripción general;
- f. evaluación a priori de la viabilidad.

La idea de proyecto se prepara a partir de la información existente, el buen juicio y la opinión que da la experiencia de quien lo prepara.

### **1.1.2 Perfil del proyecto**

Después de definida la idea, se desarrolla y se evalúan las distintas alternativas de solución, descartando todas aquellas que no se consideran viables. El documento se elabora a partir de la alternativa seleccionada y es necesario emplear información técnica disponible en fuentes secundarias, a este nivel aún no es necesario hacer investigaciones de campo profundas y detalladas.

Para elaborar el documento de proyecto es necesario contar con información de los aspectos siguientes: beneficiarios, oferta y demanda del bien o servicio que se

pretende producir, costos estimados del proyecto, ingresos probables, fuentes de financiamiento, rentabilidad.

Los perfiles de proyecto elaborados, técnicamente, permiten tomar decisiones en materia de inversiones. Un perfil permite evaluar la conveniencia de continuar el estudio en su fase siguiente o descartarlo, definitivamente, si no es viable. Con esta evaluación se pretende minimizar el riesgo de las inversiones, desechando todas aquellas que no sean factibles.

Por ejemplo, la construcción de una autopista de cuatro carriles no sería viable si el proyecto se pretende realizar en un terreno montañoso, con un tránsito promedio diario anual (TPDA) muy pequeño que el problema se solucionaría con una carretera de dos vías con especificaciones menores a las requeridas por una autopista.

Debido a que algunas veces no se cuenta con los recursos necesarios para realizar los estudios de preinversión en sus fases de pre y factibilidad, es indispensable elaborar un perfil de proyecto lo suficientemente detallado que permita tomar una decisión para dar solución a un problema o necesidad, al cual llamaremos perfil avanzado. El contenido mínimo de un perfil avanzado de proyecto es el siguiente.

- a. Antecedentes: bajo este título se incluye la descripción de todas aquellas acciones o actividades que se han realizado con el propósito de resolver el problema en estudio. Comprende análisis, estudios, gestiones, etc., ya realizadas.
- b. Identificación y análisis del problema: en este ítem se presenta el análisis de la problemática que se quiere resolver, tratando de identificar las causas que dan origen a la misma. En el análisis de problemas estos se presentan como una situación que esta afectando negativamente, y nunca como la falta de algo.

- c. Justificación del proyecto: aquí se describen todos aquellos elementos que demuestren la necesidad de ejecutar un proyecto y que el mismo contribuirá significativamente a resolver la problemática en estudio.
- d. Objetivos y metas del proyecto: en esta parte se presenta la descripción de la situación a la que el proyecto contribuirá a mejorar, *objetivo general*, la situación que resolverá específicamente, *objetivos específicos*, y la expresión cuantitativa de los objetivos específicos, *metas*.
- e. Descripción general del proyecto: aquí se describen los siguientes términos nombre, localización y cobertura; período de duración y los componentes.
- f. Costos detallados del proyecto por categoría de inversión: se entiende por costos del proyecto, todos aquellos gastos que están relacionados con su ejecución. Los costos se clasifican en categorías de inversión para efectos de tener una idea de cuanto se invertirá en cada actividad. Por ejemplo, en un proyecto de construcción, los costos están referidos a los gastos en concepto de materiales, mano de obra, compra o arrendamiento de maquinaria y equipo, gastos de administración y supervisión, etc.
- g. Fuentes de financiamiento: aquí se describen las instituciones o entidades que contribuirán para financiar la ejecución del proyecto. En proyectos de carácter comunitario lo más frecuente es que los mismos sean financiados en forma tripartita, es decir: aporte de los vecinos, de la municipalidad y de otras fuentes, *fondos sociales, organizaciones no gubernamentales (ONG's) cooperación internacional, etc.*, los proyectos de carácter gubernamental frecuentemente son financiados por aporte del gobierno y aporte de la comunidad internacional.
- h. Ingresos probables: para proyectos de tipo productivo, en los que la rentabilidad es financiera, es indispensable, bajo este rubro, detallar los ingresos que puedan obtenerse de la venta de los productos y servicios, lo que

requiere que previamente se haya obtenido información relacionada con los costos de producción, precios de venta y mercados. Por ejemplo, la construcción de una carretera en la cual se cobre peaje.

- i. Análisis de los beneficios y/o de los beneficiarios: en proyectos sociales y comunitarios, lo importante es describir con bastante objetividad y claridad quiénes y en qué forma se van a beneficiar con la ejecución del proyecto. En proyectos productivos es necesario analizar los indicadores financieros, el que, comúnmente, se utiliza es la relación beneficio/costo.
- j. Evaluación del proyecto: con base a los resultados del inciso anterior, se presentarán las principales consideraciones acerca de la conveniencia o no de ejecutar el proyecto. Si se recomienda continuar con los estudios de prefactibilidad, como un anexo de este documento, también, deben proponerse los términos de referencia correspondientes.
- k. Conclusiones y recomendaciones: los elementos de juicio que ofrecen la evaluación preliminar descrita en el inciso anterior, permiten enriquecer el documento del perfil avanzado del proyecto, derivando de la misma las conclusiones más importantes a que ha llegado el responsable de formular el proyecto durante el proceso de desarrollo del mismo y, a partir de ellas, proponer algunas recomendaciones que agilicen las etapas siguientes.
- l. Cronograma de ejecución: es la forma de representar la programación general de las actividades a través del período de ejecución del proyecto.

### **1.1.3 Prefactibilidad**

También, es llamado anteproyecto. En este estudio se profundizan las investigaciones en fuentes secundarias, y, ya es necesario realizar investigaciones de campo. Además, hay que detallar la tecnología que se empleará para el proyecto, su



disponibilidad en el mercado; hay que detallar por categoría y renglón de gasto, todos los costos del proyecto, las probables fuentes de ingresos; la rentabilidad; su evaluación financiera y económica; los diseños preliminares de construcciones, si fuera el caso; los cronogramas de ejecución y la ruta crítica de los mismos. Su contenido es el siguiente:

- a. antecedentes;
- b. identificación del problema;
- c. justificación del proyecto;
- d. objetivos y metas;
- e. componentes del proyecto;
- f. beneficios y beneficiarios;
- g. rentabilidad del proyecto;
- h. síntesis de las conclusiones y recomendaciones de los estudios;
- i. estudio de mercado;
- j. estudio técnico operativo;
- k. estudio económico financiero;
- l. evaluación económica;
- m. estudio socioeconómico;
- n. estudio de impacto ambiental;
- o. conclusiones y recomendaciones.

#### **1.1.4 Factibilidad**

También, llamado estudio definitivo, es aquí donde se determinará la factibilidad de ejecutar el proyecto o no. Contiene, básicamente, lo mismo que el estudio de prefactibilidad, sin embargo, en esta etapa son profundizados aquellos aspectos considerados como los más importantes. Por ejemplo, en el caso de los costos, es necesario actualizar y preparar por escrito todas las cotizaciones de las inversiones a realizar; en el estudio técnico deben presentarse los planos de construcción, etc.

## **1.2 Diseño de carreteras**

El diseño de una carretera es el proceso que determina las características geométricas que permiten el desplazamiento de vehículos sobre ellas, según las especificaciones que la rigen. Los factores principales para el diseño son: seguridad, comodidad, drenaje y apariencia.

Las condiciones son diferentes para cada proyecto, por lo que el diseño es variado y depende de los criterios que cada diseñador emplee y la experiencia que tenga. Pero los lineamientos a seguir son semejantes para procesar la información y obtener un buen diseño.

### **1.2.1 Preliminar de campo y gabinete.**

El diseño geométrico de una carretera empieza con la necesidad de unir dos puntos, seleccionando una ruta dentro de varias opciones, basando el trabajo en obtener la que mejor cubra las necesidades de servicio de comunicación para las poblaciones a beneficiar, cuidando los aspectos de diseño y economía.

La selección de ruta se alcanza en mapas topográficos a escala 1:50,000 para que el reconocimiento permita obtener las características del terreno, geológicas, hidrográficas, vías de comunicación existentes, datos sobre los cuales el diseñador debe basarse para ubicar las posibles soluciones. Con estos datos se hace un reconocimiento de campo que permite afinar las características del terreno para definir si el trazo de la ruta evaluada es factible, evitando pasar por áreas pantanosas, áreas propensas a inundaciones o deslizamientos y evaluar el desarrollo de los terrenos por donde pasa la ruta.

Después de realizar el reconocimiento se procede al levantamiento topográfico preliminar de la línea, donde debemos reconocer punto de partida, azimut, kilometraje, y cota de salida, incluyendo referencias de variaciones topográficas, ríos, cruces de caminos y otra información que pueda obligar a mover la línea. El levantamiento de preliminar debe incluir: tránsito, niveles y secciones.

Cuando los datos del levantamiento preliminar han sido obtenidos se realiza un trabajo de gabinete por el grupo de diseño, que consiste en la revisión de libretas de campo. Para luego calcular coordenadas de cada punto de intersección (PI) con sus distancias y rumbos, con los cuales se dibujará una planta sobre una cartulina; también se calculan los niveles de preliminar por medio de la libreta de campo, con los cuales se plotea un perfil de las elevaciones en las estaciones de la línea central en un rollo de papel milimetrado con el objeto de mostrar las depresiones y cambios bruscos de nivel.

El trabajo concluye cuando sobre la línea preliminar dibujada en planta se localizan todas las estaciones para dibujar sus secciones sobre líneas perpendiculares a la línea central, identificando los puntos donde existen orillas de ríos, quebradas, casas, caminos existentes; sobre el mismo se forman las curvas de nivel uniendo los puntos de igual elevación.

### **1.2.2 Diseño y cálculo de localización**

Consiste en diseñar la línea que servirá para la construcción de la carretera, de la cual se obtienen todos los datos para replantearlos en campo. Para el diseño de la línea de localización se deben tomar en cuenta varios aspectos.

- a. Selección de puntos obligados: considerar los cruces de la carretera con otros caminos, las zonas de inundación, tomar en cuenta la pendiente permisible en taludes de relleno o corte, contemplar si es necesaria la construcción de estructuras de drenaje mayor.

- b. Diseño de sub-rasante de preliminar: se basa en los criterios de diseño tratando de encontrar las pendientes que den balance a los cortes y rellenos, además que den seguridad al conducir, según el tipo de terreno y sección típica.
  
- c. Traslado de sub-rasante a rollo de planta: del perfil donde se diseñó la sub-rasante se calcula la elevación para cada estación, se traza la elevación sobre la planta de preliminar sobre la sección transversal de la misma estación marcando de rojo la curva de nivel correspondiente, donde resulta la línea que servirá al proyectista para encontrar la línea de localización.

El diseño de la línea de localización es un proceso de tanteos y comparaciones que depende de la habilidad y la práctica. Lo más importante a considerar en el diseño es la seguridad al tránsito, evitar el paso por terrenos con derecho de vía costosos, pantanos, en lo posible pasos por ríos para evitar la construcción de puentes, tramos con excesivo movimiento de tierras. En resumen, se trata de adaptar el diseño a las diferentes condiciones topográficas de la mejor manera.

El cálculo de localización es un procedimiento matemático por medio del cual se definen totalmente las características geométricas de la línea de localización. Determinando los datos de puntos de intersección, tangentes y los elementos de curvas horizontales, teniendo cuidado de ser exactos en gabinete, para su posterior trazo en campo. Con la información anterior se procede a dibujar un esquema denominado calco de campo, indicando la línea de preliminar y línea de localización proyectada en gabinete.

### **1.2.3 Localización de campo**

Esta actividad consiste en replantear la línea de localización con los datos calculados en gabinete en base a los datos del calco de campo.

El topógrafo usa el método de dobles deflexiones estacionando a cada 20 metros y en puntos intermedios como principio de curva (PC) principio de tangente (PT) y otros que sean necesarios; la única diferencia con la preliminar es que se deben trazar las curvas calculadas en gabinete. Al igual que la línea preliminar, se corre una nivelación de la línea central tomando lecturas en todas las estaciones marcadas durante el trazo, debiendo ser estas perpendiculares en tangente y radiales en las curvas, para obtener un perfil de su sección transversal. El levantamiento de perfiles permite obtener la ubicación de los drenajes menores, por medio de los datos topográficos que definen las características hidráulicas de la escorrentía para obtener el tamaño de la tubería o estructura a utilizar.

- a. Levantamiento de derecho de vía: debido que hasta ahora se tienen los datos afinados de la localización se realiza un levantamiento topográfico de los terrenos particulares en donde atravesase la carretera, incluyendo los datos siguientes: nombres de los propietarios, así como los límites y colindantes, el número y tipo de cultivo o edificio afectado, la ubicación de los servicios públicos y privados tales como líneas de luz, teléfono, tubería de agua potable y drenajes, el ancho actual de vía del camino existente.
- b. Aspectos topográficos para el replanteo de localización: con los datos de curva dados se replantea por medio de deflexiones angulares las curvas circulares en campo, en este método los puntos que definen la curva son una deflexión y una distancia a partir del punto anterior. Existen casos donde hay que realizar alguna técnica de trabajo para saltar obstáculos, tal es el caso donde no se puede visualizar toda la curva desde el PC al PT, o donde el PI no se visualiza, o cuando hay algún obstáculo sobre una tangente.
- c. Monumentación de localización: los monumentos se localizarán, aproximadamente a cada 500 metros, procurando colocarlos en lugares adecuados y fáciles de ubicar, para que, posteriormente, las brigadas localicen la línea. Su construcción se hace de arena y cemento, donde se grabará la

siguiente información: número de monumento, estación, ángulo, elevación y distancia en relación a la línea central.

#### **1.2.4 Movimiento de tierras**

El movimiento de tierras es la actividad más importante en la construcción de carreteras, debido a la influencia que en porcentaje de trabajo representa en el proyecto y el costo que conlleva. Además de contemplar, las características geométricas de diseño para construir un proyecto seguro al tránsito de vehículos y que cubra las necesidades para el cual fue diseñado.

Entonces, se tiene que el éxito de un proyecto de carreteras se alcanza en gran parte con un buen diseño, el cual debe basarse en criterios económicos y de seguridad cumpliendo con las especificaciones y normas de diseño. Debido a las necesidades de nuestro país y la situación económica actual, existen proyectos que se realizan en forma económica y se descuida un poco el aspecto de diseño; en otras ocasiones sucede que las poblaciones a beneficiar son pequeñas y no existe una relación beneficio/costo que respalde la inversión de un proyecto grande; por otra parte, cuando los proyectos son muy caros no existen recursos para realizarlos.

Es importante mencionar que en la actualidad existen programas de computación que facilitan el procedimiento de diseño de carreteras, pero aún, se sigue empleando el procedimiento manual. Por lo tanto, en este inciso se describen los pasos básicos a seguir y los datos necesarios para el cálculo de movimiento de tierras haciéndolo de una forma manual, pero que al ser necesario se pueden interpretar los datos para ser utilizados en algún programa.

- a. Ploteo y entintado de secciones transversales: con la libreta de secciones transversales de localización se procede a plotear en papel milimetrado las secciones correspondientes al estacionamiento de la línea central, incluyendo

todos los datos de alturas de estructuras existentes como cercos, casas, ríos, etc. cercanos a la línea central.

- b. Listado de estacionamiento, colocación de curvas en hojas de movimiento de tierras y determinación de velocidades de diseño: la información se debe colocar en hojas de cálculo de movimiento de tierras, en las que se deberá colocar las estaciones del caminamiento incluyendo PC, PT, tuberías y puentes. En otra columna se colocaran los datos de curva entre las estaciones de PC y PT, además, incluir su peralte, sobreancho y corrimiento. Y, por último, determinar la velocidad de diseño en base al tipo de carretera y sus características geométricas.
- c. Cálculo de peraltes, sobreanchos y corrimientos: estos son elementos que se calculan en una curva para hacer más segura la circulación de los vehículos sobre ella, en base a especificaciones de diseño geométrico y se deben repartir proporcionalmente en la longitud de la curva.
- d. Determinación de puntos obligados: son puntos donde se debe respetar una altura para el diseño de sub-rasante, debido a la existencia de parámetros existentes que deben quedar en su lugar y elevación; tal es el caso de estructuras menores de drenaje como tuberías pluviales en donde su relleno mínimo debe ser 0.60m, estructuras mayores como bóvedas y puentes donde la altura mínima esta relacionada a las características hidrológicas y al nivel de aguas máximas extraordinarias para que no dañe las estructuras, zonas de inundación, intersección con otros caminos, etc.

#### **1.2.4.1 Diseño de sub-rasante**

La sub-rasante es la elevación que tendrá la carretera en los diferentes puntos del caminamiento del proyecto, esta es la que define el volumen de movimiento de tierras, por lo que su selección debe ser lo más económica respetando parámetros de

diseño. Se debe tener definido el ancho de la sección típica, el alineamiento horizontal, el perfil longitudinal del mismo, las secciones transversales, las especificaciones de diseño, tipo de terreno, puntos obligados y haber hecho un reconocimiento de campo.

Para determinar la sub-rasante se procede a trabajar sobre el perfil longitudinal del terreno una serie de tanteos de pendientes que permitan balancear los rellenos con los cortes, a menos que esto sea imposible. También, se debe tomar en cuenta lo siguiente.

- a. El coeficiente de contracción e hinchamiento, ya que el volumen del material no es el mismo en su estado original que suelto, y a su vez este no ocupa el mismo volumen en un relleno, variando su valor dependiendo el tipo de suelo, humedad, etc.
- b. Pendiente mínima y máxima: la mínima pendiente a utilizar es aquella que permita drenar las aguas superficiales dependiendo si es en corte puede ser igual o mayor a 0.50%, o si es en relleno puede ser nula, ya que, la pendiente transversal es suficiente para drenar hacia los taludes. Por otro lado, la pendiente máxima se define por el TPDA y el tipo de terreno, debiendo hacer uso de ella cuando sea necesario, o sea cuando evite grandes movimientos de tierra.
- c. Longitud crítica de una tangente en alineamiento vertical: es la longitud máxima que se puede ascender con un vehículo cargado de una determinada relación peso/potencia, sin reducir la velocidad más allá de un límite establecido, por lo que se deben emplear pendientes máximas en tramos cortos, o estudiar un posible cambio en el alineamiento horizontal.
- d. Condiciones topográficas: dependiendo de la región donde se construya un proyecto esta puede ser en terreno llano, ondulado o montañoso, en los cuales suceden generalidades que marcan su construcción. Además, poner en



práctica todas las recomendaciones que ayudan a mejorar el diseño y evitan errores, para obtener un buen funcionamiento de la carretera.

#### **1.2.4.2 Cálculo de Sub-rasante**

Según los criterios del diseñador se obtendrán las pendientes y los puntos donde se intersectan verticalmente (PIV) dibujando estos en el rollo de perfil longitudinal se obtiene en cada estación una elevación de sub-rasante que se debe trasladar a las hojas de movimiento de tierra para su posterior procesamiento.

También, se debe determinar las curvas verticales, cuya finalidad es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra, o sea suavizar los PIV en una distancia recomendable para ambos lados utilizando especificaciones de diseño.

#### **1.2.4.3 Dibujo de secciones típicas**

El dibujo de secciones típicas sirve para determinar el área que encierra el nivel original del terreno y el nivel de sub-rasante diseñada entre sus respectivos taludes. La sección típica puede ser en corte o en relleno y puede ubicarse en tangente o en curva, en esta última se debe corregir su peralte, sobreancho y corrimiento.

Correctamente dibujadas las secciones, se procede a calcular el área que existe entre ellas, existen dos métodos para hacerlo: gráficamente, por medio de un planímetro polar se obtienen las áreas de corte y relleno, colocando el valor en la parte superior derecha para su posterior lectura y traslado a las hojas de movimiento de tierras. Analíticamente, se obtienen las coordenadas de los puntos que encierran el área en las secciones, luego por el método de las determinantes encontrar el área.

#### **1.2.4.4 Cálculo de volúmenes**

El cálculo se basa en encontrar los volúmenes aproximados existentes dentro de dos secciones típicas que están a cierta distancia, entonces, conociendo el área de cada sección se saca un promedio y se multiplica por la distancia que existe entre ellas. En el cálculo se debe analizar si las secciones son de corte o de relleno, o la combinación de ambas, en el último caso, se debe encontrar en forma gráfica cual es el punto donde el corte se convierte en relleno o viceversa, para multiplicar cada distancia por su respectiva área, a este punto se le conoce como distancia de paso. Tomar en cuenta que el cálculo en curva no se cumple, pero debido a los volúmenes de movimiento de tierra resulta insignificante la variación de resultados.

#### **1.2.4.5 Cálculo de balance**

Es una gráfica que relaciona los volúmenes con los estacionamientos, lo que permite determinar si los cortes son suficientes para alcanzar los rellenos y, aproximadamente, en que estaciones se balancean. Con los valores obtenidos se plotea la llamada curva de Bruckner o diagrama de masas.

El diseño de la línea de balance es un proceso efectuado por tanteos dentro de los cuales se aproximan los costos unitarios de cada renglón necesario para efectuar el movimiento de tierras, dentro de las actividades definidas por el libro azul tenemos: excavación no clasificada, excavación no clasificada de material de desperdicio, excavación no clasificada de material de préstamo, acarreo libre, sobrecarreo, acarreo.

Por ejemplo, si existe un tramo de relleno, se necesita conseguir una cantidad mayor de material de corte de buena calidad para emplearlo en el mismo debido al coeficiente de contracción; debemos estudiar la distancia a la que se encuentra y calcular el costo del acarreo que conlleva, si la distancia fuera muy grande se debe

evaluar la opción de buscar un banco de préstamo más cercano, siempre que la explotación no resulte más cara.

### **1.2.5 Drenajes**

Dentro del diseño de una carretera deben contemplarse los drenajes como parte importante del proyecto, debido a la función que tienen para evitar que el agua dañe la estructura de la carretera. Se debe tener cuidado de incluir todas las formas en que pueda llegar el agua a la carretera por pequeñas que se presenten.

El estudio de la estructura a utilizar, se debe hacer recabando toda la información necesaria y adecuada que permita luego analizarla con algún método de diseño para obtener las dimensiones de la estructura, también se debe estudiar la ubicación de las mismas.

La forma de obtener la ubicación de los drenajes es por medio de la información topográfica de las libretas y los planos a escala 1:50,000 donde se determina un listado de las tuberías, bóvedas y puentes si existieran. Además, se debe hacer una inspección de campo para determinar lo siguiente:

- tipo de corriente;
- sentido, pendiente y esviaje;
- condiciones del lecho, ancho, rocoso, arenoso, piedras sueltas y su tamaño;
- condiciones de aguas altas;
- vegetación de la cuenca, clase de cultivos, monte bajo o alto, bosque;
- perímetro, área, alturas;
- probables canalizaciones, entrada, salida;
- tramos con sub-drenaje;
- puntos de erosión;
- estructuras existentes.

Uno de los métodos más empleados para el cálculo de áreas de descarga es el método racional, que relaciona el área a drenar, la intensidad de lluvia y el coeficiente de escorrentía, que son los datos que determinan la cantidad de descarga. También existe el método de inspección, que se basa en observaciones y la información brindada por personas del lugar, para obtener el área de descarga. Depende del diseñador el método a emplear.

### **1.2.6 Derecho de vía**

Es el derecho que tiene el Estado o las Municipalidades, sobre la faja de terreno en que se construyen los caminos con la dimensión que la importancia de la vía requiera. Existe un reglamento de derecho de vía el cual determina el ancho de vía según la clase de camino a construir e indica si es estatal o municipal, según la siguiente clasificación:

- a. carreteras nacionales o de primer orden 25 metros, son estatales;
- b. carreteras departamentales o de segundo orden 20 metros, son estatales;
- c. carreteras municipales o de tercer orden 15 metros, son municipales;
- d. caminos de herradura y vecinales 6 metros, son municipales.

Cuando para la construcción de carreteras nuevas o de cambios en el alineamiento o ampliaciones se afecte terrenos de propiedad particular, antes de iniciar los trabajos de construcción, se procederá a adquirir la extensión necesaria, ya sea por donación, por compensación con el tramo de camino que se abandone si así fuera, por venta o por expropiación forzosa, siguiendo en cada caso los trámites de ley.

#### **1.2.6.1 Ploteo y cálculo de área**

Para tener la información de las áreas de derecho de vía se necesita una copia de la planta de hojas finales del proyecto y la libreta de derecho de vía, consiste en

colocar los datos de cercos y sus radiaciones a la línea central para determinar por medio de cálculos matemáticos las áreas afectadas.

#### **1.2.6.2 Plano de registro**

Por último, se elabora un plano de registro con la información necesaria: nombre del proyecto, departamento y municipio, área en metros cuadrados, norte y rumbo, estacionamientos de la línea central afectados, distancia de los lados del área del terreno, colorear de rojo el área, nombres del propietario, colindantes, escala, datos del dibujante, topógrafo que levantó, ingeniero de diseño.

Este plano se presenta al departamento de derecho de vía del departamento de carreteras de la DGC, para registrarlo en libros previo a su revisión.

#### **1.2.7 Juego de planos**

El juego de planos representa la información final del proceso de diseño, por lo que debe hacerse lo más claro y detallando la información necesaria para poder leerlos, seguramente será necesario hacer correcciones por parte del ingeniero proyectista.

a. El juego de planos finales contempla:

- las hojas finales;
- hoja título;
- planta y perfil general;
- detalle de drenajes;
- secciones típicas: de terracería y pavimentación;
- señalización.

b. Estimación de cantidades de trabajo.

Consiste en estimar todas las cantidades que en el proyecto sean necesarias.

c. Elaboración de informe final.

Es la presentación del proyecto con información escrita y consiste en la elaboración de un informe que incluya:

- nombre del proyecto;
- longitud neta;
- sección típica;
- cuadro de cantidades de trabajo.

### **1.3 Contenido básico de una oferta y un contrato**

Una oferta está formada por una serie de documentos a presentar en una licitación que demuestran el interés de realizar un servicio, están regidas a bases de presentación de ofertas que varían según la institución a la que se oferte y al tipo de trabajo a realizar.

Las bases para la elaboración de ofertas tienen como finalidad informar al licitante del alcance de los servicios requeridos, las obligaciones que adquiere para con el propietario en el caso de ser adjudicatario y los procedimientos a que deberá someterse y respetar para elaborar las respectivas ofertas. Por lo general, están constituidas por los documentos siguientes.

### **1.3.1 Instrucciones a los licitantes**

- a. Disposiciones generales, aquí se presenta la información sobre el alcance de la licitación, la fuente de los fondos, quienes pueden ser licitantes elegibles, calificación del licitante, una oferta por licitante, costo de la licitación y visita a la zona de obras.
- b. Documentos de licitación, incluye todos aquellos datos que los licitantes deben conocer para la elaboración de sus ofertas, el procedimiento que deben seguir, los formatos y formularios que deben utilizar para presentarlas, especificaciones técnicas, planos, lista de cantidades, formularios de garantías; además aclaraciones y enmiendas de los documentos de licitación.
- c. Preparación de las ofertas, es la forma en que deben prepararse los datos y documentos que los licitantes deben aportar en su oferta, desde el idioma de la oferta, moneda de la oferta, lista de cantidades y precios de la oferta, validez de las ofertas, garantía de seriedad de la oferta, propuestas alternativas de los licitantes, formato y firma de la oferta.
- d. Presentación de las ofertas, indica el plazo, hora y lugar de presentación de las ofertas, no se aceptan ofertas tardías.
- e. Apertura y evaluación de las ofertas, el contratante abrirá las ofertas en presencia de los representantes de los licitantes que decidan concurrir, a la hora, en la fecha y lugar especificados, se dará a conocer los nombres de los licitantes, los precios de las ofertas, el monto total de cada una de ellas. El proceso se hará con la debida confidencialidad, el contratante puede solicitar la aclaración de ofertas, se examinarán las ofertas para determinar si se ajustan a las condiciones de licitación, dentro de las ofertas que cumplan el examen anterior se verificará si contienen errores aritméticos para su corrección ajustando el monto indicado en la oferta. Las ofertas deben evaluarse en la moneda del país del contratante, únicamente se evaluará y

compararan las ofertas que se ajustan, sustancialmente, a los documentos de licitación. Si, así, lo indican los datos de licitación, los contratistas nacionales pueden recibir un margen de preferencia en la evaluación de sus ofertas.

- f. Adjudicación del contrato, el contratante adjudicará el contrato al licitante, cuya oferta se ajuste, sustancialmente, a las condiciones de los documentos de licitación y haya sido evaluada como la más económica, a condición de que ese licitante es elegible y cumple con los requisitos de calidad y otros evaluados en la calificación. Por lo regular, dentro de los datos de licitación existe una cláusula del derecho del contratante a aceptar cualquier oferta y a rechazar cualquiera o todas las ofertas, sin que exista responsabilidad de su parte. Luego de haber seleccionado a la oferta ganadora, se procede a la notificación de la adjudicación que constituye el contrato, con sujeción al suministro de la garantía de cumplimiento y a la firma del contrato que incorporará todos los acuerdos entre el contratante y el adjudicatario. Todo lo anterior, requiere que en el proceso de adjudicación no existan prácticas corruptas o fraudulentas para darle validez.

### **1.3.2 Condiciones del contrato**

Un contrato es la celebración de una serie de cláusulas, entre el contratante y el contratista para ejecutar, terminar y mantener las obras de acuerdo a lo estipulado en el mismo. De forma general, un contrato esta formado de los documentos siguientes:

- contrato;
- carta de aceptación;
- oferta del contratista;
- datos del contrato;
- condiciones del contrato;
- especificaciones técnicas;



- planos;
- lista de cantidades de trabajo.

Aquí se establecen todas las especificaciones especiales que el contratista deberá ejecutar en cada actividad que componen el proyecto, de tal forma que la calidad sea la requerida.

- Las condiciones técnicas y económicas bajo las cuales los suministros y servicios deben llevarse a cabo.
- Las instrucciones referentes a personal asignado, reportes y documentación, notificaciones y comunicaciones a lo largo del contrato.
- Otras circunstancias especiales.

Y de forma más amplia, un contrato tiene ciertas condiciones que lo definen y lo componen.

- a. Disposiciones generales, aquí se incluyen las definiciones de las palabras y expresiones utilizadas en el contrato, y la interpretación que se le da a las mismas. Además, se definen otras como: idioma y ley aplicable, decisiones del gerente de obra, delegación de funciones, comunicaciones entre las partes, subcontratistas, otros contratistas, personal, riesgos del contratante y del contratista, seguros a contratar, informes de investigación de la zona de obras, consultas acerca de los datos del contrato, construcción de las obras por el contratista, terminación de las obras en la fecha prevista, aprobación por el gerente de obras, seguridad, descubrimientos, posesión de la zona de las obras, acceso a la zona de las obras, instrucciones, controversias, procedimiento para la solución de controversias, reemplazo del conciliador.
- b. Control de plazos, dentro del plazo establecido en los datos del contrato, el contratista presentará al gerente de obras, para su aprobación, un programa en el que consten los métodos generales, procedimientos, secuencia y calendario

de ejecución de las actividades relativas a las obras. Si existiera un evento justificado, se dará una prórroga a la fecha prevista de terminación, o a solicitud del contratante se solicitará la aceleración de las obras, o la demora a conveniencia del proyecto. Para revisar la programación de los trabajos pendientes es necesario realizar reuniones administrativas entre las partes y resolver los asuntos que afecten la programación, dando aviso anticipado si existen eventos que puedan perjudicar la calidad, elevar el precio o demorar la ejecución.

- c. Control de calidad, el gerente de obras supervisará el trabajo del contratista y le notificará los defectos que encuentre, el control se hará mediante pruebas contempladas en las especificaciones, todos los defectos encontrados se corregirán por parte del contratista sin costo adicional.
- d. Control de costos, la lista de cantidades de trabajo deberá contener los rubros correspondientes a la construcción, montaje, prueba y puesta en servicio de los trabajos que deba ejecutar el contratista, pagándose por la cantidad de trabajo realizado al precio unitario para cada rubro especificado en la lista de cantidades. Además, se deben tener los criterios para definir situaciones como: la modificación de cantidades, variaciones, pago de variaciones, predicción del flujo de fondos, certificación de pago, pagos, eventos compensables, impuestos, moneda, ajuste de precios, retenciones, liquidación por daños y perjuicios, bonificaciones, anticipo, garantías, trabajos por día, costo de las reparaciones.
- e. Terminación del contrato, el contratista solicitará al gerente de obras que emita un certificado de terminación de las obras y el gerente de obras lo emitirá cuando decida que las obras están terminadas, el contratante se hará cargo de la zona de obras y de las obras dentro del plazo estipulado cuando se haya hecho la respectiva recepción de obras. El contratista presentará una liquidación detallada de los montos que se le adeudan en virtud del contrato, el gerente de obras los certificará y en su defecto mandará una lista de

correcciones que fueran necesarias, luego de las correcciones se procederá a la liquidación final. El contratista deberá presentar los planos finales y/o manuales de operación y mantenimiento actualizados en la fecha estipulada. En estas cláusulas se incluyen los motivos por los cuales puede rescindirse el contrato por cualquiera de las partes, la forma de efectuar los pagos posteriores a la rescisión del contrato, la forma en que se actuará sobre la propiedad de los bienes y las obras, la liberación de obligaciones que da lugar por frustración del contrato.

### **1.3.3 Especificaciones técnicas**

En las especificaciones técnicas se establece:

- la magnitud y el alcance del trabajo a desarrollar tanto para el diseño como para la ejecución; y,
- las características que deben reunir los componentes de la obra total terminada.

Dentro de las disposiciones técnicas relacionadas a los proyectos de carreteras, que deben ser mencionadas en los términos de un contrato están las siguientes.

- a. Autoridad del delegado residente, es la persona que decidirá sobre todos los problemas que puedan presentarse respecto a la calidad y aceptabilidad de los materiales entregados, el trabajo ejecutado, los procedimientos constructivos empleados y el ritmo de ejecución de la obra; todas las dudas que puedan surgir respecto a la interpretación de los planos y especificaciones y todas las interrogantes que se presenten sobre el cumplimiento aceptable del contrato por parte del contratista.
- b. Control del trabajo, el contratista proporcionará al delegado residente, a los ingenieros auxiliares y a sus inspectores, las facilidades para que puedan

verificar si el trabajo en ejecución y los materiales que se están utilizando concuerdan con los planos y las especificaciones. Tal inspección puede abarcar la totalidad o cualquiera de las partes del trabajo, incluyendo la preparación y fabricación de los materiales que se utilizarán.

- c. Control de la calidad, el contratista con su propio laboratorio es el encargado de controlar la calidad de su propia producción y corregirla cuando haya desviaciones de los límites de aceptación.
- d. Programa de trabajo, deberá cumplirse a menos de que se ordenen trabajos que aumenten o disminuyan los contemplados, originalmente.
- e. Libros y registros, el contratista deberá mantener libros y registros relacionados con el proyecto, estos registros serán de tipo contable, adecuados para identificar los bienes y servicios financiados por el contrato.
- f. Trabajos sin pago estipulado, cualquier trabajo que aparezca en las bases de licitación, las cantidades de trabajo estimadas, planos, anexos, documentos que indiquen algún tipo de trabajo y no esté incluido en los cuadros de las cantidades de trabajo estimadas, sin pago específico asignado, deberá ser considerado por el oferente tanto la cantidad de trabajo como el costo unitario y el costo total, en el renglón afín al trabajo no considerado.
- g. Plazo contractual, este plazo está dado en las bases de licitación y es el tiempo estimado para concluir los trabajos, satisfactoriamente; algunas veces se solicita que el contratista lo proponga.
- h. Bitácora, desde el primer día del plazo contractual hasta la recepción final de las obras, el contratista deberá mantener un libro avalado por el ente otorgante, cuya función será, exclusivamente, para que el delegado residente pueda dejar instrucciones u observaciones por escrito, que deberá acatar el contratista.

- i. Disposiciones ambientales, son los controles que deben aplicarse de medidas correctivas a los impactos negativos y/o mejorar condiciones o procedimientos constructivos, velando por la salud y seguridad del personal del contratista, de los pobladores beneficiados, directamente, con la construcción del proyecto.

#### **1.3.4 Planos y lista de cantidades**

Los planos de detalle de la obra están contemplados dentro de la documentación, al igual que la lista de cantidades que componen el proyecto.

Los planos son los documentos que contienen cálculos y otra información proporcionada aprobada por el gerente de obras para la ejecución del contrato.

La lista de cantidades es la lista debidamente preparada por el licitante, con indicación de las cantidades de trabajo a ejecutar.

#### **1.3.5 Garantías**

La garantía puede ser una fianza, depósito o garantía hipotecaria que el contratista debe proporcionar al contratante para el cumplimiento del contrato. Las garantías que forman parte de las presentes bases de contratación y que aparecen a continuación, deberán formalizarse mediante fianza emitida por instituciones autorizadas para operar en Guatemala.

- a. Garantía de seriedad de oferta, la firmeza de la oferta se caucionará con depósito en efectivo o mediante fianza, por un porcentaje fijado en las bases dentro de los límites que permite la ley, *no menor del 1% ni mayor del 5%*, basado en el precio de la oferta incluyendo impuestos. Cubrirá el período comprendido desde la recepción y apertura de las plicas, hasta la

aprobación de la adjudicación y, en todo caso tendrá una vigencia de ciento veinte (120) días. Sin embargo, con el adjudicatario puede convenirse su prórroga. Esta garantía se hará efectiva por las causas siguientes: si el adjudicatario no sostiene su oferta; si no concurre dentro del plazo que estipula la ley a suscribir el contrato respectivo; o, si habiéndolo firmado, no presenta la garantía de cumplimiento dentro del plazo de 15 días fijado por la ley. En cualquiera de los casos, quedará sin efecto la adjudicación de la negociación.

- b. Garantía de cumplimiento, para garantizar el cumplimiento de todas las obligaciones estipuladas en el contrato, el contratista deberá presentar esta fianza en los porcentajes estipulados y condiciones que señale el reglamento, *entre 10% y 20%*. Esta fianza cubrirá las fallas que aparecieren durante la ejecución del contrato, antes de que se constituya la garantía de conservación.
- c. Garantía de anticipo, es la garantía del buen uso que se va a hacer del anticipo que se otorgue al contratista en virtud de un contrato. El contratista constituirá garantía mediante fianza o hipoteca por el monto de un cien por ciento (100%) del anticipo. La garantía podrá reducirse en la medida que se amortice el valor del anticipo.
- d. Fianza de conservación de obras, es la garantía de que una obra se conservará, adecuadamente, después de su recepción. La garantía debe cubrir el valor de las reparaciones, de las fallas o desperfectos que le sean imputables y que aparecieren durante el tiempo de responsabilidad. Por lo regular, el porcentaje es de 15% y el tiempo es de 18 meses en obras, si existiere dolo o culpa el contratista es responsable durante 5 años, contados a partir de la recepción definitiva de las obras.
- e. Fianza de saldos deudores, para garantizar el pago de saldos deudores que pudieran resultar a favor del Estado, de la entidad correspondiente o

de terceros en la liquidación, el contratista deberá prestar fianza, depósito en efectivo, constituir hipoteca o prenda, a su elección, por el 5% del valor original del contrato. Esta garantía deberá otorgarse, simultáneamente, con la de conservación de obra como requisito previo para la recepción de la misma. Aprobada la liquidación, si no hubiere saldos deudores, se cancelará esta garantía.

- f. Seguros, el contratista debe garantizar mediante seguro las responsabilidades civiles, a terceros y los riesgos inherentes a que esté expuesta la obra según se indique en las bases y en los porcentajes indicados. Estas garantías deberán permanecer en vigencia hasta la finalización de la garantía de cumplimiento.

## **2. MAQUINARIA UTILIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS**

El tema de la maquinaria esta íntimamente ligado con la metodología de actividades para la construcción de carreteras, además, el conocimiento de la maquinaria es imprescindible para el cálculo de precios unitarios, temas centrales del presente trabajo de graduación; por lo tanto, en el presente capítulo se describe la maquinaria más común que existe en el mercado y la función que tiene cada una en el proceso constructivo, desde el movimiento de tierras hasta la pavimentación.

La construcción de carreteras contempla diversas etapas, las cuales se llevan a cabo con un grupo de maquinaria, conocido, comúnmente, como convoy de maquinaria, la maquinaria puede ser propia o arrendada, pero, en ambos casos su costo es elevado, es por ello, de vital importancia conocer a detalle, cual es el trabajo que se puede realizar con cada máquina, para seleccionar, adecuadamente, la maquinaria más eficiente para el trabajo requerido.

La primera parte del trabajo, nos explica respecto de la selección de maquinaria y los factores que se toman en cuenta, para dicho fin. El conocimiento de la actividad a realizar y la producción necesaria, son de los más importantes a considerar.

Luego, se procede a explicar detalladamente cual es la operación de cada máquina, en que condiciones se utiliza, las partes que componen la máquina, etc. Permitiendo de esta forma, aprender su función y en que fase del proceso se emplea. Aquí se adjuntan algunas fotografías para el conocimiento físico de la misma.

Seguidamente, tratamos de explicar los factores del rendimiento de la maquinaria para realizar el trabajo. Este es un tema, muy difícil de dominar, ya que, se requieren de datos que varían de proyecto en proyecto, y por lo tanto, no se obtiene exactitud.



La experiencia y el conocimiento de las condiciones del terreno, nos permiten obtener mejores resultados.

Por último, se expone el tema de la optimización de la maquinaria en un proceso completo de construcción de carreteras, en esta parte se brindan algunos tips que ayudan a mejorar el proceso, obteniendo mayor eficiencia.

## **2.1 Criterios para la selección de maquinaria**

Por lo general, cada máquina tiene un cantidad limitada de actividades a realizar y en algunas es más eficiente que en otras, entonces, los criterios de selección se deberán utilizar preferiblemente en donde su volumen de producción sea mayor, pero no limitándose a ésta.

Visto desde el punto de vista empresarial, este factor se limitará únicamente a escoger dentro de la maquinaria a su disposición, por ejemplo, si se cuenta con la maquinaria o se arrendará, debiendo estimar la producción necesaria y las dificultades que se tienen para alcanzarla.

Para la selección de la maquinaria el factor más importante a considerar para realizar una operación de construcción es la facilidad de conservación. Debido al costo tan elevado de operación y la depreciación que ésta tiene.

Hay otros factores significativos a considerar en la selección de maquinaria, dentro de los cuales tenemos.

### **2.1.1 Trabajo de operación específica a realizar**

Es el factor principal de la selección de la maquinaria para lograr el trabajo requerido. El concepto de trabajo u operación específica a realizar tiene varios

aspectos generales en la selección de maquinaria. El problema comprende el conocimiento de:

- el trabajo físico a efectuar, al realizar la operación;
- la disponibilidad del espacio de trabajo;
- la disponibilidad de potencia.

Lo anterior, se resume así: cada máquina esta diseñada para realizar una función específica, necesita de cierto espacio para poder maniobrar y dispone de cierta potencia.

### **2.1.2 Especificaciones de construcción**

Cuando existen limitaciones de espacio de trabajo, el planificador de la construcción debe recurrir a su conocimiento acerca de la variedad de posibles máquinas y de especificaciones de cualquiera de ellas que elija.

Por ejemplo, para la compactación del material existen diversidad de rodos, pero la elección se hace en base al tipo de material a compactar y los requisitos de compactación; no es lo mismo compactar materiales arcillosos que materiales arenosos.

### **2.1.3 Movilidad requerida por el equipo**

Si el lugar de trabajo se encuentra en un lugar remoto muy subdesarrollado, será diferente la consideración de necesidades en cuanto a maquinaria de accionamiento, de la que se tendría para un trabajo a desarrollar en un área urbana. En consecuencia, la selección de la maquinaria se basa, en cierto grado, en la disponibilidad de fuentes de energía, para accionar la maquinaria. La planificación de

las necesidades de potencia de una maquinaria en particular se rige, a menudo por sus especificaciones. Para los equipos que han de trabajar durante largos períodos, el motor diesel es por lo general el más económico.

#### **2.1.4 Tiempo programado para hacer el trabajo**

En la mayoría de veces cuando se preparan las ofertas para los proyectos se debe presentar un programa que indique la duración de las actividades, y se deberá respetar hasta donde sea posible. El programa se prepara en base a los rendimientos esperados según las circunstancias de cada proyecto, previendo cualquier atraso posible. Por ejemplo, si la necesidad de avance es mayor se puede pensar en aumentar la jornada de trabajo o la cantidad de maquinaria.

#### **2.2 Características básicas de la maquinaria**

Se definirá por características las propiedades de cada máquina para realizar el trabajo, como: su operación, las partes que la componen, en que condiciones se utiliza, etc. Permitiendo de esta forma, conocer su función y en que fase del proceso se emplea.

Describiendo a grandes rasgos el proceso de construcción de carreteras y la maquinaria empleada, tenemos que los trabajos empiezan con la limpia, chapeo y destronque del terreno, seguida de la excavación no clasificada, para dichas actividades se tienen que emplear: tractores, excavadoras y, algunas veces, camiones de volteo, si la distancia a depositar el material de corte es lejana; si el material fuese roca, se necesita un equipo de barrenación y explosivos para el aflojamiento del material. Simultáneamente, puede ocurrir la formación de terraplenes o rellenos que deben trabajarse controladamente con materiales adecuados, donde se deberán emplear tractores, compactadoras y alguna forma para llevar el material al lugar de relleno. Luego, se formarán las capas que componen el pavimento, obteniéndolos de

bancos de materiales previamente evaluados de calidad especificada, en donde se debe emplear maquinaria para excavarlos, triturarlos, *si es necesario*, y transportarlos, como trituradoras, tractores, excavadoras, cargadores y camiones; para después mezclarlos, homogenizarlos y compactarlos en capas, donde se emplean, patroles, compactadoras y regadoras. El proceso se complementa con la carpeta de rodadura, comúnmente se construye de materiales asfálticos como: el concreto asfáltico, los tratamientos asfálticos, y en ocasiones especiales de concreto hidráulico; en donde se utiliza otro grupo de maquinaria conocida como maquinaria de pavimentación que incluye: finisher, regadora imprimadora, hyster, barredora, según sea el caso, pueden ser esparcidoras de materiales para tratamientos superficiales, pavimetadora de cimbra deslizante si es concreto.

Además de lo descrito, anteriormente, se necesita de la construcción de otras partes que forman la carretera que, regularmente, son más pequeños en envergadura, pero no menos importante, tal es el caso de: muros, cunetas, bordillos y tuberías, que forman parte del drenaje de la carretera, aquí se incluyen los puentes. También, se debe tomar en cuenta la señalización vertical y horizontal y la colocación de los dispositivos de seguridad. En cada uno de ellos se necesita maquinaria y equipos especiales para su construcción.

En resumen, la clasificación de la maquinaria para la construcción de carreteras puede hacerse considerando el trabajo que realicen o teniendo en cuenta la función que ejecutan en la construcción. De esta manera, un tractor se clasifica como una máquina de excavación de material consolidado, es decir como una máquina que corta, empuja y dispone el material ya suelto. Otra forma, consiste en identificar una maquinaria por la operación del proyecto de construcción en que interviene. Por ejemplo: un tractor, generalmente, trabaja en una operación de terracerías. Al igual que las excavadoras, los cargadores de orugas, etc.

Por lo tanto, la clasificación que se considera más conveniente es la siguiente.

### **2.2.1 Maquinaria de corte y excavación**

Corte: es el material no clasificado que se excava dentro de los límites de construcción para utilizarlo en la construcción de terraplenes.

#### **a. Tractores para obras de tierra**

Estas son las primeras máquinas que entran al corte del cerro, ladera, etc., debido a que dominan las pendientes fuertes. La utilización de este tractor en la construcción de una carretera es necesaria, debido a la gran variedad de labores que puede realizar y se puede emplear para limpiar y destronque, excavaciones cortas, escarificar, empujar y halar mototrailla.

El equipo de corte está constituido, fundamentalmente, por tractores de oruga provistos de cuchilla cortadora accionado por cable o hidráulicamente, la cual puede estar fija, en posición transversal respecto al eje longitudinal del tractor o en posición esviada respecto al mismo. Estas cuchillas móviles pueden ser accionadas hidráulicamente o por medio de pines para graduar el ángulo de esviaje según convenga. Pueden ser equipados con diversos tipos de accesorios, como: Cuchilla empujadora, Cuchilla angular, Cuchilla en v, Riper, Escarificador, Compactadora

Estos tractores, cuando están equipados con cuchilla angulable pueden realizar trabajos de afinamiento y tallar los taludes, se ha comprobado que corrige un talud hasta una altura de 5 metros cortados desde el pie del mismo. Las condiciones de carga para el tractor, varían desde las relativamente ligeras y uniformes, hasta la aplicación de la fuerza para mover una piedra muy grande, arrancar una raíz o derribar un árbol. El desmonte o despeje de terrenos es una operación que requiere, frecuentemente, de un tractor con hoja angular especial de empuje y de accesorios de desgarramiento. A continuación se presenta una fotografía de un tractor de banda ejecutando trabajos de corte en el movimiento de tierras.

**Figura 1. Tractor de Banda**



Cuando el terreno es rocoso es necesario hacer uso de los explosivos para poderlo remover lo cual implica el uso de un equipo especial de perforación, para poder introducir los explosivos y luego hacerlos estallar. Existen varios tipos de equipo de perforación y son seleccionados dependiendo de la naturaleza del terreno y clase de roca, profundidad y tamaño de las perforaciones, tipo de roca a producirse y tamaño de los bloques a romper.

La operación regular de excavación de tierras es, prácticamente un conjunto de movimientos rectos de avance y retroceso. Cuando el tractor se mueve hacia delante, su hoja frontal se encaja en el terreno, cortándolo para obtener su carga. El tractor debe recorrer algunos metros para obtener su carga completa. El tractor con hoja frontal de empuje es la máquina óptima para el movimiento de tierra a distancias cortas, desde un mínimo de 15 metros, aproximadamente, hasta 90 m.

Existen también, tractores de ruedas, equipados con llantas neumáticas que dan como resultado mayor velocidad de conducción que no es posible con los tractores de oruga (20 kph) la velocidad que se obtiene con éstos tractores excede a los 45 kph, son capaces de servir en muchos propósitos en los que no se pueden usar tractores de oruga. La alta velocidad de estos tractores, proporciona mucha ventaja en el acarreo de material a distancias largas. Sin embargo, la alta velocidad que se obtiene disminuye la fuerza de tracción en razón inversa.

Además del trabajo de corte que realizan los tractores de oruga y ruedas, también, existe otro tipo de equipo adicional que realiza trabajos que siguen un lineamiento más definido, como zanjas y ciertos vaciados entre ellos se tienen:

- excavadoras;
- retroexcavadora;
- pala mecánica;
- draga.

Esta maquinaria es usada cuando el terreno está formado por material que no presenta mayores dificultades respecto del corte.

### **b. Excavadoras**

Las excavadoras son maquinas que cortan material y pueden disponerlo en alrededores cercanos o cargarlo. Son utilizadas en cortes de taludes, explotación de bancos de material, excavación de zanjas, dragados de ríos, etc. Las excavadoras se utilizan, principalmente, para excavar debajo de la superficie natural del terreno, sobre la cual descansa la máquina. Están adaptadas para la excavación de trincheras, pozos, sótanos y trabajos generales de excavaciones escalonadas, en donde se requiere un control preciso de las profundidades. A causa de su rigidez, son superiores a las dragas cuando operan en espacios pequeños, y para cargar camiones. Existen máquinas similares que se utilizan, pero que están quedando rezagadas por

las ventajas que tienen las excavadoras, tal es el caso de las palas mecánicas y las dragas.

La excavadora tiene en su extremo frontal una pluma firme que soporta un miembro excavador que tiene un cucharón en su extremo, sujetado, directamente, al frente de la superestructura giratoria de 360°. Las variables en las excavadoras son la potencia, la capacidad de levantamiento, la capacidad de los cucharones, la longitud de sus plumas, el tamaño de sus bandas; por lo tanto, pueden variar su tamaño y velocidad y la aplicación de cada una de ellas.

Además, existen configuraciones especiales que se pueden acoplar a las excavadoras como, por ejemplo: desgarradores, martillos de demolición, dientes especiales según el tipo de material.

Las excavadoras mas usadas, comúnmente, son de bandas, pero, también, existen las excavadoras de llantas, cada una tiene sus propias características que le brindan preferencia según sea la aplicación.

### **Selección de excavadoras: Cadenas vs. Ruedas**

#### **Características**

<b>Cadenas</b>	<b>Ruedas</b>
• Flotación	Movilidad y velocidad
• Tracción	No dañan el pavimento
• Maniobrabilidad	Mejor estabilidad con estabilizadores o con hojas
• Para terrenos muy difíciles	Nivelación de la máquina con estabilizadores
• Cambio de ubicación de la máquina es más rápido	Capacidad de trabajo con la hoja



**Figura 2. Excavadora de banda**



Si la aplicación no requiere demasiado movimiento de un sitio a otro o en la obra misma, una excavadora de cadenas puede ser la mejor opción. Las excavadoras de cadenas proporcionan buena tracción y buena flotación, en casi toda clase de terrenos. La potencia constante con la barra de tiro proporciona excelente maniobrabilidad. El tren de rodaje de cadenas proporciona, también, buena estabilidad. Si la aplicación requiere cambiar con frecuencia la ubicación de la máquina, una excavadora de cadenas proporcionará una operación más eficiente, porque el subir y bajar, frecuentemente, los estabilizadores toma demasiado tiempo.

Los neumáticos permiten que la excavadora se desplace por carreteras pavimentadas para trabajar en centros comerciales, zonas de estacionamiento y otras zonas pavimentadas sin dañar el pavimento. Su movilidad le permite desplazarse por si misma con rapidez de un sitio de trabajo a otro, o de un lugar a otro dentro de un sitio de trabajo. Es ideal para cargar camiones en espacios reducidos.

**Figura 3. Excavadora de llanta**



### **2.2.2 Maquinaria de carga**

El equipo de carga puede estar compuesto por la siguiente maquinaria.

#### **a. Cargador frontal**

El cargador es un tractor, montado sobre orugas o sobre ruedas, que tiene un cucharón de gran tamaño en su extremo frontal. El cucharón está instalado para excavar o cargar tierra o material granular, levantarlo, acarrearlo cuando sea necesario y vaciarlo desde cierta altura. Un cargador de llantas de hule es comúnmente utilizado para cargar material suelto. Por otro lado, el cargador de cadenas por su fuerte tracción es utilizado en bancos de materiales pudiendo cortar y luego cargar, ya que, se equipa con un cucharón de dientes.

**Figura 4. Cargador frontal**



El cargador frontal es, relativamente, nuevo entre la maquinaria para construcción. Aparentemente, se introdujo como otro accesorio para hacer más versátil el tractor de orugas y atender el problema de limpieza de los alrededores de los sitios de construcción. El tractor equipado de hoja topadora sólo podía empujar el exceso de material o desperdicio hacia un lado, en cambio, el cargador de cucharón frontal podía levantarlo y cargarlo en camiones.

En la actualidad, el cargador frontal tiene gran aplicación y aceptación. Una de las aplicaciones más comunes del cargador es la carga de materiales.

Otro uso común que se da a los cargadores es la excavación para basamentos o cimentaciones. En tal caso, sólo son aplicables cuando la dimensión horizontal más

pequeña es por lo menos, igual al ancho del cucharón, sino es que varias veces mayor. Si la dimensión más corta del fondo de la excavación es, por lo menos, el doble de longitud del cargador, no contando el cucharón, puede disponerse la operación para cargar camiones al nivel de la cimentación.

Un tercer uso importante del cargador frontal es la carga del material de voladuras, el espacio es limitado en una excavación en roca, de un túnel o cantera. En tales casos, el cargador tiene una ventaja sobre la pala mecánica, por su pluma y demás partes salientes.

#### **b. Retroexcavadoras**

Estas máquinas son muy versátiles y de gran aplicación en la construcción debido a que pueden realizar algunos trabajos efectuados por una excavadora y un cargador frontal en menor volumen. Debido a que dispone de un cucharón frontal y un brazo con un cucharón pequeño similar al de una excavadora.

Su tamaño permite maniobrabilidad para realizar trabajos livianos como: excavación de zanjas, corte de taludes, cargar material suelto en camiones, traslado de materiales, etc.

Las retroexcavadoras están montadas sobre ruedas lo que permite el desplazamiento rápido a distancias largas. Algunas retroexcavadoras de modelo reciente, permiten por medio de acoplamientos especiales utilizar accesorios en el cargador como cepillos barredores, rastrillos, cortador de asfalto, cucharón de descarga lateral; y, en el brazo excavador herramientas como: martillo hidráulico, compactador de plancha vibratoria, desgarrador, etc. A continuación se incluye una fotografía de una retroexcavadora cortando un talud.

**Figura 5. Retroexcavadora**



### **c. Pala mecánica**

Este tipo de maquinaria se usa, principalmente, para excavar tierra y cargarla a los camiones. Tiene la capacidad para excavar toda clase de material, exceptuando la roca sin aflojamiento previo, pueden estar montadas sobre orugas o bien sobre ruedas, las que están montadas sobre orugas tienen poca velocidad, pero tienen la ventaja que bulle la presión sobre el suelo lo que permite la operación en terrenos suaves o flojos. Las palas mecánicas montadas sobre llantas de hule, por su mayor movilidad debido a su velocidad, son usadas para trabajos pequeños donde tienen que trasladarse constantemente, son muy usadas en mantenimiento de carreteras.

### 2.2.3 Maquinaria de acarreo

El equipo de acarreo está compuesto, básicamente, por camiones y volquetas. Los camiones pueden ser clasificados de acuerdo a varios factores, entre los que se pueden incluir los siguientes: tamaño y tipo de motor, número de velocidades, clase de manejo, número de ruedas y ejes, distribución de las ruedas de propulsión, dos ejes, cuatro ejes, seis ejes, método de votar la carga, *por atrás o por un lado*, clase de material a acarrear, capacidad en toneladas.

La unidad de acarreo de materiales más usadas en nuestro medio es el camión de volteo, en algunas ocasiones se usan los camiones de estacas. A continuación se presenta una ilustración del mismo, botando material balasto sobre una carretera.

**Figura 6. Camión de volteo**



El camión de volteo es adecuado para emplearse en el acarreo de muchos tipos y clases de materiales. La forma de la carrocería, así como la cantidad de ángulos agudos, esquinas y el contorno de la parte trasera a través de la que deben fluir los materiales durante la descarga, afectarán la facilidad y/o dificultarán la misma.

Las cajas de los camiones que se utilicen para acarrear arcilla húmeda, y materiales semejantes, deben estar libres de ángulos agudos y esquinas. La arena seca y la grava fluirán, fácilmente, en casi cualquier tipo de caja. Si se va a acarrear cantera, las cajas deberán ser de poca profundidad y con redilas inclinadas.

A continuación se observa la fotografía de una volqueta que esta siendo cargada por una excavadora, en un terreno arcilloso y con bastante pendiente. La capacidad de las volquetas es mucho mayor que la de los camiones de volteo.

**Figura 7. Volqueta**



La selección del número adecuado de unidades para acarreo en una operación dada en movimiento de materiales, depende de un análisis completo del trabajo. Dicho análisis, debe considerar cada una de las partes del ciclo de trabajo de cada máquina. Para una operación de movimiento de materiales el ciclo comprende:

- la carga;
- el acarreo;
- la descarga;
- el retorno y acomodo para la siguiente carga.

#### **2.2.4 Maquinaria de conformación y afinamiento**

Cuando el material es colocado sobre la carretera, es necesario regarlo en capas uniformes y homogéneas con un contenido de humedad determinado, de acuerdo a las especificaciones de laboratorio para lograr una buena compactación.

##### **a. Motoniveladora**

El afinamiento final de la superficie es ejecutada por la motoniveladora o patrol, pues es una tarea que requiere bastante exactitud para dejar una superficie perfectamente nivelada.

La motoniveladora es una máquina que se utiliza para mover la tierra u otro material suelto. Generalmente, su función consiste en nivelar, modelar o dar la pendiente necesaria al material en el que trabaja, para darle una configuración predeterminada. Es de particular utilidad porque su hoja puede mantenerse en varias posiciones. A esta hoja, también, se le llama conformadora o moldeadora, su hoja estándar tiene 3.66 a 4.27 metros de longitud.



La motoconformadora se usa para una gran variedad de operaciones de construcción. Esta versatilidad se debe a la flexibilidad de sus acciones. Su utilidad se aumenta mediante accesorios que puede manejar la motoconformadora, como dientes o uñas escarificadoras, ensanchadores de pavimentos y unidades elevadoras de material, accesorios de fácil colocación en ella.

Un uso básico de la motoniveladora es como su nombre lo sugiere, la conformación y nivelación final de toda la anchura del camino. Esto comprende no sólo la base para la superficie del camino sino, también, los acotamientos transversales, las pendientes laterales de los taludes y las pendientes transversales desde la superficie del camino. Con el accesorio de hoja corta que prolonga hacia abajo a la hoja estándar, la motoniveladora puede excavar una trinchera en forma de caja, de poca profundidad.

**Figura 8. Motoniveladora**



Otro tipo de operaciones de caminos que la motoniveladora realiza es el trabajo que no es de acabado final; una de estas operaciones, es por ejemplo, el mantenimiento de caminos de acceso para otros equipos de movimiento de tierras o camiones. La motoconformadora sirve para mover y compactar la tierra, para lograr una superficie de recorrido razonable uniforme y eliminar las huellas longitudinales que se forman en los terrenos blandos sujetos a tránsito.

Otra operación que cabe en esta categoría, requiere la adición de un escarificador montado, generalmente, al equipo puede usarse para romper la superficie de un pavimento viejo, flexible, para reconfiguración o preparación y recibir una mejor superficie.

La motoniveladora es también muy útil para mezclar y extender materiales sobre una superficie. La hoja conformadora trabaja mezclando los materiales previamente colocados sobre el lecho del camino, en pilas longitudinales. Esto puede hacerse para los rellenos de tierra compactada o para operación de mezcla de pavimentación. En este último caso puede tratarse de mezcla de materiales asfálticos o bituminosos, con agregados para lograr una pavimentación flexible o bien, puede tratarse de mezclar materiales para formar una superficie de suelo cemento.

La gran facilidad de maniobra que tiene la motoniveladora, la hace útil para nivelar aeropuertos o grandes áreas para construcción. Para hacer este tipo de trabajos con mayor precisión, las mismas están provistas de controles automáticos de la hoja. Estos permiten al operador: ajustar la hoja a la inclinación deseada y dar una línea de inclinación establecida.

La cuchilla puede ser colocada a la profundidad deseada, girarse también a voluntad, empuja la tierra en línea o en ángulo deseado. Los movimientos de la cuchilla afinadora son hidráulicos para mayor precisión; están equipadas de 3 a 6 engranajes, con velocidades que varían de 3.5 a 35 kph, las velocidades bajas se usan para la operación de afinamiento y nivelación, las altas para transportarlas.

### 2.2.5 Maquinaria de compactación

La compactación de los materiales es una de las operaciones más importantes y delicadas en la construcción de una carretera, por lo tanto, es necesario contar con el equipo adecuado de acuerdo a los materiales a trabajar para obtener resultados satisfactorios y, así, evitar pérdidas de tiempo y elevación en el costo de la obra.

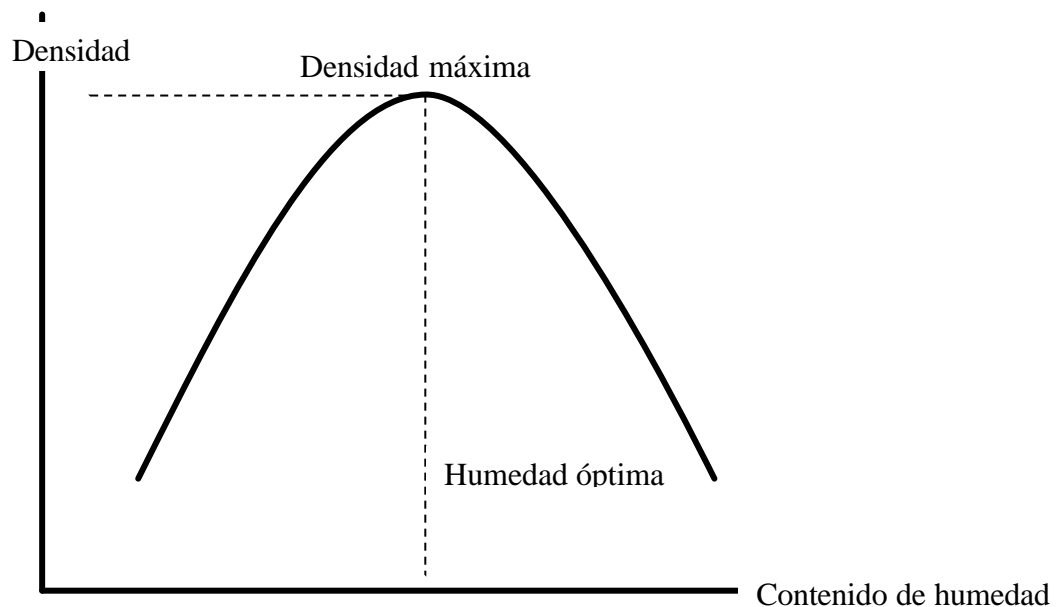
Compactación: es la operación mecánica de elevar la densidad del suelo, o sea el peso por unidad de volumen. Se acepta, generalmente, que la fuerza del suelo aumenta con la densidad. Hay tres factores importantes que afectan la compactación:

- a. Graduación del material: es la distribución, *% del peso*, de las partículas de diverso tamaño en un suelo determinado. Se considera que una muestra está bien graduada si contiene una distribución buena y uniforme de tamaños de partículas. Si la mayor parte de las partículas es del mismo tamaño, se dice que su graduación es inadecuada. En términos de compactación, un suelo bien graduado se compactará más fácilmente que un suelo con graduación inadecuada. Cuando el material está bien graduado, las partículas pequeñas llenan los espacios vacíos entre las partículas más grandes y quedan menos espacios vacíos después de compactar.
- b. Contenido de humedad: o la cantidad de agua que existe en el suelo tiene gran importancia en la compactación. El agua lubrica las partículas de suelo lo que facilita su deslizamiento a las posiciones de mayor densidad. Además, el agua mejora la unión entre las partículas de arcilla, que es lo que da cohesividad a diversas materias.

Se sabe por experiencia que es muy difícil y tal vez imposible obtener la debida compactación si los materiales están muy secos o muy húmedos. Se ha demostrado que para casi cualquier tipo de suelo corresponde un cierto contenido de agua, denominado grado óptimo de humedad con el que es posible obtener la densidad máxima con una fuerza determinada de

compactación. La gráfica siguiente muestra la relación entre la densidad en estado seco y la que resulta cuando hay humedad. Se denomina gráfica de compactación, de humedad- densidad, o Proctor.

**Gráfica 1. Humedad – densidad (Proctor)**



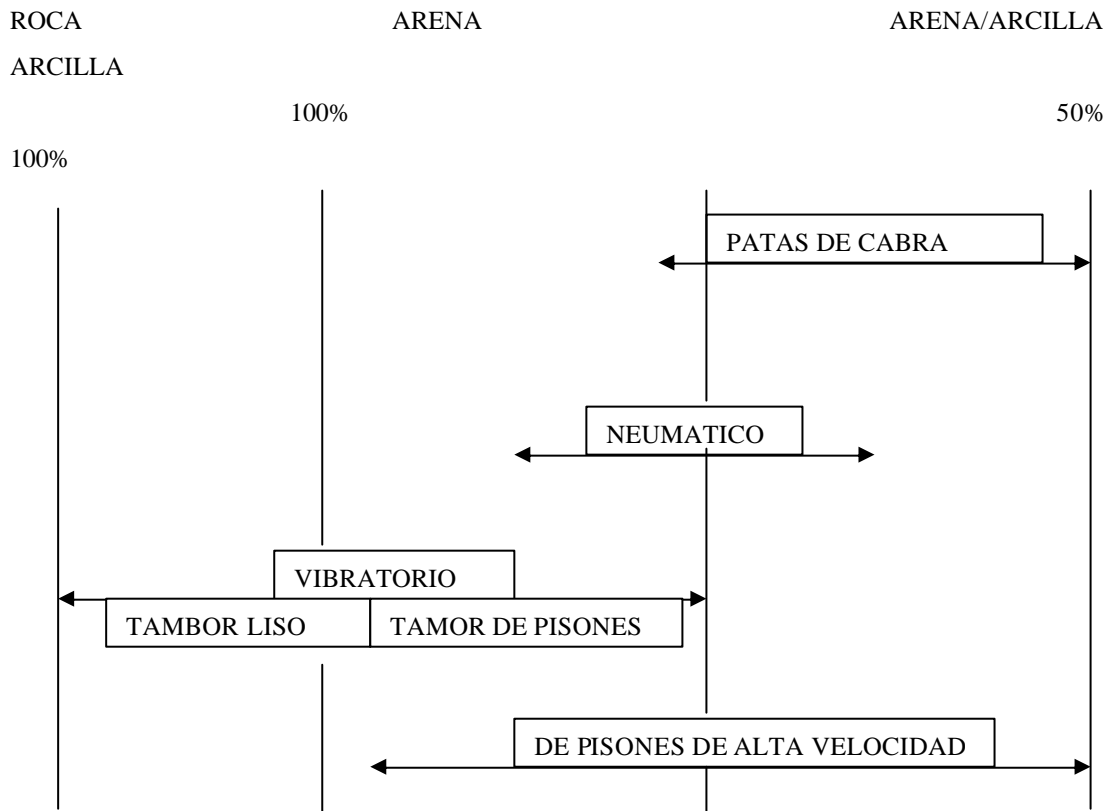
c. Esfuerzo de compactación: se refiere al método que se utiliza con una máquina de compactación a fin de aplicar energía mecánica en el suelo, con el objeto de apisonarlo. Los compactadores se diseñan para utilizar una o varias de las formas siguientes de esfuerzo de compactación.

- Peso estático, *o presión.*
- Acción de amasamiento, *o manipulación.*
- Percusión, *golpes fuertes.*
- Vibración, *sacudimiento.*

Para facilitar la comparación, se han colocado los compactadores en la gráfica de zonas de utilización que se muestra a continuación. La gráfica contiene una escala de mezclas de materiales desde el 100% de arcilla hasta el 100% de arena, más una zona

rocosa. Cada tipo ha sido ubicado en el lugar correspondiente a la zona de utilización donde es más ventajoso y económico, pero suelen emplearse algunas otras zonas. La posición exacta de las zonas varía según las condiciones existentes.

**Gráfica 2. Equipo de compactación adecuado según el tipo de suelo**



El equipo de compactación se clasifica generalmente en uno de los tipos siguientes:

- patas de cabra;
- vibratorio;
- neumáticos;
- pisones de alta velocidad.

Hay, también, disponibles combinaciones de estos tipos, como el tambor vibratorio de acero liso.

### **a. Compactadores del tipo de pata de cabra**

El principio original para usar el compactador del tipo Pata de cabra, continúa ampliándose en toda la variedad de diseños modernos. Las pezuñas o salientes de otras formas que pueden encajarse alrededor de medio pie en material suelto, constituyen la clave de la ventaja de este tipo de compactador.

Trabajan mejor en materiales arenosos con algo de barro cementante. Si se descarga la tierra suelta en capas de 6 a 10 pulgadas de espesor, se logra correspondencia correcta al diseño de la pata de cabra. Las patas se entierran para amasar y apisonar el material fresco hacia la capa compactada previamente, mientras la parte sólida del compactador aplica presión sobre la parte superior de la nueva capa, a medida que el nivel inferior de la capa se va compactando, el compactador del tipo pata de cabra va pisando en el seno del relleno, niveles más y más altos, al aumentar el número de pasadas. Se dice, entonces, que el rodillo va caminando hacia fuera del material. Para producir una masa cohesiva y bien consolidada, es mejor no compactar hasta la superficie superior de cada capa.

Generalmente, el compactador de pata de cabra trabaja moviéndose a través del material suelto, en vez de rodar sobre él. Esto significa que la mayor preocupación en el uso de este tipo de maquinaria es su resistencia al rodamiento, la cual puede ser de hasta 500 libras por tonelada.

Originalmente, se usaron tractores de oruga para obtener suficiente esfuerzo de tracción para tirar de los rodillos patas de cabra a la velocidad baja especificada. Para mejorar la velocidad baja de recorrido, se usaron tractores más potentes para halar un tren de compactadores de doble tambor. Cada eje de tambores equivale a una pasada sobre material de relleno en todo lo ancho del conjunto de tambores.

Una característica especial de diseño de las unidades de tambores montados en ejes alineados, como las ruedas de un camión, es que cada tambor puede moverse, independientemente, hacia arriba y hacia abajo, de acuerdo con la configuración del

relleno. Estas unidades tienen dispositivos limpiadores para el material que se haya adherido entre las patas. Ambas características ayudan a reunir la resistencia al rodamiento.

**Figura 9. Compactador pata de cabra**



### **b. Compactadores de neumáticos**

En estas máquinas, los neumáticos producen una acción de amasado del material, que se transmite radialmente, desde abajo del neumático para ayudar a consolidarlo, el compactador de neumáticos es una máquina diseñada, especialmente, como equipo de compactación, que combina la acción de amasado con la del peso estático.

Las ruedas están montadas en dos ejes, de tal manera que las ruedas posteriores pasan por los centros que quedan entre las líneas formadas por los neumáticos

frontales. Por lo tanto, tienen un número impar de neumáticos, generalmente, de 9 a 19. Hay en el mercado unidades autopropulsadas de peso total de 5 a 50 toneladas. Las compactadoras de este tipo pueden trasladarse a velocidades no mayores de 50 kmp.

Para la compactación de terraplenes granulares o material de sub-base, se usa una variante especial del compactador con neumáticos. Se llama compactador de ruedas oscilantes y tiene las ruedas montadas, libremente, en otro eje, por lo que puede oscilar o cabecear de un lado a otro.

Una característica de diseño de los compactadores de neumáticos es que tienen una acción individual de rodilla. Cada neumático puede moverse verticalmente sobre gran cantidad de material descargado, de tal manera que la aplanadora no deje área alguna sin compactar.

**Figura 10. Compactador de neumáticos**





### **c. Aplanadora de rodillo liso**

El tipo más moderno de aplanadora de rodillos lisos de acero son los llamados *Tandem*. Se le llama aplanadora tandem para indicar que uno de los rodillos sigue la misma trayectoria que el otro. Las aplanadoras de rodillos lisos de acero van equipados generalmente, con barras raspadoras y dispositivos de aspersion. Esto impide que los rodillos arrastren el material en una vuelta completa y que, por lo tanto, se produzcan irregularidades adicionales durante la compactación. La aspersion de agua del tanque de lastre de aplanadora puede ayudar a la compactación de algunos materiales, pero, posiblemente, no es uniforme. Las aplanadoras pequeñas del tipo tandem de dos ejes, con capacidad de 3 a 5 toneladas, se equipan con neumáticos de rodamiento de ambos lados del aparato, entre los ejes de los rodillos. Estos neumáticos se levantan durante la operación de aplanado pero, pueden bajarse para despegar los rodillos de la superficie y servir como ruedas de arrastre para remolcar la aplanadora con un camión.

**Figura 11. Compactador de rodillo liso**



#### **d. Compactadores Vibratorios**

Recientemente, se diseño maquinaria de compactación para aplicar acción vibratoria. El efecto consiste en dar más profundidad al esfuerzo del compactador en la mayoría de los materiales granulados, en vez de que se logra con peso estático y acción de amasado. Esto significa que se puede colocar y compactar capas más gruesas del material suelto. Sin embargo, no se aplica a los terrenos del más del 15% de arcilla u otro material cohesivo.

Un compactador vibratorio puede hacerse en forma, relativamente, simple con la conversión de una aplanadora ordinaria de rodillos lisos de acero o de un compactador del tipo de pata de cabra. El diseño consiste, simplemente, en agregar uno o más pesos de rotación, excéntrica, al eje del compactador.

#### **e. Compactadores de placa vibratoria y de impacto**

Además de los diversos compactadores de rodillo, hay dos tipos de compactadores del tipo impacto; estos compactadores son unidades que entregan impactos de sucesión rápida sobre el material que se compacta.

La forma de producir su energía para estos compactadores puede ser simplemente, mediante pistón de aire del tipo martinete y, también, puede producirse por pesos excéntricos situados dentro de un depósito en forma de caja, con una placa en el fondo.

Un compactador de placas requiere menos pasadas que un rodillo vibratorio para obtener la compactación deseada. Generalmente, dos pasadas del compactar de placas vibratorias dan el 90% o más de compactación. La compactación se hace por vibración con frecuencia que oscila entre 1200 y 6000 impactos / minuto.

## **2.2.6 Maquinaria de pavimentación**

### **2.2.6.1 Maquinaria para pavimentación con materiales asfálticos**

#### **a. Maquinaria para el rociado de Asfalto**

El asfalto se riega sobre la base preparada, como capa de riego de liga. La primera capa se hace de asfalto licuado para proteger a la base de las lluvias y del tránsito propio de la construcción y, segundo, para proporcionar una ligazón entre la capa de base y la del pavimento. Es necesario que haya penetración del asfalto en la capa de base para poder usar grados ligeros de curado medio que no pierdan sus destilados con mucha rapidez.

**Figura 12. Distribuidora de asfalto**



## **b. Pavimentación con Materiales Asfálticos**

Se usan máquinas de diseño especial, las cuales extienden la mezcla caliente de materiales asfálticos que reciben de los camiones de descarga por su extremo. Estas máquinas se conocen como pavimentadoras, esparcidoras o terminadoras, *Finisher*. La caja de la tolva que recibe la mezcla del material caliente, varía desde la más pequeña con capacidad de 3 toneladas a la unidad mayor de 12 toneladas. El material se envía del fondo de la tolva a la unidad conformadora mediante un transportador plano. La conformadora es la parte más importante de una pavimentadora, la cual debe extender el material de pavimentación uniformemente y con exactitud, para obtener una superficie lisa y homogénea. La conformadora extiende el ancho del pavimento que se está colocando.

La colocación de un pavimento bituminoso comienza con el acomodo de un camión cargado de mezcla caliente, con la cola apuntada hacia la pavimentadora.

**Figura 13. Finisher**



## **2.2.6.2 Maquinaria para pavimentación de concreto**

### **a. Mezcladoras de concreto**

Es la maquinaria para vaciado de concreto que rige generalmente las capacidades necesarias de toda la maquinaria independiente. Se ha establecido mediante extensos estudios que, de ser posible, la mezcladora debería cargarse simultáneamente con todos los materiales dosificados.

En estas máquinas se utilizan gran número de formas y tamaños de tambores mezcladores. Los tambores pueden ser o no inclinables y giran sobre un eje horizontal.

### **b. Extendedor de concreto para Pavimentos**

Se usan para distribuir el concreto mezclado húmedo a lo ancho del pavimento. Puntea el camino a pavimentar, montado sobre ruedas de acero que ruedan sobre la parte superior de los moldes metálicos, cuando se usan éstos para pavimentación.

Generalmente, tienen miembros de puenteo frontal y posteriores con el mecanismo montado entre éstos el emparejamiento se hace mediante transportador de gusano de uno o dos pies de diámetro. Instalado sobre un eje horizontal que cubre todo el ancho del carril que está pavimentando.

La acción de extendido se diseña para evitar la posible segregación del material, tal como si se moviera sobre la subrasante mediante una pala manual o vibraciones.

### **c. Pavimentadora de Cimbra deslizante**

La pavimentadora moderna con moldes deslizantes puede pavimentar una losa de hasta 12 pulgadas de espesor que tenga un ancho de 12 a 28 pies. Para colocar una losa en este intervalo de tamaños, se efectúa media docena o más de etapas de

pavimentación. Estas etapas suceden una a una en la pavimentadora del extremo frontal al trasero y se describen de la siguiente manera:

- extendido del concreto fresco con un transportador de gusano;
- recorte de excedentes con la emparejadora primaria alimentadora de concreto;
- vibración de elementos vibradores internos introducidos en el concreto fresco;
- uso de una conformadora oscilatoria con frecuencias que van de 0 a 80 rev/min;
- conformación de la superficie final con una terminadora oscilatoria de extrusión.

La conservación del alineamiento y de la pendiente es una función clave en el uso de la pavimentadora de formas deslizantes; su velocidad varía desde 0 a 30 pies/min., pero su límite usual es de 20 pies/min., en una sección recta de carretera.

### **2.3 Factores del rendimiento de la maquinaria**

Es muy importante tener presente que no hay fórmulas exactas para determinar con certeza el rendimiento de la maquinaria, ya que, como se verá depende de una serie de factores adicionales a las características propias de la unidad, las cuales no son constantes. El presente trabajo de graduación se enfoca únicamente a dar rendimientos basados en experiencia propia observada en campo con determinada maquinaria.

El rendimiento de una máquina debe medirse como el costo por unidad de material movido, una medida que incluye, tanto producción como costo. Influyen, directamente, en la productividad factores como la relación peso a potencia, la capacidad, el tipo de transmisión, las velocidades y los costos de operación.

Hay otros factores menos directos que influyen en el funcionamiento y productividad de las máquinas, pero no es posible mostrarlos en tablas ni gráficas. Son ejemplos de estos la facilidad de servicio, la disponibilidad de piezas de repuesto y las conveniencias para el operador. Al comparar las características de operación y rendimiento, deben considerarse todos los factores, pero lo más importante es la experiencia y el conocimiento de las condiciones donde se trabaja, las que permiten obtener estimaciones correctas del rendimiento de una máquina.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que todos los datos se basan en un 100% de eficiencia en las operaciones, lo cual no es posible conseguir de manera continua, ni aun en condiciones óptimas. Por lo tanto, al utilizar los datos sobre operación y productividad, es necesario rectificar los resultados indicados en las tablas, usando factores adecuados a fin de compensar la menor eficiencia en la obra, la habilidad del operador, las características del material, las condiciones de los caminos de acarreo, la altitud y otros factores que puedan reducir la producción o el rendimiento en un trabajo determinado.

Cuando la maquinaria es propia se deberán calcular los costos de posesión y de operación de una máquina, teniendo especial cuidado pues dependen de las condiciones del lugar, de las prácticas de la industria, de las preferencias del propietario y de otros factores. Cuando se emplea con buen criterio, se consiguen resultados bastante exactos. En este sentido se deben considerar las pautas basadas en las condiciones de trabajo que le ayudarán a determinar el consumo de combustible y de lubricante, la duración de los neumáticos y los costos de reparación de las máquinas. Es necesario considerar, sin embargo, que lo que para una persona son condiciones excelentes, para otra posiblemente sean duras, o medianas, pues todo depende de su experiencia y de las bases que usa como referencia. Por esta razón, estas pautas deben considerarse sólo aproximadas.

### 2.3.1 Naturaleza del material para terracerías

La planificación correcta de los trabajos de terracerías requiere el conocimiento de la naturaleza del material y la manera de prepararlo para su manejo y colocación final. El material que se encuentra en los trabajos de tierras puede ser desde el extremadamente pegajoso y chicloso, hasta la arcilla esponjosa, el material suelto o la roca sólida. Los distintos tipos de materiales ofrecen diferente resistencia para ser movidos, sus diversos grados de resistencia pueden depender de lo siguiente.

- a. **Peso del material:** el conocimiento de la densidad del material es sumamente importante, pues conociendo el peso por metro cúbico, se puede estimar la necesidad de potencia para realizar el trabajo. Mientras menos resistencia ofrezca un material para su remoción, mayor será la facilidad para cargarlo, de esto depende el tipo de maquinaria a usar.
- b. **Dureza:** el material que se va a manejar o trabajar requiere, con frecuencia, cierta preparación. En este caso se necesita comprender, parcialmente, la naturaleza del material y su preparación para las operaciones de construcción. Si se trata de un material duro y tenaz, deben romperse sus ligamentos de solidificación. Los fuertes ligamentos que operan en todas direcciones, deberán romperse probablemente, por voladura, como en la roca sólida.
- c. **Fricción y cohesión:** son factores internos que determinan la unión entre las partículas y varían según el tipo de material. Un material arcilloso es sumamente cohesivo, mientras que un material arenoso tiene más fricción entre sus partículas.
- d. **Humedad:** en su estado natural todo material tiene algún contenido de agua, el cual funciona como lubricante entre las partículas de material y permite acondicionarlas entre sí. Este factor puede modificar cualquiera



de las propiedades anteriores, por ejemplo, si se tiene exceso de humedad el peso varía, la dureza puede disminuir y puede volverse cohesivo, también puede alterar la fricción entre las partículas.

Estas son algunas de las muchas consideraciones relativas a la naturaleza del material de terracerías con las que ha de enfrentarse el encargado de la planificación. También, el encargado de la planificación debe determinar la cantidad de material que puede cargarse en un ciclo, es decir la capacidad de carga de la maquinaria para movimiento de tierras.

Para fines de la planificación de la maquinaria para construcción, es importante saber cómo se ha de manejar el material y que maquinaria ha de usarse para tal fin. Esto implica la pregunta relativa al estado o condición del material. En comparación con el estado natural del material en la superficie de la tierra, éste se *dilata* al excavarlo y se *contrae* al compactarlo. En su estado natural, la tierra se mide como si estuviera en su lugar o banco de materiales.

**Tabla I. Porcentaje de dilatación y contracción de los materiales**

MATERIAL	% DE DILATACION	% DE CONTRACCIÓN
Arena o grava, limpias y secas	12 a 14	12
Arena o grava, limpias y mojadas	12 a 16	14
Limo y arena limosa	15 a 20	17
Tierra común	25	20
Arcilla densa	13 a 40	25

Cuando se perturba el estado del material, como cuando se detona la roca o se excava la tierra de su lecho natural, utilizando cualquier maquinaria, éste abunda y entonces, se le llama material suelto. Tal abundancia del terreno puede ser, en parte, un aumento real de volumen debido a los esfuerzos de compresión, originados por muchos años de consolidación del material. Pero la mayoría del aumento del volumen de la masa del material sobre su medida en el banco, se debe al espacio que representan los vacíos presentes entre el material suelto.

### **2.3.2 Habilidad del trabajador con el equipo**

La habilidad del operador para realizar los trabajos depende de la experiencia que éste tenga en trabajos similares y se refleja en el rendimiento o atraso de las actividades.

Un operador con experiencia, trabajando en condiciones apropiadas y utilizando una máquina moderna y bien equipada constituye un equipo operador-máquina que puede obtener la máxima producción. Estos factores, junto con una normativa adecuada en el sitio de trabajo y procedimientos apropiados de comunicación, son esenciales para coordinar el trabajo de máquinas y operadores. Si se protege y mantiene la máquina, adecuadamente, se reduce la posibilidad de que sufra una avería prematura de un componente y le permite al operador la confianza y la seguridad necesarias para realizar su trabajo.

El empleador tiene la obligación de proporcionar un ambiente de trabajo seguro para sus empleados. El responsable del proyecto debe revisar su aplicación y el lugar de trabajo donde se va a utilizar para identificar posibles peligros relacionados con la aplicación o con el lugar de trabajo.

### **2.3.3 Influencia de las variaciones atmosféricas**

La influencia o el efecto de las variaciones atmosféricas en la selección de maquinaria son importantes. Las condiciones atmosféricas que deben considerarse son: la temperatura, la humedad, el viento y la presión del aire.

Por ejemplo, una forma de ver los efectos de las variaciones atmosféricas es: la lluvia o la humedad excesiva en la atmósfera y en el terreno en que trabaja la maquinaria puede ocasionar problemas, cuando la superficie está mojada, la tracción es más deficiente para la maquinaria. La maquinaria impulsada por neumáticos, tendrá de 5 a 10% menos de tracción en superficies mojadas.

En casos extremos la lluvia puede impedir, totalmente, el trabajo debido a la saturación de los materiales, por lo que se deben prever atrasos en los programas de trabajo. Otra forma en que se notan los efectos de las variaciones atmosféricas es cuando la potencia de las máquinas disminuye debido a la variación de altura, este efecto también se siente en los operadores.

### **2.3.4 Eficiencia óptima**

La eficiencia óptima de una máquina es la relación entre el rendimiento y gastos, que dé como resultado el costo más bajo posible por unidad de material movido. Influyen directamente en el rendimiento, factores como:

#### **a. Factor de carga F.C**

Es la relación entre medida suelta y medida en banco.

$$F. C = \frac{\text{Kg./m}^3 \text{ banco}}{\text{Kg./m}^3 \text{ suelto}}$$

Si se conoce el % de dilatación del material, se puede obtener el factor de carga con la siguiente fórmula:

$$F. C = \frac{100\%}{100\% + \% \text{ DILATACIÓN}}$$

Entonces para determinar la medida en banco, si se conoce la medida suelta, se opera así:

$$\text{Medida en Banco (m}^3\text{)} = \text{medida suelta} \times \text{factor de carga}$$

### b. % de Hinchamiento o Dilatación

Se expresa como porcentaje de aumento en el volumen de expansión volumétrica:

$$\% \text{ Dilatación} = \left( \frac{\text{volumen suelto peso dado}}{\text{volumen banco peso dado}} - 1 \right) \times 100$$

$$\% \text{ Dilatación} = \left( \frac{1}{F. C} - 1 \right) \times 100$$

### c. Factor de eficiencia

Es el total de minutos que se trabaja en 1 hora. Los factores de eficiencia de la tabla se basan en 60 minutos de trabajo/hora, que es el 100% de eficiencia, lo que nunca se consigue en la práctica. Por lo tanto, el estimador aplica un factor de eficiencia en el trabajo a las cifras de la tabla, basándose en su criterio o el conocimiento de las condiciones reales de la obra.

**Tabla II. Factores de eficiencia**

JORNADA DE TRABAJO	TIPO DE TRACCION	HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO	FACTOR DE EFICIENCIA
Diurna	Oruga	50 min/hora	0.83
	Ruedas	45 min/hora	0.75
Nocturna	Oruga	45 min/hora	0.75
	Ruedas	40 min/hora	0.67

## **2.4 Optimización de la maquinaria en el proceso de construcción de una carretera**

Dentro de las principales etapas de la construcción de carreteras encontramos las siguientes.

- Selección de maquinaria
- Caminos de acceso
- Corte y relleno
- Área de carga
- Drenaje y subdrenaje
- Formación del terraplén
- Mezcla y esparcido de materiales
- Pavimentación

### **2.4.1 Selección de maquinaria**

Aspecto clave para asegurar el éxito en toda construcción, y especialmente, en el área de carreteras. Se tendrán que tomar en cuenta varios factores.

- Determinar producción por hora
- Distancia de acarreo
- Condición del suelo
- Espacio disponible
- Necesidad de excavación
- Movilidad de maquinaria

### **2.4.2 Diseño y mantenimiento de caminos de acceso**

Es importante observar los errores más comunes que el contratista comete y que afectan directamente a la productividad del proyecto. Dentro de los factores a tomar en cuenta en el diseño correcto encontramos.

- Utilizar como ruta de acceso el mismo tramo por construir
- Amplitud y señalización de los caminos
- Zanjas de desagüe
- Motoniveladora para darle mantenimiento

Un buen diseño reduce tiempos muertos de maquinaria.

Técnicas de producción en el área de corte con la excavadora, mototrailla, tractor.

### **2.4.3 Planeación y administración del área de carga**

Tips para mejor rendimiento.

- Mantener un frente uniforme de carga
- Mantener el piso uniforme
- Atacar el banco de forma correcta
- Mantener una aceleración uniforme
- Accesar al camión en forma articulada

Recordar que la máquina principal para la producción es el cargador, las otras máquinas solo sirven de apoyo a ésta.

#### **2.4.4 Formación del terraplén**

Cada una de las capas que componen el terraplén tiene sus propias especificaciones. Es importante la buena comunicación y coordinación de los procesos para evitar que las máquinas interfieran con el área de trabajo del compactador que es la máquina más importante en este caso.

#### **2.4.5 Mezcla y tendido de los materiales**

La motoniveladora es la máquina principal de producción en la mezcla de bases. El número de máquinas extras que se usan en el proceso dependerá de la producción de ésta.

#### **2.4.6 Técnicas de pavimentación**

Tips para pavimentar.

- Pavimentar un carril por cada ½ jornada
- Buena planeación de los acarreos de asfalto
- La pavimentadora debe trabajar lo más continuamente posible, sin parar pues esto causa depresión en la capa asfáltica.
- Los compactadores deben trabajar coordinados con la pavimentadora
- El compactador debe trabajar en primera velocidad y máxima vibración, lo más cerca posible de la pavimentadora
- Hacer pasadas de compactación traslapadas, empezando por las orillas y terminando en el centro.
- La compactadora de neumáticos entra a trabajar cuando este fría la capa.

### **3. METODOLOGÍA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS**

La construcción de carreteras es el proceso constructivo que permite acondicionar los suelos para ajustarlos a un diseño según el tipo de terreno, por lo general, las actividades son repetitivas, lo que varía es la dificultad que depende mucho de las condiciones topográficas y el tipo de suelo; pueden existir desde pequeños cortes hasta la apertura de brechas en grandes montañas, asimismo, puede combinarse con rellenos en lugares inestables, pantanosos o con mucha agua, excavación en terreno rocoso donde sea necesario el uso de explosivos. Debido a esta razón, no es posible estandarizar los trabajos que varían de proyecto en proyecto.

En este capítulo, se pretende mencionar la metodología de forma práctica y de fácil comprensión, algunas de las actividades más comunes de la construcción de carreteras, involucrando la maquinaria, equipo, materiales y personal; y la función que cada uno tiene en el proceso constructivo. Aquí se debe hacer mención que este documento se enfoca para personas que se estén introduciendo en la rama de construcción de carreteras y que para alguien que tenga experiencia talvez le resulte un documento sencillo y poco profundo, pero muy real.

Todos los trabajos referentes a este capítulo, son coordinados por el ingeniero superintendente del proyecto y apoyados por el grupo de auxiliares, laboratoristas, topógrafos, operadores, mecánicos, planilleros, maestros de obra, albañiles, peones; según sea la magnitud del proyecto puede ser tan completo que se necesite de varios ingenieros que tengan una sección específica a su cargo, además del personal administrativo. Por la otra parte, se tiene, que la aprobación de los trabajos es responsabilidad del ingeniero delegado residente que debe contar con sus auxiliares en cada rama de trabajo a efectuar.



Para llevar a cabo la construcción de carreteras es necesario basarse en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda, donde se dan las normas que deben cumplir cada una de las actividades en las diferentes etapas de la construcción, además en algunas ocasiones se tienen otro tipo de normas dependiendo de la institución contratante o de las fuentes de financiamiento.

### **3.1 Movimiento de tierras**

El movimiento de tierras en una carretera comprende todos los trabajos para la preparación o construcción del cimiento hasta nivel de la sub-rasante, *no incluyéndola*, en donde se realiza: el retiro de estructuras, servicios existentes y obstáculos; la limpieza, chapeo y destronque; excavación y terraplenes; y todo tipo de excavaciones y rellenos para las estructuras necesarias para el funcionamiento adecuado de la carretera. Además, el acarreo de los materiales no clasificados provenientes del corte y de préstamo. Si fuese necesario el uso de explosivos, según el tipo de material.

#### **3.1.1 Retiro de estructuras, servicios existentes y obstáculos**

Como su nombre lo indica este trabajo consiste en remover todos los obstáculos y estructuras que existan dentro de los límites de la carretera, como por ejemplo postes de luz, construcciones como casas o edificios que sean imposibles de salvar, tubería de drenajes, etc. Según sea el tipo de estructura este trabajo debe hacerse con maquinaria de demolición, que puede ser un tractor, una excavadora con martillo, un cargador frontal y camiones para la disposición en lugares adecuados, o equipo más liviano como retroexcavadoras, minicargadores, etc. Su medida se debe hacer con la unidad que más se adecue ya sea por el número de metros cuadrados o metros

lineales. Dentro del personal necesario para este trabajo se incluye a operadores de maquinaria, personal de topografía, banderilleros y ayudantes entre otros.

### **3.1.2 Limpia, Chapeo y Destronque**

Consiste en el retiro de toda la maleza, tala de árboles y corte de la capa de suelo vegetal (aprox. 30 cm) existente en la sección comprendida del derecho de vía, previo al inicio de los trabajos de terracería. Este trabajo puede realizarse con maquinaria forestal, equipo como motosierras son muy empleadas, además los tractores de banda que cortan y retiran el material en distancias cortas, a veces es necesario disponer el material de corte en áreas destinadas para ello a distancias más lejanas donde se emplearán cargadores, camiones o volquetas, etcétera, según sean las condiciones del terreno. La medición de este renglón se hace por el número de hectáreas debidamente limpiadas.

**Figura 14. Limpia, chapeo y destronque**



### **3.1.3 Excavaciones y terraplenes**

#### **3.1.3.1 Excavaciones**

Una excavación se entiende como la operación de cortar material no clasificado dentro o fuera de los límites de construcción de conformidad con el trazo de la carretera o camino. Dentro de la maquinaria más comúnmente empleada para esta actividad tenemos: la excavadora de banda, tractores de banda, cargadores, camiones de volteo, volquetas, etc. El personal necesario consiste en operadores, personal de topografía para marcar los límites de construcción y ayudantes que efectúan trabajos menores como manejo de tráfico u otros. La medición para fines de este renglón se efectúa por el número de metros cúbicos obtenidos por medio de secciones transversales del lugar donde fueron extraídos, en su estado natural.

Es importante mencionar que el equipo y personal de topografía juega un papel primordial en todas las actividades de movimiento de tierras hasta llegar a la pavimentación, ya que, ellos son los encargados del marcaje de los cortes y niveles de los mismos, información que debe ser expresada a cabalidad y debidamente leída del diseño o los planos. Dentro de los distintos tipos de excavaciones que existen se enumeran las siguientes.

- Excavación no clasificada: de desperdicio y para préstamo.
- Excavación de canales.
- Excavación estructural para estructuras mayores y menores como: cimentaciones de estructuras, para alcantarillas, para subdrenajes, para gaviones.

Por lo anterior, nos damos cuenta que la maquinaria necesaria se selecciona según las condiciones y el tipo de trabajo a realizar y que muchas veces se vuelven repetitivas. *Léase inciso 2.1 y 2.4.*

### **3.1.3.2 Terraplenes**

Como terraplén se entiende el relleno y compactación de las áreas de terreno natural, previamente, preparado, donde se necesita llegar al nivel de subrasante; existen diversidad de condiciones donde se hace necesario la construcción de terraplenes con distintos tipos de materiales como suelo y roca, pero el procedimiento es similar y consiste en rellenar y nivelar el terreno inicialmente a un nivel uniforme para luego hacerlo en varias capas sucesivas de material, debidamente, compactadas hasta llegar a la subrasante. Dentro de la maquinaria empleada tenemos que en su conjunto necesitamos una excavadora que corte el material en el banco y luego lo cargue a los camiones o volquetas que lo acarreen y depositen en el área del terraplén, donde necesitaremos una máquina que lo reciba y lo distribuya uniformemente, aquí podemos emplear una motoniveladora, una retroexcavadora, un cargador frontal u otro que dependiendo de las condiciones de espacio y del tipo de material sea la más adecuada, luego se necesita una compactadora que al igual que las otras máquinas se debe seleccionar el tipo y el tamaño. *Ver gráfica 2.*

Dentro del personal requerido esta el laboratorista que se encarga de chequeos de las densidades de compactación y control de la calidad de los materiales, siempre se necesita de la topografía, los operadores, ayudantes y otros. La medida se hace al igual que el inciso anterior.

### **3.1.3.3 Relleno para estructuras**

Es el relleno que se construye en los accesos de un puente, sobre la superficie exterior de una bóveda o en la excavación de las alcantarillas. En cada caso se debe seleccionar el tipo de maquinaria para compactación, carga y acarreo de los materiales; hacer los chequeos de laboratorio, revisar los niveles finales del mismo. La medida se hace por el número de metros cúbicos medidos en su posición final.

### **3.1.4 Acarreo Libre y Acarreo**

Los materiales que pueden ser incluidos y cobrados bajo este renglón son: los materiales no clasificados, provenientes del corte y de préstamo, para ser utilizados en la construcción de terraplenes, así como el material de desperdicio.

Acarreo Libre: consiste en el acarreo de los materiales anteriormente descritos a una distancia menor o igual a 1,000 metros. Su costo debe ser incluido en el precio unitario del renglón que corresponda.

Acarreo: consiste en el acarreo de los materiales anteriormente descritos a una distancia que exceda de 1,000 metros. Su medida debe hacerse por el número de metros cúbicos-kilómetro, el volumen del material es medido según su estado original y la distancia es el centro de las distancias entre el banco y el lugar a ser depositado menos la distancia de acarreo libre.

### **3.1.5 Uso de explosivos**

Cuando los terrenos son rocosos y demasiado duros se hace necesario el uso de explosivos para aflojar el material. Otro uso común, es la explotación de bancos de material duro. Se deben hacer pruebas para los trabajos y tramitar todos los permisos y licencias relativos a este trabajo. Para ello, se debe contar con un experto en explosivos que determina las cantidades a utilizar según el tipo de roca y el tamaño que se desee producir de corte en la roca. El procedimiento consiste en perforar la roca a una profundidad y distancia calculada. Dentro del equipo empleado en este trabajo están los barrenos propulsados por compresores, otro equipo más grande son los llamados track-drill que tienen mandos hidráulicos; el uso de explosivos incluyen dinamita u otros explosivos, lechadas, gelatinas de agua, emulsiones, agentes para la explosión, explosivos de iniciación, detonadores y cables para la detonación. Aparte

del experto se debe contar con barrenadores y ayudantes para la colocación de explosivos.

**Figura 15. Barrenación con track-drill para uso de explosivos**



### **3.2 Terraplenes estructurales**

Dentro de este título entran todos los trabajos que comprenden la construcción de estructuras para la protección de taludes, márgenes, estructuras de drenaje y para el control de la erosión. Existen diferentes tipos de terraplenes estructurales dentro de los cuales podemos mencionar: zampeado de roca con o sin mortero, muros o rellenos de roca, *también, conocido como muros secos*, gaviones y colchones para revestimiento, muros de huacaleras, muros con geosintéticos, anclajes permanentes, muros de retención de concreto reforzado, muros de suelo enclavado, concreto lanzado.

En este tema no entraremos a detalle en cada uno de los tipos de terraplenes estructurales, solo describiremos en que se basan los criterios de selección de los mismos, pues, como toda obra de ingeniería se busca encontrar la solución más adecuada y segura al problema en estudio, buscando la economía, pero no siempre aplicándola.

Todos los trabajos a realizarse deben ser debidamente cimentados y compactados para soportar las fuerzas a las que serán sometidos por los esfuerzos estáticos y dinámicos y previstas para los tipos de fallas que puedan ocurrir. Además cumpliendo con todas las especificaciones de diseño y construcción de la obra con los que se han calculado.

Cuando ya se haya determinado cuál será el terraplén a construir se debe programar el equipo y maquinaria a utilizar, asimismo el suministro de los materiales de calidad y emplear mano de obra calificada.

Debido a que entrar en detalle en este tema se tornaría largo y tedioso, por lo tanto, cualquier consulta se debería de profundizar en fuentes especiales, consideramos que para efectos de este trabajo de graduación se debe mencionar únicamente los siguientes tipos de terraplenes:

### **3.2.1 Zampeado, *RipRap***

El zampeado consiste en la colocación de roca a mano o mecánicamente con o sin mortero sobre una superficie lisa para la protección de taludes o estructuras, empleando o no geotextil. Se debe cumplir con todos los requisitos de los materiales a utilizar. La medida se puede hacer por el número de metros cuadrados o por metro cúbico.

### **3.2.2 Muros o rellenos de roca**

También se conocen como muros secos, debido a que, no se utiliza mortero para unir las rocas y consiste en la colocación de roca acomodada manual o mecánicamente, para formar muros de forma regular o irregular que soporte las cargas a las que será sometido. Cuando se piense en esta solución se debe tener roca disponible en medidas adecuadas o pensar en la extracción de la misma con alguna máquina de corte, además necesitamos camiones o volquetas que trasladen la roca al lugar de construcción, si la distancia fuese corta se puede emplear un cargador. Lo más importante a considerar es la forma más práctica para la colocación de la roca, por ejemplo: si fuese un muro de protección a la orilla de un río con una altura considerable, se dejaría caer la roca desde la parte alta cuidando no afectar el cauce o en la posibilidad de colocar la roca con una excavadora o grúa. La medición de este trabajo se hace por el número de metros cúbicos.

### **3.2.3 Gaviones y colchones**

Los gaviones son utilizados como muros de contención, protección de márgenes de ríos y carreteras, apoyos de puentes, etc. Las dimensiones del muro deben ser diseñadas por métodos de cálculo de ingeniería que chequeen los diferentes tipos de esfuerzo a los que serán sometidos.

Un muro de gavión está formado por varias cajas de alambre con forma definida, *regularmente rectangular*, e interconectados, los cuales se llenan de roca colocada manualmente cuidando mantener su alineación, se contempla la colocación de geotextil en la parte trasera previo al relleno con material adecuado. La malla que forma las canastas debe ser lo suficientemente resistente a los esfuerzos de tensión que soportarán internamente y al estar entrelazados.

Para la construcción de un muro de gaviones según las condiciones que se tengan, se debe hacer excavación para el cimiento empleando maquinaria de corte,



*una excavadora, o manualmente, luego se debe contar con personal para armar las cajas y rellenarlas, gavioneros y ayudantes, el relleno del muro se debe hacer conforme se avanza en la altura para lo cual se coloca el geotextil y debe transportarse el material de relleno al lugar para luego colocarlo y compactarlo, bailarina o rodo.*

**Figura 16. Construcción de muro de gaviones**



Los gaviones pueden ser tipo colchón o de tipo caja rectangular entre los cuales las diferencias son las dimensiones, ya que el tipo colchón tiene menos de 0.30 m en su altura vertical y los de tipo caja rectangular miden de 0.50 m en adelante. Además, existen gaviones con revestimiento que traen una protección adicional contra la corrosión y agentes contaminantes que pueden afectar su vida útil, dentro de los más comunes en el mercado se encuentran: los revestidos de cloruro de polivinilo, por otro lado están los galvanizados y los aluminados. La medida de este trabajo se debe hacer por el número de metros cúbicos trabajados.

### **3.3 Sub-bases y bases**

El diseño de pavimentos consiste en determinar los espesores de cada capa componente y los factores que se toman en cuenta para el cálculo son:

- las cargas de tránsito;
- las características de los materiales, y;
- los factores climáticos.

Entonces el diseño se obtiene en base a las cargas que se prevean y a los materiales que se tienen disponibles, es por eso que existen diversas alternativas para la construcción de sub-bases y bases, y la selección se hace comparando costos. En este inciso se describen las partes que componen la estructura del pavimento desde la sub-rasante hasta la sub-base y la base.

#### **3.3.1 Tratamiento de sub-rasante**

La sub-rasante es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Las formas en que puede construirse son sobre una carretera existente o una estabilización de sub-rasante.

El procedimiento de construcción en ambos casos consiste en realizar repetidamente el número de veces que sea necesario los pasos siguientes: escarificar con el riper de la motoniveladora a una profundidad de 0.20m hasta aflojar el terreno, para luego homogenizar o dar la humedad con la regadora hasta alcanzar la humedad óptima, mezclando, *-en campo a este paso se le conoce como camellonear-*, con la cuchilla de la motoniveladora los materiales hasta uniformizarlos, conformándolos hasta los niveles dados por la topografía y, por último, proceder a la compactación con el rodo hasta alcanzar la compactación deseada.

En resumen la maquinaria necesaria para llevar a cabo el trabajo consiste en: Una motoniveladora, un rodo compactador y una regadora.

**Figura 17. Procedimiento de construcción de la sub-rasante**



Ripeo



Homogenización



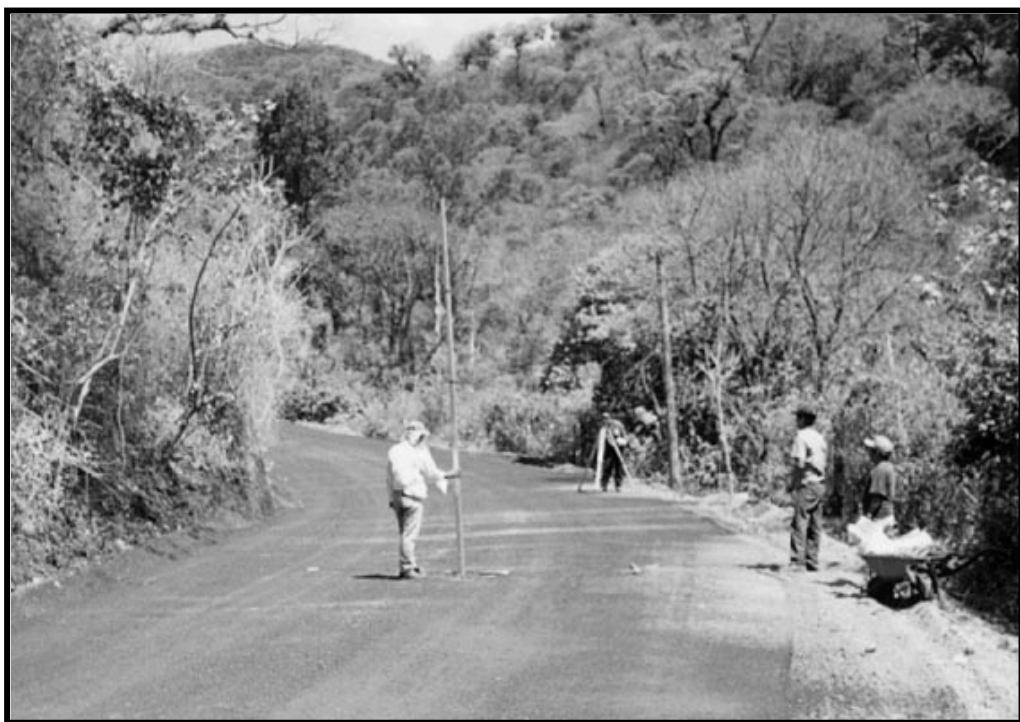
Mezcla



Compactación

En este proceso se contempla que el personal necesario y el trabajo que realice sea el siguiente: el equipo de topografía será el encargado replantear los niveles del diseño por medio de maderas o trompos y que exista un grupo de ayudantes encargados por velar que se mantengan en su lugar durante y después del trabajo con la maquinaria.

**Fig. 18 Trabajos de topografía**



Cuando la maquinaria está en el proceso de mezcla se debe procurar llegar a la humedad óptima, para lo cual es muy importante la experiencia del patrero, para pedir el agua que considere necesaria y contar con la supervisión constante de un laborista que calcula humedades con el speddy u otro método. Por último, cuando los materiales han alcanzado la mezcla necesaria, se afinan hasta llegarlos a los niveles definidos y se procede a compactar la sub-rasante hasta alcanzar la densidad óptima que será comprobada por medio del ensayo de densidad de campo que efectuó el laborista.

**Fig. 19 Densidad de Campo**



La estabilización de la sub-rasante se da cuando los materiales existentes no cumplen con los requisitos mínimos de diseño y se necesita incrementar alguna propiedad como el caso del CBR, lo que hace necesario adicionar algún tipo de material estabilizador como: la cal hidratada, la cal viva, granza de cal, lechada de cal, puzolanas naturales o artificiales, escoria granulada de alto horno, compuestos estabilizadores químicos, orgánicos e inorgánicos.

La medida de la sub-rasante se hace por el número de metros cuadrados que se trabajen.

### 3.3.2 Capa de Sub-base

Esta constituida por una capa de material previamente estudiado, de espesor determinado, de acuerdo al diseño de la carretera y colocada directamente sobre la sub-rasante, *en casos especiales hay terracerías que se pueden utilizar como sub-bases.*

Una sub-base es la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito provenientes de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de sub-rasante las pueda soportar.

Dentro de los tipos de sub-bases que existen, se enumeran los siguientes:

- capa de sub-base común;
- capa de sub-base granular;
- capa de sub-base de grava o piedra trituradas;
- capa de sub-base de recuperación del pavimento existente;
- capa de sub-base estabilizada.

El procedimiento de trabajo de una sub-base consiste en la obtención de los materiales a utilizar ya sea por explotación de bancos, mezcla de materiales existentes o compra de los mismos, además, incluye el transporte al área de trabajo de las cantidades de material contemplando el porcentaje de contracción. Según sea el tamaño del proyecto se considera la implementación de las estructuras y equipo necesario, por ejemplo, el montaje de una trituradora, el uso de excavadoras y tractores para la obtención del material, una cantidad de camiones para el transporte al área de trabajo. Cuando el material ya está colocado en el área de trabajo se procede al tendido por medio de la motoniveladora hasta el nivel de los trompos colocados previamente por la topografía ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical y secciones típicas de pavimentación, *a este paso se le conoce como ajuste*

*de material*, luego se humedece por medio de la regadora y se mezcla, *camellonea* con el patrol, las veces necesarias hasta ver uniforme el material, *se chequea por el laboratorista la humedad de campo*, luego se procede a conformar y afinar, *comprobando con la topografía las tolerancias de aceptación*, para que entre el rodo a compactar hasta alcanzar la densidad óptima deseada. Por último, se chequean densidades de campo. Al finalizar, se debe cubrir con material de base para evitar que la sub-base pierda sus características.

Luego de describir el procedimiento de trabajo se percibe que es un trabajo repetitivo que se podría estandarizar pero que conlleva mucho cuidado por ejemplo el número de vueltas que el patrol le da al material depende de la uniformidad de los materiales, según las condiciones climáticas en un día soleado se necesita más agua que en un día nublado, el número de pasadas dadas por el rodo para compactar depende de la capacidad o tonelaje que tenga, según el volumen del material a trabajar o el tiempo que se disponga se podría tener dos patroles, dos pipas, etc. Así, se podrían numerar otras condiciones que pueden suceder, pero dependen de cada tipo de proyecto.

### **3.3.3 Capa de base**

Están constituidas por una capa de material seleccionado, de granulometría y espesor determinado que se constituye sobre la sub-base.

Hay una gran variedad de bases que varían de acuerdo al tipo de pavimento y a los criterios del ingeniero diseñador. Dentro de los distintos tipos de bases que existen se describen las siguientes:

- capa de base granular;
- capa de base de grava o piedra trituradas;
- capa de base de recuperación del pavimento existente;

- capa de base estabilizada;
- capa de base de suelo cemento;
- capa de base negra;
- recuperación y estabilización del pavimento existente.

Dentro de las principales funciones y características que cumplen se enumeran las siguientes:

- transmitir y distribuir las cargas provenientes de las carpetas de rodadura;
- servir de material de transición entre la sub-base y la carpeta de rodadura;
- drenar el agua que se filtre a través de las carpetas y hombros hacia las cunetas;
- ser resistentes a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producida por el tránsito, y;
- alcanzar mayor capacidad de soporte que las sub-bases.

El procedimiento constructivo es igual al de una sub-base, lo que varían son los requisitos y especificaciones de los materiales y que los márgenes de tolerancia y aceptación son más estrictos. Al igual que la sub-base la medida es por el número de metros cuadrados trabajados y aceptados a entera satisfacción, protegidos por un riego de imprimación.

### **3.4 Pavimentos asfálticos**

Los pavimentos asfálticos conocidos, comúnmente, por asfalto son muy empleados en la construcción de carreteras como superficie de desgaste, y la preparación del mismo puede hacerse de diversas formas. La esencia de su preparación consiste en emplear materiales pétreos de graduación establecida unidos por material bituminoso derivado del petróleo. Los más conocidos son: pavimento de concreto asfáltico en caliente, pavimento de concreto asfáltico reciclado en



caliente, mezcla asfáltica en frío, tratamientos asfálticos superficiales, sellos asfálticos, además, en las actividades relacionadas a este tipo de pavimento tenemos: el sellado de grietas y bacheo del pavimento existente, riego de imprimación, riego de liga, geosintéticos para pavimentación, arena asfalto, asfaltos modificados.

Los pavimentos asfálticos son considerados como flexibles debido a su comportamiento. Un pavimento flexible es una estructura que mantiene un contacto íntimo con las cargas y las distribuye a la sub-rasante; su estabilidad depende del entrelazamiento de los agregados, de la fricción de las partículas y de la cohesión.

### **3.4.1 Concreto Asfáltico**

Actualmente, el concreto asfáltico es muy empleado en las carpetas de rodadura. El procedimiento de la elaboración de concreto asfáltico se hace en una planta en caliente donde deben mezclarse en proporciones controladas los agregados pétreos, polvo mineral, cemento asfáltico y aditivos empleados. También, se puede producir concreto asfáltico reciclado, proveniente de materiales de una carpeta existente fresada, agregando materiales triturados nuevos y cemento asfáltico, incluyendo agentes recicladores o rejuvenecedores cuando sean necesarios. Todo el proceso de elaboración está, debidamente, normado, al igual que los requisitos que deben cumplir los materiales para su construcción.

Debido a las propiedades de la mezcla esta debe ser colocada dentro de un margen establecido de temperatura para evitar su endurecimiento. Para la colocación de la carpeta se necesita del transporte de la mezcla caliente al área de trabajo por medio de camiones de volteo que descargan sobre la tolva de la pavimentadora o finisher que distribuye en espesores uniformes la capa o capas de asfalto, prosiguiendo con la compactación por medio de compactadoras neumáticas y de rodillos lisos, *Léase 2.2.6.1*. Los tramos trabajados con concreto asfáltico, tienen la ventaja de ser abiertos al tráfico inmediatamente después de compactados.

Existen dos formas aceptadas para la medición del concreto asfáltico: la primera es por volumen del número de metros cúbicos de material, debidamente, compactado y la segunda por peso del número de toneladas métricas de 1000kg colocadas en la sección típica de la carretera.

### **3.4.2 Mezcla asfáltica en frío**

La elaboración de mezcla asfáltica en frío mantiene el principio de la unión de materiales pétreos con materiales bituminosos mezclados en planta o en la carretera, se emplea como carpeta de rodadura y, también, como mezcla para bacheo o recapeos de pavimentos existentes.

Su construcción se hace con materiales pétreos nuevos o reciclados graduados adecuadamente e incluye la explotación de los mismos para mezclarlos con material bituminoso a las temperaturas y cantidades necesarias. Debido al tipo de material bituminoso empleado este debe ser curado previo a la colocación y compactación. El suministro, almacenamiento y acarreo forman parte de los trabajos de este renglón.

La medida de este renglón se puede hacer de las siguientes formas: por el volumen (m<sup>3</sup>); por el peso (ton/2000lb); por superficie (m<sup>2</sup>); o por la cantidad de material bituminoso empleado (gal) en este caso se debe calcular por aparte el renglón de agregado pétreo (m<sup>3</sup>).

### **3.4.3 Tratamientos superficiales**

El tratamiento superficial asfáltico es un término que se usa para identificar la aplicación de uno o varios riegos de asfalto, recubiertos cada uno con agregados graduados; según sea el número de capas aplicadas, el tratamiento se identifica como simple, doble, triple o múltiple.

Los tratamientos superficiales tienen diversas aplicaciones por sus bajos costos de construcción y porque cuando están bien contruidos sobre bases sólidas y firmes provocan bajos costos de mantenimiento. Tienen una prolongada vida útil. Sus principales funciones son las siguientes:

- suministrar una superficie asfáltica de bajo costo inicial, transitable siempre;
- impermeabilizar los pavimentos que se han agrietado o envejecido, para evitar la entrada de agua a la estructura, dando nueva vida a la superficie del pavimento;
- mejorar la adherencia cuando la superficie existente se ha vuelto resbaladiza.

El éxito para este tipo de proyectos depende de la calidad de los materiales a emplear y el proceso constructivo, donde el funcionamiento del equipo empleado juega un papel muy importante al igual que la experiencia de los operadores.

En resumen, el área a trabajar debe encontrarse limpia para lo cual se emplean escobas barredoras y barredoras, muchas veces se necesita que la superficie se encuentre húmeda para que los materiales se adhieran más fácilmente, siendo necesaria una pipa de agua, cuando el terreno ya está listo se contempla el uso de una distribuidora de asfalto que es la máquina más importante en este trabajo, *debe contar con un tanque de almacenamiento, con su sistema de circulación, quemadores, barras de riego, escopetas para riego a mano y un sistema adecuado de controles de temperatura, presión, volumen, cantidad y velocidad de distribución en metros por minuto*, luego entra a trabajar la esparcidora de agregados que debe ser capaz de distribuir uniformemente y en las cantidades deseadas los mismos, por último, se compactan los materiales para lograr el acomodo y la adherencia de las partículas minerales, empleando de preferencia compactadoras de neumáticos, *ya que, por el movimiento oscilante y la cara lisa de los neumáticos se alcanza acomodar un alto porcentaje de agregado mineral dentro del asfalto sin romperlo.*

La medición de este renglón se hace por el número de galones empleados de material bituminoso, y, por el número de metros cúbicos de agregado suelto.

#### **3.4.4 Riego de imprimación**

Es la aplicación de un asfalto líquido, por medio de un riego a presión, sobre la superficie de la sub-base o sobre la base y hombros de una carretera, para protegerla, impermeabilizarla, unir entre sí las partículas minerales existentes en la superficie y endurecer la misma, favoreciendo la adherencia entre la superficie imprimada y la capa inmediata superior.

El material bituminoso es esparcido sobre la superficie debidamente humedecida con una regadora de asfalto a una temperatura específica y en cantidades uniformes, que permitan la penetración adecuada, la cantidad de asfalto debe oscilar entre 0.12 y 0.60 gal/m<sup>2</sup>. Los asfaltos recomendados y sus temperaturas para aplicación son los siguientes: MC-30 > 30°C, MC-70 > 50°C y MC-250 > 75°C.

La absorción completa del asfalto debe darse en un lapso aproximado de 24 horas, luego del cual se procede a la aplicación de material secante sobre toda la superficie en una cantidad que puede variar entre 0.003 a 0.006 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup>, para absorber los excesos de asfalto y evitar que la imprimación sea levantada por las llantas de los vehículos.

A pesar de las propiedades que alcanza una imprimación, no es aconsejable que los vehículos transiten mucho tiempo sobre ellas, por lo que se debe pavimentar en el menor tiempo posible.

La medida se hace por el número de galones empleados en la cantidad de metros cuadrados imprimados, esta medida se obtiene restando la lectura inicial menos la lectura final del indicador de galones de la imprimadora.

### 3.4.5 Riego de liga

Es la aplicación de una emulsión asfáltica diluida por medio de riego a presión, sobre una superficie bituminosa existente, la cual debe ser cubierta con la capa de material asfáltico inmediato superior. Este riego tiene por objeto mejorar las condiciones de adherencia entre las dos superficies y prevenir deslizamientos.

### 3.4.6 Sellos Asfálticos

Un sello asfáltico es considerado como el revestimiento con emulsiones asfálticas o emulsiones asfálticas y agregados finos, destinado principalmente a impermeabilizar una superficie, por medio del llenado de los vacíos y grietas y/o evitar la desintegración de superficies asfálticas desgastadas y mejorar su resistencia contra el deslizamiento aumentando la durabilidad del pavimento. El sello asfáltico puede ser de cuatro tipos.

- Sello de brisa, *Fog Seal*. Consiste en la aplicación de un riego liviano de una emulsión asfáltica de fraguado lento diluida en agua.
- Sello ordinario, *Sand Seal*. Consiste de un riego de una emulsión asfáltica seguido de un esparcimiento de agregado pétreo fino.
- Sello de lechada, *Slurry Seal*. Consiste en la colocación de una mezcla de emulsión asfáltica, agregado fino, material de relleno y agua.
- Sello de lechada modificada con polímeros, *Micro Surfacing*. Consiste en la colocación de una mezcla de emulsión asfáltica catiónica modificada con polímeros, agregados finos producidos exclusivamente por trituración, material de relleno y agua.

Aquí haremos un paréntesis para mencionar las principales ventajas de este tipo de trabajo en especial el Slurry Seal y el Micro Surfacing.

- Comparado con otros tipos de mantenimiento son más económicos.
- Son utilizados para mejorar la vida del pavimento como mantenimiento preventivo, al igual se pueden utilizar como mantenimiento correctivo en ciertas situaciones de deterioro no severas, *sello de grietas, desvestimientos, perdida de finos, etc.*
- La ejecución es rápida, y los tramos terminados pueden ser abiertos al tráfico en tiempos cortos.

**Figura 20. Trabajos de micropavimento**



### **3.5 Pavimentos rígidos**

Los pavimentos rígidos son de mejor calidad pero menos utilizados en comparación con los flexibles, por el costo más elevado que tienen. Son pavimentos de concreto de cemento hidráulico y pueden dividirse en pavimentos de concreto

simple y pavimentos de concreto continuamente reforzados. Según sea el diseño del mismo pueden variar sus resistencias a la compresión.

Un pavimento de concreto hidráulico es la mezcla de cuatro elementos principales: cemento p<sup>o</sup>rtland, arena, agregado mineral grueso, *pedra triturada o grava*, y agua. Por lo tanto, se debe cuidar la calidad de los mismos y las proporciones deben ser obtenidas de un diseño de mezcla adecuado.

La construcción de la carpeta o losa de pavimento de concreto, se hace sobre sub-rasante, sub-base o base preparada y aceptada previamente. Y consiste en la fabricación, colocación, compactación, acabado, curado y protección del concreto *léase 2.2.6.2*.

Dentro de los principales requisitos a cumplir para la fabricación de concreto tenemos: Cemento, Agregado fino, Agregado grueso, Agua, Aditivos, Requisitos para la clase y resistencia del concreto, Requisitos para el acero de refuerzo.

Además, se debe considerar lo relativo a las formaleas, relleno y sello de juntas, y realizar los ensayos que sean necesarios para controlar la calidad de los mismos, tal es el caso de los ensayos de compresión para chequear la resistencia y verificar los espesores.

La medida de este renglón se puede hacer de tres formas: por superficie (m<sup>2</sup>) por volumen (m<sup>3</sup>) o por peso (ton/1000kg).

### **3.6 Estructuras**

Debido a que muchas veces en los proyectos de carreteras existe la necesidad de realizar una estructura de diversa índole y debemos adecuar la mejor según el problema que se presente, entonces se hace preciso el conocimiento de algunos tipos de estructuras que se emplean.

- Concreto estructural.
- Acero de refuerzo.
- Estructuras de concreto.
- Estructuras de concreto pre-esforzado.
- Concreto ciclópeo.
- Formaletas y obra falsa.
- Pilotes hincados.
- Pilotes fundidos en el lugar.
- Estructuras de acero.
- Conectores de acero
- Dispositivos para soporte.
- Estructuras de madera.
- Pintura.
- Tablestacado.
- Estructuras de mampostería de piedra.
- Estructuras de mampostería de ladrillo o bloque.
- Barandales de puentes.
- Reparación de grietas en estructuras de concreto, recubrimientos protectores del concreto.

### **3.7 Estructuras de drenaje**

Las obras de drenaje juegan un papel muy importante en la construcción de las carreteras, pues su función principal es eliminar en el menor tiempo posible las aguas que por una u otra forma fluyen en las vías ya sean superficiales o subterráneas, creando de esta forma la protección para la erosión de taludes, pasos de agua y la estructura del pavimento.



El término “drenaje” en carreteras, es muy amplio e incluye las diferentes formas de realizar esta labor, dentro de las cuales se mencionan: las alcantarillas de tubos de concreto reforzado, alcantarillas de metal corrugado, alcantarillas de material plástico, sub-drenajes, drenajes horizontales, incluyendo los dispositivos para protección de las alcantarillas como las cajas y cabezales, cunetas revestidas, bordillos, capa filtrante, por último, se debe contemplar la forma de proceder para la limpieza, reacondicionamiento, reutilización o demolición de estructuras de drenaje existentes.

### **3.7.1 Alcantarillas**

Las tuberías o alcantarillas son los conductos que se construyen por debajo de la sub-rasante de una carretera u otras obras viales, con el objeto de evacuar las aguas superficiales y profundas, provenientes de las cunetas o cuencas definidas, las cuales pueden ser permanentes, como riachuelos o variables como las aguas de lluvia. Dentro de los tipos más conocidos se enumeran las siguientes:

- alcantarillas de tubos de concreto reforzado;
- alcantarillas de metal corrugado;
- alcantarillas de material plástico.

Los trabajos relacionados a la construcción de alcantarillas consisten en el suministro, acarreo, almacenaje, manejo y colocación de la tubería de los diámetros y materiales requerida en los planos. Según las especificaciones los trabajos de excavación y relleno se pagan como renglón de excavación estructural; y, si el material de relleno debe reemplazarse se pagará dentro del renglón de relleno para estructuras.

Para la construcción de tuberías necesitamos definir el diámetro de la misma, por algún método confiable, *racional, de comparación u otro*, la alineación de la misma

con respecto a las aguas que drenará, para que su desfogue sea rápido; la pendiente debe ser adecuada para que no se estanque el agua sobre ella y no debe ser demasiada grande para evitar erosión.

**Figura 21. Colocación de alcantarilla de metal**



La compactación del material de relleno, debe hacerse en capas más o menos uniformes y, debidamente, homogenizados, la altura mínima de relleno debe ser 0.60m.

El personal encargado de la colocación debe nivelar y afirmar el terreno de cimentación. Dentro de la maquinaria a utilizar esta una retroexcavadora para zanqueo y si fuese necesaria la obtención de material para relleno se necesitará un camión de volteo para transporte, además de una vibrocompactadora manual, *bailarina u otro*.

La medida se hace por el número de metros lineales colocados, medidos entre rostros exteriores de los extremos de la alcantarilla, o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la alcantarilla.

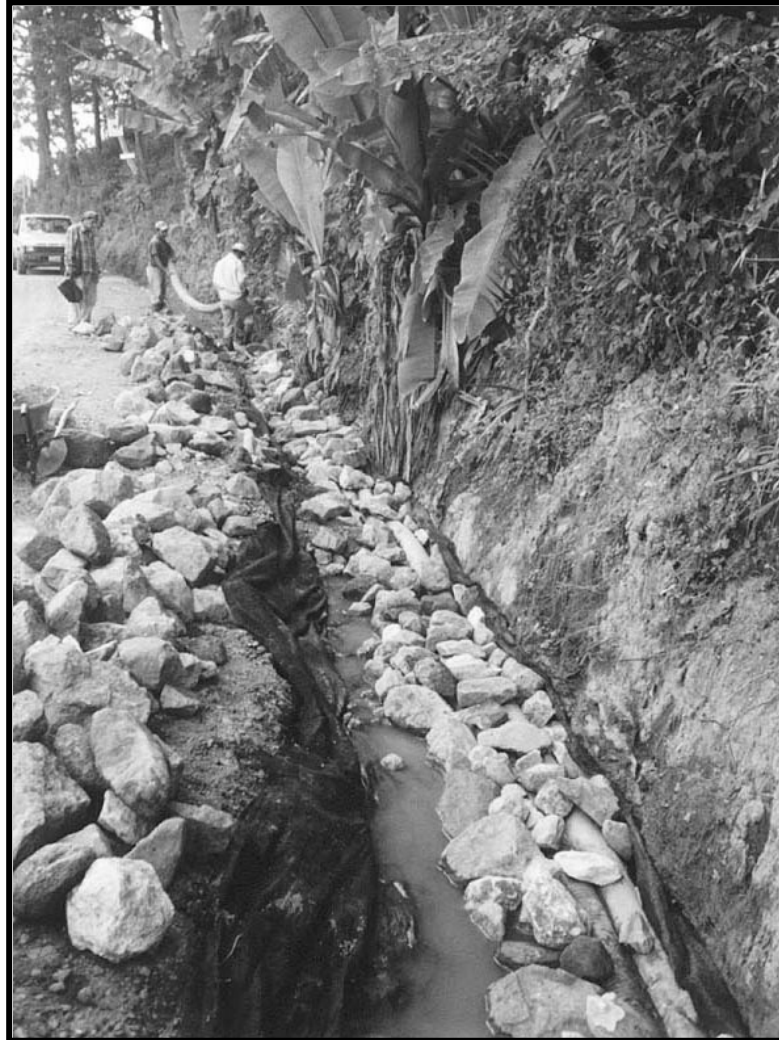
### **3.7.2 Sub-drenajes**

Un sub-drenaje es un sistema de drenaje para aguas subterráneas que puedan afectar a la carretera, buscando la forma de desalojarlas adecuadamente. Existen distintos tipos de sub-drenaje:

- sub-drenaje de tubería perforada, *con o sin geotextil*;
- geocompuestos para sub-drenajes;
- sub-drenaje de drenaje francés.

La construcción de un sub-drenaje consiste en la excavación de la zanja, nivelación, colocación o no de geotextil, relleno con material filtrante, colocación o no de la tubería perforada, relleno de material impermeable. Cada actividad que compone el sub-drenaje se mide por separado, a menos que se conozcan las dimensiones y se presente una integración en global del trabajo a ejecutar. Por lo tanto, las medidas se hacen de la siguiente forma: la tubería perforada en ml, el material granular para filtro en m<sup>3</sup>, drenaje francés en m<sup>3</sup>, geotextil en m<sup>2</sup>, geocompuesto en m<sup>2</sup>, para los trabajos de excavación no se debe hacer ninguna medida porque son a cargo del renglón de excavación estructural.

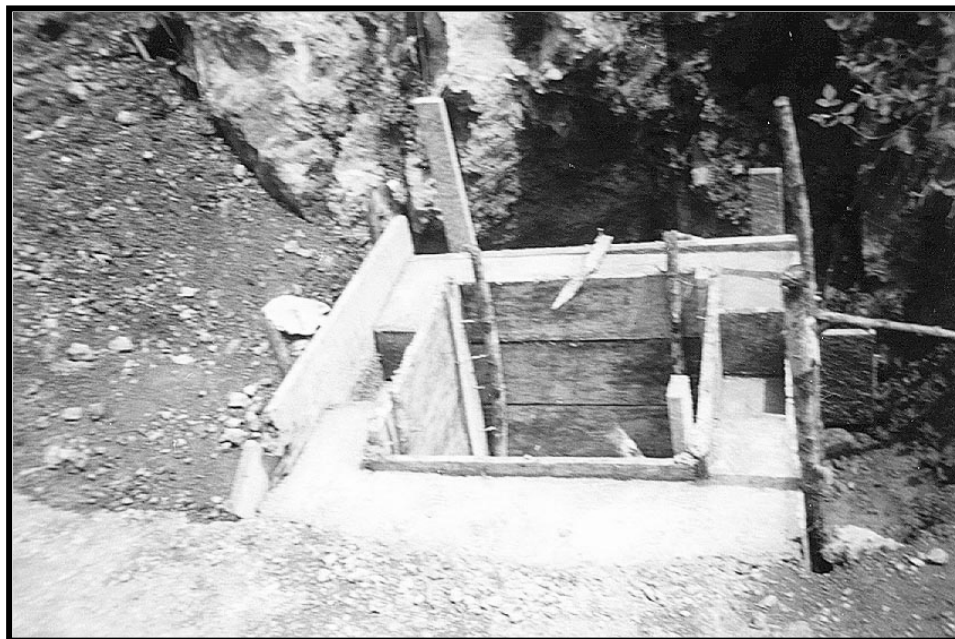
**Figura 22. Sub-drenaje**



### **3.7.3 Cajas y cabezales para alcantarillas**

Las cajas son las obras de drenaje, construidas de forma rectangular o cuadrada, cuya función es encauzar las aguas provenientes de las cunetas y se colocan en la entrada de las tuberías, mientras que los cabezales son muros de protección para la carretera que se construyen en la salida o en la entrada de la alcantarilla. Los materiales empleados para su construcción pueden ser de concreto ciclópeo, concreto de 2500 psi, mampostería de piedra, mampostería de ladrillo o bloque.

**Figura 23. Construcción de cajas**



#### **3.7.4 Cunetas revestidas**

La eliminación del agua que cae sobre la superficie de rodamiento y hombros, se realiza a través de las cunetas, transportándola a lugares fuera del área de la carretera o a las cajas receptoras. La forma y tamaño de las cunetas es muy variable y debe diseñarse, según sea la cantidad de agua a desfogar.

Las contracunetas son simplemente cunetas construidas, generalmente, en los taludes de corte, cuya finalidad es evitar que las aguas superficiales lleguen hasta la carretera. Las especificaciones relativas a las cunetas son aplicables a las contracunetas.

La construcción de cunetas contempla la preparación del terreno, zanjeo y compactación si fuese necesario. La medición de este renglón se hace por la cantidad de metros cuadrados. Los materiales empleados para las cunetas pueden ser: piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple pre-fundido o mezclas asfálticas.

**Figura 24. Construcción de cunetas y bordillos**



### **3.7.5 Bordillos**

Son las estructuras de concreto simple, que se construyen en el centro, en uno o en ambos lados de una carretera para el encauzamiento de las aguas, sobre todo, en las secciones de relleno, así como para el ordenamiento del tráfico y seguridad del usuario. Existen diversas formas y tamaños de bordillos, los cuales son indicados en los planos.

La construcción del bordillo incluye los trabajos de formaleta, excavación si la hay, la elaboración y curado del concreto. La medida de los bordillos se hace por la cantidad de metros lineales construidos.

### 3.8 Construcciones complementarias

Las construcciones complementarias son aquellas que involucran los trabajos finales pero indispensables para el correcto funcionamiento del proyecto, dentro de las que podemos mencionar:

- defensas para carreteras y puentes;
- indicadores del derecho de vía;
- cercas;
- monumentos de kilometraje;
- delineadores;
- líneas, marcas y marcadores de tráfico;
- señales de tráfico;
- dispositivos para el control temporal del tráfico;
- barricadas de concreto;
- aceras y medianas pavimentadas.

**Figura 25. Señales de tráfico**



**Figura 26. Pintura de línea**



### **3.9 Aspectos ambientales**

Debido a que la construcción de un proyecto de carreteras conlleva cierto deterioro al medio ambiente, se debe hacer previo a su inicio un estudio de evaluación de impacto ambiental que contenga las medidas de mitigación, para todas aquellas actividades que puedan causar un deterioro al ambiente, a los recursos naturales y culturales, antes de la ejecución de una obra. También, se deben cumplir todas las leyes en materia de medio ambiente y como lo establece la Ley de Protección y mejoramiento del Medio Ambiente.

Dentro de las disposiciones que se deben tomar se enumeran:



- control de la erosión;
- colocación de capa vegetal;
- siembra de césped;
- siembra de plantas, árboles, arbustos y enredaderas;
- césped en guías, tepes en puntos específicos;
- vástagos de grama;
- esteras para el control de la erosión, tejido de primera torsión y sistemas celulares de confinamiento.

**Figura 27. Siembra de grama**



## **4. CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS**

### **4.1 Aspectos generales**

El éxito de una empresa se alcanza cuando sus productos tienen un precio de venta que genere las ganancias aceptables que cubran los costos de producción y mantengan un rubro administrativo, el cual brinda competitividad en el mercado.

Comparándolo con nuestro tema, las constructoras deben conocer acerca de los costos de ejecución de cada actividad en el proyecto. De tal forma, el cálculo de precios unitarios es imprescindible para integrar el precio total de un proyecto, para presentar ofertas en cotizaciones y tener la oportunidad de ejecutar proyectos. Es importante mencionar que el éxito de una empresa depende en gran parte de esta integración.

Para integrar un precio es necesario incluir los gastos de: la maquinaria, equipo y herramienta, el personal de campo y administrativo, los materiales de construcción, los gastos de oficina, impuestos, fianzas y el porcentaje de utilidad que se pretende obtener, incluyendo cualquier imprevisto.

El cálculo de un precio debe hacerse con entera seriedad y conocimiento de los trabajos y calidad que contempla su ejecución, previendo todos los inconvenientes que puedan surgir. Por ejemplo, no podríamos suponer que la maquinaria a utilizar es nueva y que los rendimientos son altos cuando no tenemos esos recursos, porque el tiempo programado sería más corto, redundaría en que el personal y equipo no logre los resultados. Otro caso, sería que necesitemos producir un concreto clase 3000 psi, y que no incluyamos la cantidad correcta de cemento por metro cúbico, lo que reduciría la calidad del concreto. Tampoco, podríamos esperar que los días efectivos de trabajo en temporada lluviosa, sean igual que en época de verano.

## 4.2 Variables de cálculo de precios unitarios

Las variables de cálculo de precios unitarios corresponden a la dificultad de ejecutar una actividad en ciertas condiciones, y contemplar los recursos necesarios para llevarla a cabo. No es lo mismo, ejecutar un proyecto en Petén que en la Capital, para quienes consideren la posibilidad de trabajar en una región alejada, deberán tomar en cuenta que las condiciones variarán, empezando por las facilidades de abastecimiento de insumos, la distancia de los fletes, etc. Además, se deberá estudiar la región para el conocimiento del tipo de terreno en que se ejecutará el proyecto, *montañoso, plano, ondulado*, la calidad, *arenoso, limo, arcilloso, etc.*, la ubicación de los bancos de material y su distancia al proyecto. Otro aspecto importante, es la temporada de invierno, debido a que en ella el avance disminuirá y algunas actividades quedarán paralizadas.

Dentro de las variables más importantes para cálculo de precios unitarios, se enumeran\* las siguientes:

- descripción del proyecto
- ubicación geográfica;
- descripción de cada actividad;
- especificaciones de construcción;
- duración de ejecución del proyecto;
- rendimiento de la maquinaria y equipo a utilizar, selección del tipo y cantidad;
- precios de alquiler de maquinaria y equipo, o depreciación si es propia;
- cantidad, clasificación y rendimiento de personal;
- precios de mano de obra a utilizar;
- lista de precios de los materiales actualizada;
- incluir el valor de impuestos, licencias de construcción, contratos y fianzas.

\*Información propuesta por Ing. Augusto René Pérez Méndez, asesor del presente trabajo.

#### **4.2.1 Visita de campo**

Se recomienda que antes de efectuar una oferta y calcular los precios unitarios se lleve a cabo una visita de campo, para recopilar la mayor cantidad de información que sea posible y nos ayude a nuestra integración.

Dentro de las actividades recomendadas\* al momento de efectuar una visita de campo de un proyecto próximo a cotizar se enumeran las siguientes:

- ubicación exacta del proyecto,
- hacerse una idea general del proyecto;
- hacerse una idea general del grado de dificultad del proyecto;
- nombre, teléfonos, fax, correo electrónico, de la institución a cotizar;
- verificar la existencia de planos de construcción;
- ubicación de venta de insumos, materiales, combustible, etc. Investigar precios;
- verificar si existe mano de obra calificada y no calificada en el lugar;
- abastecimiento de agua para la ejecución del proyecto;
- terrenos disponibles para parqueo de maquinaria, bodega, guardianía, oficinas;
- verificar existencia de empresas de alquiler de maquinaria y equipo;
- ubicación de bancos de materiales, piedra para muros;
- ubicación de hospedajes y comedores;
- verificar sistemas de comunicación del lugar;
- ubicar botaderos de material de desperdicio;
- verificar frecuencia de paso de vehículos livianos y pesados;
- ubicación de ríos y quebradas para probables desfuegos, probables inundaciones, localización de las aguas superficiales aledañas al proyecto;
- cualquier otra información que se considere necesaria y útil para la cotización.

\*Por Ing. Augusto René Pérez Méndez, asesor del presente trabajo.

### 4.3 Rendimientos de la maquinaria

El dominio de este tema es indispensable para el cálculo de precios unitarios, ya que el conocimiento de los rendimientos de la maquinaria puede tornarse muy complejo dependiendo del punto de vista del encargado de cálculo, o, tan fácil y práctico dependiendo de la experiencia que éste tenga. *Léase inciso 2.3.*

Algunas empresas ya tienen definidas sus tablas de rendimientos para distintos tipos de condiciones, asimismo existen los manuales de rendimiento propios de la maquinaria. Pero en cualquiera de los casos, se debe ajustar lo mejor posible a la realidad del proyecto a ejecutar.

Para el cálculo de precios unitarios es importante, tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- cuando se dan rendimientos de actividades, es necesario aclarar que estos deben tomarse como parámetros, y nunca como normas. Por lo que, debe tenerse especial cuidado con este tema;
- rendimiento se entiende como producción, por lo que, los rendimientos son estimaciones de cuanto puede producir un grupo de máquinas y personas realizando cierta actividad, pero no es un estándar;
- la experiencia de los operadores es una variante que puede afectar el rendimiento de la maquinaria.

Por lo tanto, en este inciso se darán a conocer los rendimientos de algunas de las actividades más comunes, ejecutadas por experiencia del Ing. Augusto René Pérez Méndez en proyectos similares.

**Tabla III. Cuadro 1. Rendimiento de Actividades**

<b>CODIGO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RENDIMIENTO DIA</b>
105.06	Planos Finales de obra construída.	u	2
202.03	Limpia, Chapeo y Destronque	Ha	0.35
203.03(a)	Excavación no clasificada	m3	660
203.03(b)	Excavación no clasificada de desperdicio	m3	720
203.04(g)	Excavación no clasificada en roca	m3	250
207	Acarreo	m3/Km	2400
301.01	Reacondicionamiento de Sub-rasante	m2	800
304.01(a)	Capa de Sub-base granular (e=0.25 m.)	m3	201.6
305.01(b)	Capa de Base triturada (e=0.20 m.)	m3	151.2
407	Riego de Imprimación	gln	1000
401.20(b)	Cemento asfáltico (e=0.06 m)	Ton	100
401.20( c)	Cemento asfáltico para concreto asfáltico	gln	1250
408.014	Riego de Liga	gln	88
2.06.1	Suministro transporte y colocación de alcantarilla de 30"	ml	12
2.06.3	Suministro transporte y colocación de alcantarilla de 42"	ml	6
2.07	Mampostería	m3	7.5
555.01	Concreto ciclopeo para muros	m3	7.5
4.01	Gaviones	m3	12
605.03(j)	Geotextil	m2	90
608.04	Cunetas revestidas de concreto (e=0.10 m)	m2	96
609.01	Bordillos	ml	75
S/N	Rótulo identificativo del proyecto	global	
901.01	Dispositivos de Seguridad	global	
225.01	Trabajos de Administración	global	

#### **4.4 Cuadro de cantidades de trabajo**

Este cuadro nos muestra el resumen de las cantidades de trabajo que forman parte del proyecto, y nos sirve para determinar el precio total de un proyecto. Comúnmente, se conoce con el nombre de anexo.

La importancia de este cuadro es muy alta, ya que es el resultado de un largo proceso de trabajo de cálculo y diseño, obtenido de los planos de diseño, las libretas de topografía y las memorias de cálculo. *Léase inciso 1.2.*

##### **4.4.1 Ventajas de la contratación por la modalidad de Precios Unitarios**

Los proyectos de carreteras por lo regular se trabajan por esta modalidad.

Dentro de las ventajas que tiene la contratación por la modalidad de precios unitarios, numeraremos las siguientes:

- los pagos son periódicos y según el avance físico, la cuantificación se hace por la unidad de medida de la actividad, y el valor según su precio unitario;
- cuando se trata de proyectos grandes puede surgir alguna variación en más o en menos de las cantidades de trabajo y por consiguiente se refleja en el precio inicial. Esto se trata, por ordenes de trabajo suplementario, ordenes de cambio, o por decrementos. Y son fáciles de administrar, ya que, solo representan un aumento en el porcentaje del valor del contrato en cada actividad.

### Tabla IV. Cuadro 2. Anexo

NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN A LICITAR  
PROYECTO:

RUTA	DEPARTAMENTO	TRAMOS	LONGITUD TOTAL
<b>LONGITUD TOTAL:</b>			<b>Km.</b>

REGLÓN	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO	
105.06	Planos Finales de obra construída.	u	9.00			
202.03	Limpia, Chapeo y Destronque	Ha	2.45			
203.03(a)	Excavación no clasificada	m3	25,000.00			
203.03(b)	Excavación no clasificada de desperdicio	m3	50,000.00			
203.04(g)	Excavación no clasificada en roca	m3	1,000.00			
207	Acarreo	m3/Km	42,500.00			
301.01	Reacondicionamiento de Sub-rasante	m2	23,716.50			
304.01(a)	Capa de Sub-base granular (e=0.25 m.)	m3	5,075.00			
305.01(b)	Capa de Base triturada (e=0.20 m.)	m3	3,865.00			
407	Riego de Imprimación	gln	5,502.00			
401.20(b)	Cemento asfáltico (e=0.06 m)	Ton	2,641.00			
401.20(c)	Cemento asfáltico para concreto asfáltico	gln	33,013.00			
408.014	Riego de Liga	gln	2,293.00			
2.06.1	Suministro transporte y colocación de alcantarilla de 30"	ml	150.00			
2.06.3	Suministro transporte y colocación de alcantarilla de 42"	ml	30.00			
2.07	Mampostería	m3	60.30			
555.01	Concreto ciclopeo para muros	m3	75.00			
4.01	Gaviones	m3	150.00			
605.03(j)	Geotextil	m2	180.00			
608.04	Cunetas revestidas de concreto (e=0.10 m)	m2	3,325.00			
609.01	Bordillos	ml	1,400.00			
S/N	Rótulo identificativo del proyecto	global	1.00			
901.01	Dispositivos de Seguridad	global	1.00			
225.01	Trabajos de Administración	global	1.00			
<b>TOTAL GENERAL:</b>					<b>0</b>	<b>-</b>



#### **4.5 Cuadro de precios unitarios**

Es la presentación gráfica del proceso de integración de las variables que intervienen en el costo de una actividad, básicamente, consiste en la sumatoria de los costos de producción, gastos indirectos, impuestos y la utilidad.

Existe diversidad de formas para hacer esta integración, pero cualquiera que se utilice debe incluir todos los gastos que conlleva implícitamente la ejecución de cada actividad; y por lo tanto se deben alcanzar los mismos resultados.

Para dar una breve explicación del procedimiento a seguir tenemos: cuando se calcula el precio de la maquinaria este debe incluir los gastos de combustible, lubricantes, servicios, depreciación, repuestos, operador, etc. Se debe considerar, si el transporte se pagará por separado o debe incluirse, para lo cual se debe conocer la distancia. Una forma muy común de hacer esta integración es por el costo por hora. También se debe calcular la mano de obra necesaria, la cual debe incluir el sueldo, prestaciones, bonificaciones e incentivos. El cálculo envuelve el uso de equipo y herramientas. Por otra parte, esta la cuantificación de los materiales que debe prever la calidad y requisitos solicitados, los porcentajes de contracción e hinchamiento, desperdicios, etc. Además, debemos sumar los gastos por las licencias, los impuestos, fianzas, etc. Por lo regular, se hace en porcentajes. Por último, tenemos que agregar el porcentaje de ganancia que se estime necesaria, para cubrir los gastos administrativos y de oficina.

Los formatos para presentar dicha integración, por lo regular, se brindan por la institución licitante, o pueden quedar a criterio del licitante. Consiste en una hoja de cálculo, en donde se puedan procesar los datos.

A continuación, se presentan dos ejemplos:

**Tabla V. Cuadro 3. Ejemplo Uno Integración de Precios Unitarios**

<b>NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN A LICITAR</b>					
<b>OFERENTE:</b>			<b>FECHA:</b>		
<b>PROYECTO:</b>			<b>PROGRAMA:</b>		
<b>CÓDIGO DEL RENGLÓN:</b>			<b>ACTIVIDAD:</b>		
<b>CANTIDAD:</b>		<b>UNIDAD:</b>			
<b>RENDIMIENTO:</b>		<b>UNIDAD:</b>			
<b>TIEMPO DE EJECUCIÓN:</b>					
<b>MATERIAL Y EQUIPO</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. U.</b>	<b>TOTAL</b>	
				<b>Q</b>	-
				<b>SUBTOTAL:</b>	Q -
				<b>TOTAL DE MATERIALES Y EQUIPO:</b>	Q -
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. U.</b>	<b>TOTAL</b>	
				<b>Q</b>	-
				<b>% PRESTACIONES:</b>	Q -
				<b>% BONIFICACIÓN:</b>	Q -
				<b>TOTALES DE MANO DE OBRA:</b>	Q -
<b>INTEGRACION DEL PRECIO UNITARIO TOTAL</b>					
<b>COSTO DE MATERIALES, EQUIPO Y MANO DE OBRA</b>				<b>Q</b>	-
<b>% COSTO INDIRECTO</b>				<b>Q</b>	-
<b>SUB-TOTAL:</b>				<b>Q</b>	-
<b>% IVA:</b>				<b>Q</b>	-
<b>TOTAL:</b>				<b>Q</b>	-

**Tabla VI. Cuadro 4. Ejemplo Dos Integración de Precios Unitarios**

Nombre de la Empresa			
<b>ACTIVIDAD:</b>			
<b>PROYECTO:</b>			
<b>FECHA:</b>			
<b>DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD:</b>			
<b>MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			
CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q. -</b>
<b>MANO DE OBRA:</b>			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q. -</b>
<b>HERRAMIENTAS 5% APROX. DE MANO DE OBRA:</b>			<b>Q. -</b>
<b>MATERIALES:</b>			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q. -</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO:</b>			<b>Q. -</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS 25%:</b>			<b>Q. -</b>
<b>TOTAL PARCIAL:</b>			<b>Q. -</b>
<b>IVA 12%:</b>			<b>Q. -</b>
<b>PRECIO TOTAL:</b>			<b>Q. -</b>
<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:</b>			<b>Q. -</b>

#### 4.5.1 Metodología para el cálculo de precios unitarios

Debido a la facilidad que representa el manejo de este cuadro, por lo regular, se utiliza una hoja de cálculo electrónica. El cuadro de precios unitarios que a continuación se presenta, debe llenarse de la siguiente forma:

1. El nombre de la actividad debe estar acorde con los establecidos en la lista de cantidades e identificados con su respectivo código si lo tiene.
2. Debe describirse el rendimiento que se tiene previsto para cada actividad, con su respectiva unidad de medida.
3. Se debe colocar la fecha de elaboración de la oferta, para que se considere la vigencia de la misma.
4. La cantidad a ejecutar debe tomarse del anexo o lista de cantidades, presentada por la institución licitante.
5. La duración de actividades es la primera operación que se realiza y resulta de la división de la cantidad a ejecutar y el rendimiento de la actividad. Es importante, mencionar que se debe hacer aproximación en los resultados, a la cantidad de decimales que se considere prudente, por ejemplo, los días deben ser números enteros, las cifras de quetzales deben ser aproximadas a dos decimales, etc.
6. Calcular el costo de la maquinaria y equipo, resulta de la suma de las multiplicaciones entre la cantidad de horas de cada máquina y el valor por hora respectivo en quetzales, *por lo regular, este valor incluye: operador, combustible, lubricantes, depreciación, etc.* El criterio para conocer la cantidad de horas, se basa en la duración que tienen las actividades en días y se multiplica por el número de horas necesarias por máquina en un día, es importante resaltar que no toda la maquinaria trabaja las 8 horas, a menos que sea la máquina principal; por ejemplo, en la conformación la motoniveladora es la máquina mas

importante, mientras que el rodo compactador y la regadora son complementarias y trabajan por menos horas.

7. Al igual que el costo de la maquinaria, se procede a calcular el costo de la mano de obra, teniendo cuidado de integrar todo el personal que interviene en la ejecución, empleando los precios por hora ajustados al sueldo base del mercado y con la cantidad de horas que cada uno interviene, incluyendo un porcentaje de prestaciones de 29.16%, *éste resulta del porcentaje que representa el sueldo base, con relación a la suma del aguinaldo, bono 14, indemnización y vacaciones a las que por ley tiene derecho un trabajador que trabaja por contrato*, además un 12.67 % para pago de IGSS, INTECAP e IRTRA por parte del patrono y un 20% de viáticos aplicados al personal que no es de la región.
8. Se calcula un porcentaje para la compra de herramientas, comúnmente es un 5% del total del costo de mano de obra, que es un dato promedio muy utilizado y real.
9. Los costos, *sin IVA*, de los materiales a utilizar en cada renglón o actividad deben calcularse detalladamente, incluyendo el volumen de desperdicio debido al porcentaje de contracción, prever si el agua va ser comprada, los fletes para transporte de maquinaria, la formaleta, la madera, aditivos, desencofrantes, la tubería, cemento; cuando los proyectos son lo suficientemente grandes debe montarse una trituradora para obtención de agregados pétreos, piedrín, arena, material triturado para sub-base y base, material pétreo para la carpeta asfáltica, pero cuando no existen bancos cercanos o resulta más práctico, la compra se hace en lugares que se dedican a esto.
10. El total del costo directo, es el resultado de la sumatoria de los costos calculados del inciso 6 al 9.
11. El total del costo indirecto, es la sumatoria de los porcentajes que en relación al costo directo, representan los gastos de: imprevistos (5%) fianzas (1.21%)

seguros (0.28%) firma del contrato (0.75%) gastos administrativos (8%) y la utilidad (15%). Los anteriores porcentajes no deben utilizarse como estándares, ya que son únicamente parámetros, que dependen de los términos del contrato según a la institución que se presente la oferta, y los gastos administrativos y la utilidad que cada empresa maneja.

12. El total parcial de los costos lo integran la suma de los dos incisos anteriores, el cual sirve de base para calcular los impuestos a los que están afectas las empresas constructoras.
13. El total de los impuestos que debe solventar una empresa son: el impuesto al valor agregado IVA (12%) el impuesto extraordinario temporal de apoyo a los acuerdos de paz IETAAP (1.25%) vigente para el primer semestre del año 2006, *ver ley IETAAP* y el impuesto sobre la renta ISR (4.65%). En este inciso al igual que los anteriores, se recomienda asesorarse con un profesional en la materia, actualizando los posibles cambios que puedan surgir.
14. Entonces, el precio total de cada actividad se obtiene de la suma de los dos incisos anteriores.
15. Por último, el precio unitario (P.U.) de cada renglón se obtiene de la división entre el precio total (inciso 14) y la cantidad a ejecutar (inciso 4).

El cuadro de precios unitarios que a continuación se presenta, es una propuesta del ingeniero asesor Ing. Augusto René Pérez Méndez:

**Tabla VII. Cuadro 5. Ejemplo Tres Integración de Precios Unitarios**

**ACTIVIDAD: INCISO 1**

RENDIMIENTO: INCISO 2 Unidad  
 FECHA: INCISO 3  
 CANTIDAD A EJECUTAR: INCISO 4 Unidad  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: INCISO 5 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
INCISO 6	<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>		<b>Q -</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
INCISO 7	SUBTOTAL		Q -
	PRESTACIONES 29.16%		Q -
	IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%		Q -
	*VIÁTICOS 20%		Q -
INCISO 7	<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>		<b>Q -</b>
INCISO 8	<b>HERRAMIENTAS 5% M.O:</b>		<b>Q -</b>

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
INCISO 9	<b>TOTAL MATERIALES:</b>		<b>Q -</b>
INCISO 10	<b>TOTAL COSTO DIRECTO:</b>		<b>Q -</b>
	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		
	IMPREVISTOS 5%	Q	-
	FIANZAS 1.21%	Q	-
	SEGUROS 0.28%	Q	-
	CONTRATO 0.75%	Q	-
	GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q	-
	UTILIDAD 15%	Q	-
INCISO 11	<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>		<b>Q -</b>
INCISO 12	<b>TOTAL PARCIAL:</b>		<b>Q -</b>
	<b>IMPUESTOS</b>		
	IVA 12%:	Q	-
	**IETAAP 1.25%	Q	-
	ISR 4.65%	Q	-
INCISO 13	<b>TOTAL IMPUESTOS</b>		<b>Q -</b>
INCISO 14	<b>PRECIO TOTAL:</b>		<b>Q -</b>
INCISO 15	<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:</b>		<b>Q /UNIDAD</b>

\*APLICA VIÁTICOS

\*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

**Tabla VIII. Cuadro 6. Planos Finales de la Obra Construida**

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

ACTIVIDAD: Planos Finales de la Obra Construida  
 RENDIMIENTO: 2 U / DIA  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 9.00 U  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 5.00 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
40	(1) EQUIPO DE DIBUJO	Q 15.00	Q 600.00
25	(1) EQUIPO DE COMPUTACIÓN	Q 50.00	Q 1,250.00
16	(1) PLOTTER	Q 75.00	Q 1,200.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 3,050.00</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
10	(1) INGENIERO REVISOR*	Q 40.00	Q 400.00
40	(1) DISEÑADOR	Q 40.00	Q 1,600.00
25	(1) OPERADOR DE COMPUTADORA	Q 15.00	Q 375.00
SUBTOTAL			<b>Q 2,375.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 692.55
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 300.92
*VIÁTICOS 20%			Q 80.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 3,448.47</b>

**HERRAMIENTAS 5% M.O:** Q 172.42

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
9	HOJAS FINALES	Q 20.00	Q 180.00
1	TINTA	Q 428.75	Q 428.75
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 608.75</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO:** Q 7,279.64

**COSTOS INDIRECTOS**

IMPREVISTOS 5%	Q 363.98
FIANZAS 1.21%	Q 88.08
SEGUROS 0.28%	Q 20.38
CONTRATO 0.75%	Q 54.60
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q 582.37
UTILIDAD 15%	Q 1,091.95
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q 2,201.36</b>

**TOTAL PARCIAL:** Q 9,481.00

**IMPUESTOS**

IVA 12%:	Q 1,137.72
**IETAAP 1.25%	Q 118.51
ISR 4.65%	Q 440.87
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q 1,697.10</b>

**PRECIO TOTAL:** Q 11,178.10

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:** Q 1,242.01

\*APLICA VIÁTICOS

\*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO



## Tabla IX. Cuadro 7. Limpia, Chapeo y Destronque

### INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

ACTIVIDAD: Limpia, Chapeo y Destronque  
 RENDIMIENTO: 0.35 Ha / DIA  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 2.45 Ha  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 7.00 Días

#### MAQUINARIA Y EQUIPO:

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
56	(1) EXCAVADORA	Q 440.00	Q 24,640.00
56	(1) TRACTOR	Q 400.00	Q 22,400.00
28	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 840.00
56	(1) EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	Q 20.00	Q 1,120.00
64	SIERRA PARA CORTE	Q 30.00	Q 1,920.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 50,920.00</b>

#### MANO DE OBRA:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
28	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 1,120.00
56	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 1,120.00
56	(1) TOPOGRAFO*	Q 15.00	Q 840.00
112	(2) CADENEROS*	Q 10.00	Q 1,120.00
224	(4) PEONES	Q 6.00	Q 1,344.00
SUBTOTAL			<b>Q 5,544.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 1,616.64
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 702.43
*VIÁTICOS 20%			Q 840.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 8,703.07</b>
<b>HERRAMIENTAS 5% M.O.:</b>			<b>Q 435.15</b>

#### MATERIALES Y OTROS GASTOS:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
1	MADERA Y PINTURA	Q 892.86	Q 892.86
800	(2) FLETES IDA Y VUELTA (KM)	Q 15.18	Q 12,144.00
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 13,036.86</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO:** Q 73,095.08

#### COSTOS INDIRECTOS

IMPREVISTOS 5%	Q	3,654.75
FIANZAS 1.21%	Q	884.45
SEGUROS 0.28%	Q	204.67
CONTRATO 0.75%	Q	548.21
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q	5,847.61
UTILIDAD 15%	Q	10,964.26
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q</b>	<b>22,103.95</b>

**TOTAL PARCIAL:** Q 95,199.03

#### IMPUESTOS

IVA 12%:	Q	11,423.88
**IETAAP 1.25%	Q	1,189.99
ISR 4.65%	Q	4,426.75
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q</b>	<b>17,040.62</b>

**PRECIO TOTAL:** Q 112,239.65

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:** Q 45,812.10

\*APLICA VIÁTICOS

\*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

**Tabla X. Cuadro 8. Excavación no Clasificada**

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

ACTIVIDAD: Excavación no Clasificada  
 RENDIMIENTO: 660 M3/día  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 25,000.00 M3  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 38.00 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
304	(1) RETROEXCAVADORA	Q 320.00	Q 97,280.00
304	(1) EXCAVADORA	Q 440.00	Q 133,760.00
304	(1) TRACTOR	Q 400.00	Q 121,600.00
304	(1) MOTONIVELADORA	Q 340.00	Q 103,360.00
152	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 4,560.00
304	(1) EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	Q 20.00	Q 6,080.00
152	(1) RODO	Q 190.00	Q 28,880.00
152	(1) PIPA DE AGUA	Q 70.00	Q 10,640.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 506,160.00</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
152	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 6,080.00
152	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 3,040.00
304	(1) TOPOGRAFO	Q 15.00	Q 4,560.00
608	(2) CADENEROS*	Q 10.00	Q 6,080.00
304	(1) NIVELADOR*	Q 12.00	Q 3,648.00
2,432	(8) PEONES	Q 6.00	Q 14,592.00
SUBTOTAL			<b>Q 38,000.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 11,080.80
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 4,814.60
*VIÁTICOS 20%			Q 4,681.60
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 58,577.00</b>

**HERRAMIENTAS 5% M.O.: Q 2,928.85**

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
1	MADERA Y PINTURA	Q 892.86	Q 892.86
1,600	(4) FLETES IDA Y VUELTA (KM)	Q 15.18	Q 24,288.00
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 25,180.86</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO: Q 592,846.71**

**COSTOS INDIRECTOS**

IMPREVISTOS 5%	Q 29,642.34
FIANZAS 1.21%	Q 7,173.45
SEGUROS 0.28%	Q 1,659.97
CONTRATO 0.75%	Q 4,446.35
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q 47,427.74
UTILIDAD 15%	Q 88,927.01
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q 179,276.86</b>

**TOTAL PARCIAL: Q 772,123.57**

**IMPUESTOS**

IVA 12%:	Q 92,654.83
**IETAAP 1.25%	Q 9,651.54
ISR 4.65%	Q 35,903.75
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q 138,210.12</b>

**PRECIO TOTAL: Q 910,333.69**

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD: Q 36.41**

\*APLICA VIÁTICOS  
 \*\*IMPUESTO VARIABLE SEGUN AÑO

**Tabla XI. Cuadro 9. Excavación no Clasificada de Desperdicio**

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

ACTIVIDAD: Excavación no Clasificada de Desperdicio  
 RENDIMIENTO: 720 M3/día  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 50,000.00 M3  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 69.00 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
552	(1) RETROEXCAVADORA	Q 320.00	Q 176,640.00
1,104	(2) EXCAVADORA	Q 440.00	Q 485,760.00
552	(1) TRACTOR	Q 400.00	Q 220,800.00
552	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 16,560.00
552	(1) EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	Q 20.00	Q 11,040.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 910,800.00</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
276	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 11,040.00
276	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 5,520.00
552	(1) TOPOGRAFO*	Q 15.00	Q 8,280.00
1,104	(2) CADENERO*	Q 10.00	Q 11,040.00
552	(1) NIVELADOR*	Q 12.00	Q 6,624.00
4,416	(8) PEONES	Q 6.00	Q 26,496.00
SUBTOTAL			<b>Q 69,000.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 20,120.40
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 8,742.30
*VIÁTICOS 20%			Q 8,500.80
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 106,363.50</b>

**HERRAMIENTAS 5% M.O.: Q 5,318.18**

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
1	MADERA Y PINTURA	Q 892.86	Q 892.86
1,600	(4) FLETES IDA Y VUELTA (KM)	Q 15.18	Q 24,288.00
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 25,180.86</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO: Q 1,047,662.54**

**COSTOS INDIRECTOS**

IMPREVISTOS 5%	Q	52,383.13
FIANZAS 1.21%	Q	12,676.72
SEGUROS 0.28%	Q	2,933.46
CONTRATO 0.75%	Q	7,857.47
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q	83,813.00
UTILIDAD 15%	Q	157,149.38
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q</b>	<b>316,813.16</b>

**TOTAL PARCIAL: Q 1,364,475.70**

**IMPUESTOS**

IVA 12%:	Q	163,737.08
**IETAAP 1.25%	Q	17,055.95
ISR 4.65%	Q	63,448.12
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q</b>	<b>244,241.15</b>

**PRECIO TOTAL: Q 1,608,716.85**

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD: Q 32.17**

\*APLICA VIÁTICOS  
 \*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

**Tabla XII. Cuadro 10. Excavación no Clasificada en roca**

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

ACTIVIDAD: Excavación no Clasificada en roca  
 RENDIMIENTO: 250 M3/día  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 1,000.00 M3  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 4.00 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
32	(1) EXCAVADORA	Q 440.00	Q 14,080.00
32	(1) COMPRESOR CON BARRENO	Q 200.00	Q 6,400.00
16	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 480.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 20,960.00</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
16	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 640.00
16	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 320.00
32	(1) EXPERTO EN EXPLOSIVOS*	Q 30.00	Q 960.00
64	(2) BARRENADORES	Q 10.00	Q 640.00
128	(4) PEONES	Q 6.00	Q 768.00
SUBTOTAL			<b>Q 3,328.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 970.45
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 421.66
*VIÁTICOS 20%			Q 384.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 5,104.11</b>
<b>HERRAMIENTAS 5% M.O.:</b>			<b>Q 255.21</b>

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
1	MATERIALES PARA DETONACIÓN	Q 71,428.57	Q 71,428.57
1	COMISION DEL EJERCITO	Q 1,000.00	Q 1,000.00
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 72,428.57</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO:** Q 98,747.89

**COSTOS INDIRECTOS**

IMPREVISTOS 5%	Q	4,937.39
FIANZAS 1.21%	Q	1,194.85
SEGUROS 0.28%	Q	276.49
CONTRATO 0.75%	Q	740.61
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q	7,899.83
UTILIDAD 15%	Q	14,812.18
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q</b>	<b>29,861.35</b>

**TOTAL PARCIAL:** Q 128,609.24

**IMPUESTOS**

IVA 12%:	Q	15,433.11
**IETAAP 1.25%	Q	1,607.62
ISR 4.65%	Q	5,980.33
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q</b>	<b>23,021.06</b>

**PRECIO TOTAL:** Q 151,630.30

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:** Q 151.63

\*APLICA VIÁTICOS  
 \*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

**Tabla XIII. Cuadro 11. Acarreo**

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

ACTIVIDAD: Acarreo  
 RENDIMIENTO: 2400 M3/KM / DIA  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 42,500.00 M3/KM  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 24.00 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
864	(6) CAMIONES DE VOLTEO	Q 110.00	Q 95,040.00
36	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 1,080.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 96,120.00</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
36	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 1,440.00
72	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 1,440.00
144	(1) CONTADOR	Q 8.00	Q 1,152.00
576	(4) PEONES	Q 6.00	Q 3,456.00
SUBTOTAL			<b>Q 7,488.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 2,183.51
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 948.73
*VIÁTICOS 20%			Q 576.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 11,196.24</b>

**HERRAMIENTAS 5% M.O:** Q 559.81

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q -</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO:** Q 107,876.05

**COSTOS INDIRECTOS**

IMPREVISTOS 5%	Q	5,393.80
FIANZAS 1.21%	Q	1,305.30
SEGUROS 0.28%	Q	302.05
CONTRATO 0.75%	Q	809.07
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q	8,630.08
UTILIDAD 15%	Q	16,181.41
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q</b>	<b>32,621.71</b>

**TOTAL PARCIAL:** Q 140,497.76

**IMPUESTOS**

IVA 12%:	Q	16,859.73
**IETAAP 1.25%	Q	1,756.22
ISR 4.65%	Q	6,533.15
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q</b>	<b>25,149.10</b>

**PRECIO TOTAL:** Q 165,646.86

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:** Q 3.90

\*APLICA VIÁTICOS

\*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

**Tabla XIV. Cuadro 12. Reacondicionamiento de Sub-rasante**

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

ACTIVIDAD: Reacondicionamiento de Sub-rasante  
 RENDIMIENTO: 800 M2 / DIA  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 23,716.50 M2  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 30.00 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
240	(1) MOTONIVELADORA	Q 340.00	Q 81,600.00
180	(1) PIPA DE AGUA	Q 70.00	Q 12,600.00
120	(1) RODO	Q 190.00	Q 22,800.00
240	(1) EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	Q 20.00	Q 4,800.00
120	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 3,600.00
120	(1) EQUIPO PARA DE LAB. SUELOS	Q 60.00	Q 7,200.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 132,600.00</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
120	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 4,800.00
120	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 2,400.00
120	(1) LABORATORISTA*	Q 20.00	Q 2,400.00
240	(1) TOPOGRAFO*	Q 15.00	Q 3,600.00
480	(2) CADENERO*	Q 10.00	Q 4,800.00
1,440	(6) PEONES	Q 6.00	Q 8,640.00
SUBTOTAL			Q 26,640.00
PRESTACIONES 29.16%			Q 7,768.23
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 3,375.29
*VIÁTICOS 20%			Q 3,600.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 41,383.52</b>
<b>HERRAMIENTAS 5% M.O.:</b>			<b>Q 2,069.18</b>

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
300,000	GAL. AGUA PARA HUMEDAD ÓPTIMA	Q 0.04	Q 12,000.00
1	MADERA Y PINTURA PARA TROMPOS	Q 892.86	Q 892.86
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 12,892.86</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO:** Q 188,945.56

**COSTOS INDIRECTOS**

IMPREVISTOS 5%	Q 9,447.28
FIANZAS 1.21%	Q 2,286.24
SEGUROS 0.28%	Q 529.05
CONTRATO 0.75%	Q 1,417.09
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q 15,115.64
UTILIDAD 15%	Q 28,341.83
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q 57,137.13</b>

**TOTAL PARCIAL:** Q 246,082.69

**IMPUESTOS**

IVA 12%:	Q 29,529.92
** IETAAP 1.25%	Q 3,076.03
ISR 4.65%	Q 11,442.85
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q 44,048.80</b>

**PRECIO TOTAL:** Q 290,131.49

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:** Q 12.23

\*APLICA VIÁTICOS

\*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

**Tabla XV. Cuadro 13. Capa de Sub-base Granular (e=0.25m)**

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

ACTIVIDAD: Capa de Sub-base granular (e=0.25 m)  
 RENDIMIENTO: 201.6 M³ / DIA  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 5,075.00 M³  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 25.00 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
200	(1) MOTONIVELADORA	Q 340.00	Q 68,000.00
100	(1) RODO	Q 190.00	Q 19,000.00
150	(1) PIPA DE AGUA	Q 70.00	Q 10,500.00
200	(1) EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	Q 20.00	Q 4,000.00
1,200	(6) CAMIONES DE VOLTEO	Q 110.00	Q 132,000.00
100	(1) EQUIPO PARA DE LAB. SUELOS	Q 60.00	Q 6,000.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 239,500.00</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
100	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 4,000.00
100	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 2,000.00
100	(1) LABORATORISTA*	Q 20.00	Q 2,000.00
200	(1) TOPOGRAFO*	Q 15.00	Q 3,000.00
400	(2) CADENEROS*	Q 10.00	Q 4,000.00
1,200	(6) PEONES	Q 6.00	Q 7,200.00
SUBTOTAL			Q 22,200.00
PRESTACIONES 29.16%			Q 6,473.52
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 2,812.74
*VIÁTICOS 20%			Q 3,000.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 34,486.26</b>
<b>HERRAMIENTAS 5% M.O.:</b>			<b>Q 1,724.31</b>

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
6,598	M3 SUB-BASE	Q 35.71	Q 235,614.58
1	MADERA Y PINTURA PARA TROMPOS	Q 892.86	Q 892.86
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 236,507.44</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO:</b>			<b>Q 512,218.01</b>

**COSTOS INDIRECTOS**

IMPREVISTOS 5%	Q 25,610.90
FIANZAS 1.21%	Q 6,197.84
SEGUROS 0.28%	Q 1,434.21
CONTRATO 0.75%	Q 3,841.64
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q 40,977.44
UTILIDAD 15%	Q 76,832.70
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q 154,894.73</b>
<b>TOTAL PARCIAL:</b>	<b>Q 667,112.74</b>

**IMPUESTOS**

IVA 12%	Q 80,053.53
**IETAAP 1.25%	Q 8,338.91
ISR 4.65%	Q 31,020.74
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q 119,413.18</b>

<b>PRECIO TOTAL:</b>	<b>Q 786,525.92</b>
<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:</b>	<b>Q 154.98</b>

\*APLICA VIÁTICOS  
 \*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

**Tabla XVI. Cuadro 14. Capa de Base Triturada (e=0.20m)**

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

ACTIVIDAD: Capa de Base Triturada (e=0.20 m)  
 RENDIMIENTO: 151.2 M3 / DIA  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 3,865.00 M3  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 26.00 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
208	(1) MOTONIVELADORA	Q 340.00	Q 70,720.00
104	(1) RODO	Q 190.00	Q 19,760.00
156	(1) PIPA DE AGUA	Q 70.00	Q 10,920.00
208	(1) EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	Q 20.00	Q 4,160.00
1,248	(6) CAMIONES DE VOLTEO	Q 110.00	Q 137,280.00
104	(1) EQUIPO PARA DE LAB. SUELOS	Q 60.00	Q 6,240.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 249,080.00</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
104	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 4,160.00
104	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 2,080.00
104	(1) LABORATORISTA*	Q 20.00	Q 2,080.00
208	(1) TOPÓGRAFO*	Q 15.00	Q 3,120.00
416	(2) CADENERO*	Q 10.00	Q 4,160.00
1,248	(6) PEONES	Q 6.00	Q 7,488.00
SUBTOTAL			<b>Q 23,088.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 6,732.47
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 2,925.25
*VIÁTICOS 20%			Q 3,120.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 35,865.72</b>

**HERRAMIENTAS 5% M.O:** Q 1,793.29

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
5,025	BASE	Q 71.43	Q 358,900.04
1	MADERA Y PINTURA PARA TROMPOS	Q 892.86	Q 892.86
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 359,792.90</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO:** Q 646,531.91

**COSTOS INDIRECTOS**

IMPREVISTOS 5%	Q	32,326.60
FIANZAS 1.21%	Q	7,823.04
SEGUROS 0.28%	Q	1,810.29
CONTRATO 0.75%	Q	4,848.99
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q	51,722.55
UTILIDAD 15%	Q	96,979.79
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q</b>	<b>195,511.26</b>

**TOTAL PARCIAL:** Q 842,043.17

**IMPUESTOS**

IVA 12%:	Q	101,045.18
**IETAAP 1.25%	Q	10,525.54
ISR 4.65%	Q	39,155.01
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q</b>	<b>150,725.73</b>

**PRECIO TOTAL:** Q 992,768.90

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:** Q 256.86

\*APLICA VIÁTICOS  
 \*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO



## Tabla XVII. Cuadro 15. Riego de Imprimación

### INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

ACTIVIDAD: Riego de Imprimación  
 RENDIMIENTO: 1000 Gln / DIA  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 5,502.00 Gln  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 6.00 Días

#### MAQUINARIA Y EQUIPO:

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
48	(1) BARREDORA SOPLADORA	Q 110.00	Q 5,280.00
48	(1) CAMIÓN REGADOR DE ASFALTO	Q 250.00	Q 12,000.00
24	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 720.00
24	(1) CAMION DE VOLTEO	Q 110.00	Q 2,640.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 20,640.00</b>

#### MANO DE OBRA:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
24	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 960.00
24	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 480.00
384	(8) PEON	Q 6.00	Q 2,304.00
SUBTOTAL			<b>Q 3,744.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 1,091.76
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 474.37
VIÁTICOS 20%			Q 288.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 5,598.13</b>
<b>HERRAMIENTAS 5% M.O.:</b>			<b>Q 279.91</b>

#### MATERIALES Y OTROS GASTOS:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
5,502	IMPRIMACIÓN CON EMULSIÓN	Q 9.38	Q 51,608.76
124	M3, ARENA DE RÍO	Q 66.96	Q 8,303.04
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 59,911.80</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO: Q 86,429.84**

#### COSTOS INDIRECTOS

IMPREVISTOS 5%	Q	4,321.49
FIANZAS 1.21%	Q	1,045.80
SEGUROS 0.28%	Q	242.00
CONTRATO 0.75%	Q	648.22
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q	6,914.39
UTILIDAD 15%	Q	12,964.48
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>		<b>Q 26,136.38</b>

**TOTAL PARCIAL: Q 112,566.22**

#### IMPUESTOS

IVA 12%:	Q	13,507.95
**IETAAP 1.25%	Q	1,407.08
ISR 4.65%	Q	5,234.33
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>		<b>Q 20,149.36</b>

**PRECIO TOTAL: Q 132,715.58**

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD: Q 24.12**

\*APLICA VIÁTICOS  
 \*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

**Tabla XVIII. Cuadro 16. Concreto Asfáltico (e=0.06m)**

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

ACTIVIDAD: Concreto Asfáltico (e=0.06m)  
 RENDIMIENTO: 100 Ton / DIA  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 2,641.00 Ton  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 26.00 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
208	(1) CAMIÓN DE ESTACAS	Q 90.00	Q 18,720.00
1,248	(6) CAMIÓN DE VOLTEO	Q 110.00	Q 137,280.00
52	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 1,560.00
208	PLANTA PARA MEZCLA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Q 130.00	Q 27,040.00
156	(1) RODO	Q 190.00	Q 29,640.00
156	(1) RODO NEUMÁTICO	Q 180.00	Q 28,080.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 242,320.00</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
52	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 2,080.00
208	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 4,160.00
4,992	(24) PEONES PARA COLOCACIÓN DE MEZCLA	Q 6.00	Q 29,952.00
2,496	(12) PEONES PARA ELABORACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO	Q 6.00	Q 14,976.00
832	(4) RASTRILLEROS	Q 8.00	Q 6,656.00
208	(1) LABORATORISTA*	Q 20.00	Q 4,160.00
SUBTOTAL			<b>Q 61,984.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 18,074.54
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 7,853.38
*VIÁTICOS 20%			Q 2,080.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 89,991.92</b>

**HERRAMIENTAS 5% M.O.: Q 4,499.60**

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
1,320	M3, AGREGADO PARA CONCRETO ASFÁLTICO, MATERIAL MEZCLADO	Q 120.00	Q 158,400.00
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 158,400.00</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO: Q 495,211.52**

**COSTOS INDIRECTOS**

IMPREVISTOS 5%	Q 24,760.58
FIANZAS 1.21%	Q 5,992.06
SEGUROS 0.28%	Q 1,386.59
CONTRATO 0.75%	Q 3,714.09
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q 39,616.92
UTILIDAD 15%	Q 74,281.73
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q 149,751.97</b>

**TOTAL PARCIAL: Q 644,963.49**

**IMPUESTOS**

IVA 12%	Q 77,395.62
**IETAAP 1.25%	Q 8,062.04
ISR 4.65%	Q 29,990.80
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q 115,448.46</b>

**PRECIO TOTAL: Q 760,411.95**

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD: Q 287.93**

\*APLICA VIÁTICOS  
 \*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

**Tabla XIX. Cuadro 17. Cemento Asfáltico para Concreto Asfáltico**

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

ACTIVIDAD: Cemento asfáltico para concreto asfáltico  
 RENDIMIENTO: 1250 Gln / DIA  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 33,013.00 Gln  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 26.00 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
208	(1) CAMIÓN CISTERNA PARA ACARREO DE EMULSIÓN	Q 225.00	Q 46,800.00
104	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 3,120.00
208	(1) TANQUE PARA ALMACENAJE DE EMULSIÓN	Q 40.00	Q 8,320.00
208	(1) CARGADOR FRONTAL	Q 350.00	Q 72,800.00
208	(1) EQUIPO PARA ENSAYOS DE LABORATORIO	Q 60.00	Q 12,480.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 143,520.00</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
104	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 4,160.00
208	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 4,160.00
208	(1) LABORATORISTA*	Q 20.00	Q 4,160.00
2,496	(12) PEON	Q 6.00	Q 14,976.00
SUBTOTAL			<b>Q 27,456.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 8,006.17
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 3,478.68
*VIÁTICOS 20%			Q 2,496.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 41,436.85</b>

**HERRAMIENTAS 5% M.O:** Q 2,071.84

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
33,013	EMULSIÓN	Q 9.36	Q 309,001.68
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 309,001.68</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO:** Q 496,030.37

**COSTOS INDIRECTOS**

IMPREVISTOS 5%	Q 24,801.52
FIANZAS 1.21%	Q 6,001.97
SEGUROS 0.28%	Q 1,388.89
CONTRATO 0.75%	Q 3,720.23
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q 39,682.43
UTILIDAD 15%	Q 74,404.56
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q 149,999.60</b>

**TOTAL PARCIAL:** Q 646,029.97

**IMPUESTOS**

IVA 12%:	Q 77,523.60
**IETAAP 1.25%	Q 8,075.37
ISR 4.65%	Q 30,040.39
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q 115,639.36</b>

**PRECIO TOTAL:** Q 761,669.33

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:** Q 23.07

\*APLICA VIÁTICOS  
 \*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

## Tabla XX. Cuadro 18. Riego de Liga

### INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

ACTIVIDAD: Riego de Liga  
 RENDIMIENTO: 88 Gln / DIA  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 2,293.00 Gln  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 26.00 Días

#### MAQUINARIA Y EQUIPO:

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
104	(1) EQUIPO PARA ESPARCIR EMULSIÓN	Q 78.30	Q 8,143.20
52	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 1,560.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 9,703.20</b>

#### MANO DE OBRA:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
52	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 1,040.00
416	(2) PEÓN	Q 6.00	Q 2,496.00
SUBTOTAL			Q 3,536.00
PRESTACIONES 29.16%			Q 1,031.10
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 448.02
*VIÁTICOS 20%			Q 208.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 5,223.12</b>
<b>HERRAMIENTAS 5% M.O:</b>			<b>Q 261.16</b>

#### MATERIALES Y OTROS GASTOS:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
2,293	EMULSIÓN PARA LIGA	Q 9.36	Q 21,462.48
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 21,462.48</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO:** Q 36,649.96

#### COSTOS INDIRECTOS

IMPREVISTOS 5%	Q 1,832.50
FIANZAS 1.21%	Q 443.46
SEGUROS 0.28%	Q 102.62
CONTRATO 0.75%	Q 274.87
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q 2,932.00
UTILIDAD 15%	Q 5,497.49
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q 11,082.94</b>

**TOTAL PARCIAL:** Q 47,732.90

#### IMPUESTOS

IVA 12%:	Q 5,727.95
IETAAP 1.25%**	Q 596.66
ISR 4.65%	Q 2,219.58
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q 8,544.19</b>

**PRECIO TOTAL:** Q 56,277.09

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:** Q 24.54

\*APLICA VIÁTICOS

\*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

**Tabla XXI. Cuadro 19. Suministro, Provisión y Colocación de Alcantarilla de Ø 30"**

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

ACTIVIDAD: Suministro, Provisión y Colocación de Alcantarilla (Ø 30")  
 RENDIMIENTO: 12 MI / DIA  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 150.00 MI  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 13.00 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
52	(1) CAMIÓN DE ESTACAS	Q 90.00	Q 4,680.00
52	(1) RETROEXCAVADORA	Q 320.00	Q 16,640.00
52	(1) VIBROCOMPACTADOR MANUAL	Q 25.00	Q 1,300.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 22,620.00</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
26	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 520.00
416	(4) PEONES	Q 6.00	Q 2,496.00
208	(2) ALBAÑIL	Q 10.00	Q 2,080.00
SUBTOTAL			<b>Q 5,096.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 1,486.00
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 645.67
*VIÁTICOS 20%			Q 104.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 7,331.67</b>
<b>HERRAMIENTAS 5% M.O.:</b>			<b>Q 366.58</b>

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
150	TUBERÍA DE METAL CORRUGADO DE 30"	Q419.35	Q62,902.50
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 62,902.50</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO: Q 93,220.75**

**COSTOS INDIRECTOS**

IMPREVISTOS 5%	Q	4,661.04
FIANZAS 1.21%	Q	1,127.97
SEGUROS 0.28%	Q	261.02
CONTRATO 0.75%	Q	699.16
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q	7,457.66
UTILIDAD 15%	Q	13,983.11
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q</b>	<b>28,189.96</b>

**TOTAL PARCIAL: Q 121,410.71**

**IMPUESTOS**

IVA 12%:	Q	14,569.29
**IETAAP 1.25%	Q	1,517.63
ISR 4.65%	Q	5,645.60
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q</b>	<b>21,732.52</b>

**PRECIO TOTAL: Q 143,143.23**

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD: Q 954.29**

\*APLICA VIÁTICOS

\*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

**Tabla XXII. Cuadro 20. Suministro, Provisión y Colocación de  
Alcantarilla Ø de 42''**

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

ACTIVIDAD: Suministro, Provisión y Colocación de Alcantarilla (Ø 42'')  
 RENDIMIENTO: 6.00 MI / DIA  
 FECHA: 38,542.00  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 30.00 MI  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 5.00 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
20.00	(1) CAMIÓN DE ESTACAS	Q 90.00	Q 1,800.00
20.00	(1) RETROEXCAVADORA	Q 320.00	Q 6,400.00
20.00	(1) VIBROCOMPACTADOR MANUAL	Q 25.00	Q 500.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q8,700.00</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
10.00	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 200.00
120.00	(4) PEONES	Q 6.00	Q 720.00
40.00	(1) ALBAÑIL	Q 10.00	Q 400.00
SUBTOTAL			<b>Q 1,320.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 384.92
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 167.25
*VIÁTICOS 20%			Q 40.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 1,912.17</b>

**HERRAMIENTAS 5% M.O:** Q 95.61

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
30.00	TUBERÍA DE METAL CORRUGADO DE 42"	Q 580.94	Q 17,428.20
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 17,428.20</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO:** Q 28,135.98

**COSTOS INDIRECTOS**

IMPREVISTOS 5%	Q	1,406.80
FIANZAS 1.21%	Q	340.45
SEGUROS 0.28%	Q	78.78
CONTRATO 0.75%	Q	211.02
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q	2,250.88
UTILIDAD 15%	Q	4,220.40
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q</b>	<b>8,508.33</b>

**TOTAL PARCIAL:** Q 36,644.31

**IMPUESTOS**

IVA 12%:	Q	4,397.32
**IETAAP 1.25%	Q	458.05
ISR 4.65%	Q	1,703.96
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q</b>	<b>6,559.33</b>

**PRECIO TOTAL:** Q 43,203.64

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:** Q 1,440.12

\*APLICA VIÁTICOS  
 \*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

## Tabla XXIII. Cuadro 21. Mampostería

### INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

ACTIVIDAD: Mampostería  
 RENDIMIENTO: 7.5 M3 / DIA  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 60.30 M3  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 8.00 Días

#### MAQUINARIA Y EQUIPO:

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
16.00	(1) CAMIÓN DE ESTACAS	Q 90.00	Q 1,440.00
16.00	(1) PIPA DE AGUA	Q 70.00	Q 1,120.00
16.00	(1) VIBROCOMPACTADOR MANUAL	Q 25.00	Q 400.00
16.00	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 480.00
48.00	(1) MEZCLADORA DE CONCRETO	Q 15.00	Q 720.00
48.00	(1) CAMIÓN DE VOLTEO	Q 110.00	Q 5,280.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 9,440.00</b>

#### MANO DE OBRA:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
16.00	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 640.00
24.00	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 480.00
384.00	(6) PEONES	Q 6.00	Q 2,304.00
192.00	(3) ALBAÑIL	Q 10.00	Q 1,920.00
SUBTOTAL			<b>Q 5,344.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 1,558.32
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 677.09
*VIÁTICOS 20%			Q 224.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 7,803.41</b>

**HERRAMIENTAS 5% M.O:** Q 390.17

#### MATERIALES Y OTROS GASTOS:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
30.00	M3, ARENA	Q 66.96	Q 2,008.80
180.00	SACO, CEMENTO	Q 33.40	Q 6,012.00
60.00	M3, PIEDRA BOLA	Q 89.28	Q 5,356.80
1.00	MADERA	Q 892.86	Q 892.86
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 14,270.46</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO:** Q 31,904.04

#### COSTOS INDIRECTOS

IMPREVISTOS 5%	Q 1,595.20
FIANZAS 1.21%	Q 386.04
SEGUROS 0.28%	Q 89.33
CONTRATO 0.75%	Q 239.28
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q 2,552.32
UTILIDAD 15%	Q 4,785.61
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q 9,647.78</b>

**TOTAL PARCIAL:** Q 41,551.82

#### IMPUESTOS

IVA 12%:	Q 4,986.22
**IETAAP1.25%	Q 519.40
ISR 4.65%	Q 1,932.16
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q 7,437.78</b>

**PRECIO TOTAL:** Q 48,989.60

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:** Q 812.43

\*APLICA VIÁTICOS  
 \*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

## Tabla XXIV. Cuadro 22. Concreto Ciclópeo para Muros

### INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

ACTIVIDAD: Concreto ciclópeo para muros  
 RENDIMIENTO: 7.50 M3 / DIA  
 FECHA: 38,542.00  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 75.00 M3  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 10.00 Días

#### MAQUINARIA Y EQUIPO:

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
20.00	(1) CAMIÓN DE ESTACAS	Q 90.00	Q 1,800.00
20.00	(1) PIPA DE AGUA	Q 70.00	Q 1,400.00
20.00	(1) VIBROCOMPACTADOR MANUAL	Q 25.00	Q 500.00
20.00	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 600.00
60.00	(1) MEZCLADORA DE CONCRETO	Q 15.00	Q 900.00
60.00	(1) CAMIÓN DE VOLTEO	Q 110.00	Q 6,600.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 11,800.00</b>

#### MANO DE OBRA:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
20.00	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 800.00
30.00	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 600.00
720.00	(9) PEONES	Q 6.00	Q 4,320.00
240.00	(3) ALBAÑIL	Q 10.00	Q 2,400.00
SUBTOTAL			<b>Q 8,120.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 2,367.80
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 1,028.81
*VIÁTICOS 20%			Q 280.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 11,796.61</b>
<b>HERRAMIENTAS 5% M.O.:</b>			<b>Q 589.83</b>

#### MATERIALES Y OTROS GASTOS:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
20.00	M3, ARENA	Q 66.96	Q 1,339.20
300.00	SACO, CEMENTO	Q 33.40	Q 10,020.00
30.00	M3, PIEDRIN	Q 107.14	Q 3,214.20
40.00	M3, PIEDRA BOLA	Q 89.28	Q 3,571.20
1.00	MADERA	Q 2,678.00	Q 2,678.00
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 20,822.60</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO:** Q 45,009.04

#### COSTOS INDIRECTOS

IMPREVISTOS 5%	Q	2,250.45
FIANZAS 1.21%	Q	544.61
SEGUROS 0.28%	Q	126.03
CONTRATO 0.75%	Q	337.57
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q	3,600.72
UTILIDAD 15%	Q	6,751.36
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q</b>	<b>13,610.74</b>

**TOTAL PARCIAL:** Q 58,619.78

#### IMPUESTOS

IVA 12%:	Q	7,034.37
**IETAAP 1.25%	Q	732.75
ISR 4.65%	Q	2,725.82
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q</b>	<b>10,492.94</b>

**PRECIO TOTAL:** Q 69,112.72

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:** Q 921.50

\*APLICA VIÁTICOS

\*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO



## Tabla XXV. Cuadro 23. Gaviones

### INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

ACTIVIDAD: Gaviones  
 RENDIMIENTO: 12.00 M3 / DIA  
 FECHA: 38,542.00  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 150.00 M3  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 13.00 Días

#### MAQUINARIA Y EQUIPO:

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
52.00	(1) CAMIÓN DE ESTACAS	Q 90.00	Q 4,680.00
52.00	(1) RETROEXCAVADORA	Q 320.00	Q 16,640.00
52.00	(1) VIBROCOMPACTADOR MANUAL	Q 25.00	Q 1,300.00
52.00	(1) CAMIÓN DE VOLTEO	Q 110.00	Q 5,720.00
13.00	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 390.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 28,730.00</b>

#### MANO DE OBRA:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
13.00	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 520.00
52.00	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 1,040.00
832.00	(8) PEONES	Q 6.00	Q 4,992.00
416.00	(4) GAVIONEROS	Q 10.00	Q 4,160.00
SUBTOTAL			Q 10,712.00
PRESTACIONES 29.16%			Q 3,123.62
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 1,357.22
*VIÁTICOS 20%			Q 312.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 15,504.84</b>

<b>HERRAMIENTAS 5% M.O:</b>	<b>Q 775.24</b>
-----------------------------	-----------------

#### MATERIALES Y OTROS GASTOS:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
75.00	UNIDAD, CAJAS PARA GAVIÓN	Q 257.37	Q 19,302.75
210.00	M3, PIEDRA BOLA	Q 89.28	Q 18,748.80
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 38,051.55</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO:</b>	<b>Q 83,061.63</b>
-----------------------------	--------------------

#### COSTOS INDIRECTOS

IMPREVISTOS 5%	Q 4,153.08
FIANZAS 1.21%	Q 1,005.05
SEGUROS 0.28%	Q 232.57
CONTRATO 0.75%	Q 622.96
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q 6,644.93
UTILIDAD 15%	Q 12,459.24
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q 25,117.83</b>

<b>TOTAL PARCIAL:</b>	<b>Q 108,179.46</b>
-----------------------	---------------------

#### IMPUESTOS

IVA 12%:	Q 12,981.54
** IETAAP 1.25%	Q 1,352.24
ISR 4.65%	Q 5,030.34
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q 19,364.12</b>

<b>PRECIO TOTAL:</b>	<b>Q 127,543.58</b>
----------------------	---------------------

<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:</b>	<b>Q 850.29</b>
---	-----------------

\*APLICA VIÁTICOS

\*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

## Tabla XXVI. Cuadro 24. Geotextil

### INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

ACTIVIDAD: Geotextil  
 RENDIMIENTO: 90 M2 / DIA  
 FECHA: 22/08/1901  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 180.00 M2  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 2.00 Días

#### MAQUINARIA Y EQUIPO:

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			- Q

#### MANO DE OBRA:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
8.00	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 160.00
32.00	(2) PEONES	Q 6.00	Q 192.00
SUBTOTAL			Q 352.00
PRESTACIONES 29.16%			Q 102.65
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 44.60
*VIÁTICOS 20%			Q 32.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 531.25</b>
<b>HERRAMIENTAS 5% M.O:</b>			<b>Q 26.56</b>

#### MATERIALES Y OTROS GASTOS:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
180.00	GEOTEXTIL	Q 7.79	Q 1,402.20
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 1,402.20</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO:</b>			<b>Q 1,960.01</b>

#### COSTOS INDIRECTOS

IMPREVISTOS 5%	Q	98.00
FIANZAS 1.21%	Q	23.72
SEGUROS 0.28%	Q	5.49
CONTRATO 0.75%	Q	14.70
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q	156.80
UTILIDAD 15%	Q	294.00
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>		<b>Q 592.71</b>

**TOTAL PARCIAL: Q 2,552.72**

#### IMPUESTOS

IVA 12%:	Q	306.33
**IETAAP 1.25%	Q	31.91
ISR 4.65%	Q	118.70
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>		<b>Q 456.94</b>

**PRECIO TOTAL: Q 3,009.66**

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD: Q 16.72**

\*APLICA VIÁTICOS  
 \*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

**Tabla XXVII. Cuadro 25. Cunetas Revestidas de Concreto (e=0.10m)**

**INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS**

ACTIVIDAD: Cunetas Revestidas de concreto (e=0.10 m)  
 RENDIMIENTO: 96 M2 / DIA  
 FECHA: 09/07/2005  
 CANTIDAD A EJECUTAR: 3,325.00 M2  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: 35.00 Días

**MAQUINARIA Y EQUIPO:**

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
175.00	(1) CAMIÓN DE VOLTEO	Q 110.00	Q 19,250.00
140.00	(1) PIPA DE AGUA	Q 70.00	Q 9,800.00
630.00	(3) MEZCLADORA DE CONCRETO	Q 15.00	Q 9,450.00
70.00	(1) VIBROCOMPACTADOR MANUAL	Q 25.00	Q 1,750.00
280.00	(1) PICK-UP	Q 30.00	Q 8,400.00
140.00	(1) CAMIÓN DE ESTACAS	Q 90.00	Q 12,600.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 61,250.00</b>

**MANO DE OBRA:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
35.00	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 1,400.00
140.00	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 2,800.00
3,360.00	(12) ALBAÑIL	Q 10.00	Q 33,600.00
6,720.00	(24) PEONES	Q 6.00	Q 40,320.00
SUBTOTAL			<b>Q 78,120.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 22,779.80
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 9,897.81
*VIÁTICOS 20%			Q 840.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 111,637.61</b>
<b>HERRAMIENTAS 5% M.O.:</b>			<b>Q 5,581.88</b>

**MATERIALES Y OTROS GASTOS:**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
2,328.00	BOLSA, CEMENTO	Q 33.40	Q 77,755.20
266.00	M3, ARENA	Q 66.96	Q 17,811.36
233.00	M3, PIEDRÍN	Q 107.14	Q 24,963.62
1.00	MADERA	Q 2,678.57	Q 2,678.57
1.00	AGUA PARA ALCANZAR HUMEDAD ÓPTIMA	Q 3,000.00	Q 3,000.00
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 126,208.75</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO:** Q 304,678.24

**COSTOS INDIRECTOS**

IMPREVISTOS 5%	Q 15,233.91
FIANZAS 1.21%	Q 3,686.61
SEGUROS 0.28%	Q 853.10
CONTRATO 0.75%	Q 2,285.09
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q 24,374.26
UTILIDAD 15%	Q 45,701.74
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q 92,134.71</b>

**TOTAL PARCIAL:** Q 396,812.95

**IMPUESTOS**

IVA 12%:	Q 47,617.55
**IETAAP 1.25%	Q 4,960.16
ISR 4.65%	Q 18,451.80
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q 71,029.51</b>

**PRECIO TOTAL:** Q 467,842.46

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD:** Q 140.70

\*APLICA VIÁTICOS

\*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

## Tabla XXVIII. Cuadro 26. Bordillo

### INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

ACTIVIDAD: **Bordillo**  
 RENDIMIENTO: **75.00 MI / DIA**  
 FECHA: **38,542.00**  
 CANTIDAD A EJECUTAR: **1,400.00 MI**  
 DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: **19.00 Días**

#### MAQUINARIA Y EQUIPO:

CANTIDAD HORAS	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
57.00	(1) CAMIÓN DE ESTACAS	Q 90.00	Q 5,130.00
76.00	(1) PIPA DE AGUA	Q 70.00	Q 5,320.00
228.00	(2) MEZCLADORA DE CONCRETO	Q 15.00	Q 3,420.00
38.00	(1) CAMIÓN DE VOLTEO	Q 110.00	Q 4,180.00
38.00	(1) PICKUP	Q 30.00	Q 1,140.00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:</b>			<b>Q 19,190.00</b>

#### MANO DE OBRA:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA	SUBTOTAL
38.00	(1) INGENIERO*	Q 40.00	Q 1,520.00
38.00	(1) ENCARGADO*	Q 20.00	Q 760.00
760.00	(5) ALBAÑIL	Q 10.00	Q 7,600.00
1,520.00	(10) PEON	Q 6.00	Q 9,120.00
SUBTOTAL			<b>Q 19,000.00</b>
PRESTACIONES 29.16%			Q 5,540.40
IGSS, IRTRA E INTECAP 12.67%			Q 2,407.30
*VIÁTICOS 20%			Q 456.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>			<b>Q 27,403.70</b>

**HERRAMIENTAS 5% M.O.: Q 1,370.19**

#### MATERIALES Y OTROS GASTOS:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL
441.00	BOLSA, CEMENTO	Q 33.40	Q 14,729.40
60.00	M3, ARENA	Q 66.96	Q 4,017.60
50.00	M3, PIEDRÍN	Q 107.14	Q 5,357.00
1.00	MADERA	Q 2,678.57	Q 2,678.57
<b>TOTAL MATERIALES:</b>			<b>Q 26,782.57</b>

**TOTAL COSTO DIRECTO: Q 74,746.46**

#### COSTOS INDIRECTOS

IMPREVISTOS 5%	Q 3,737.32
FIANZAS 1.21%	Q 904.43
SEGUROS 0.28%	Q 209.29
CONTRATO 0.75%	Q 560.60
GASTOS ADMINISTRATIVOS 8%	Q 5,979.72
UTILIDAD 15%	Q 11,211.97
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>Q 22,603.33</b>

**TOTAL PARCIAL: Q 97,349.79**

#### IMPUESTOS

IVA 12%:	Q 11,681.97
**IETAAP 1.25%	Q 1,216.87
ISR 4.65%	Q 4,526.77
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>	<b>Q 17,425.61</b>

**PRECIO TOTAL: Q 114,775.40**

**PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD: Q 81.98**

\*APLICA VIÁTICOS

\*\*IMPUESTO VARIABLE SEGÚN AÑO

#### **4.6 Cronograma de actividades**

El cronograma de actividades es la representación de las mismas en el tiempo, también es conocido como programa de trabajo. Por lo regular, el programa de trabajo lo propone el contratista para su aprobación, por parte del supervisor o por el ente contratante.

La duración de las actividades resulta de la división entre la cantidad a ejecutar y el rendimiento de la actividad. Para realizar la programación se debe tomar en cuenta el tiempo de descanso, los días de asueto, los posibles atrasos, la época lluviosa, y cualquier otro inconveniente que pueda surgir para alcanzar el rendimiento establecido. Además, si existe un plazo contractual estipulado, se debe velar por el cumplimiento de las actividades para evitar sanciones. A veces, es necesario acelerar los trabajos inyectando maquinaria y personal, para cumplir con la fecha de entrega.

Dentro de las funciones principales tenemos:

- Constatar el avance de las actividades,
- Proyectar los recursos que se emplearán,
- Mezclar valores económicos con las actividades, para ver avance financiero.

Este se puede hacer por medio de diagramas de barras u otro método, donde sea fácilmente identificada la actividad que corresponda ejecutar en el tiempo planeado.

En el siguiente ejemplo, se incluyen valores con las cantidades de trabajo. Por lo tanto, se tienen datos reales de precios unitarios, que han sido calculados con parámetros actuales y brindan una idea del precio de algunas actividades que componen un proyecto.

Tabla XXIX. Programa de trabajo

PROGRAMA DE TRABAJO  
ENTIDAD CONTRATANTE  
NOMBRE DE LA EMPRESA

NOMBRE DEL PROYECTO:   
 NOMBRE DE LOS TIEMPOS:   
 Kms.

LONGITUD:

REGIÓN	ACTIVIDAD	U	CANT.	PRECIO UNITARIO	TIEMPO ACTUANDO	MES																				
						17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28									
101.64	Placa de la cebra construida	Unidad	5.00	3,447.00	17.170.00																					
302.60	Llaves, cerradura y electroimán	Paq	2.40	61,812.10	147,349.00																					
200.0310	Protección por eléctrica	m2	25,000.00	36.41	910,250.00																					
201.8300	Extracción de cables de alta tensión	m3	90,000.00	21.17	1,905,300.00																					
201.6401	Extracción de cables de alta tensión	m3	1,000.00	101.60	101,600.00																					
307	Accesorios	ml	42,100.00	2.36	100,256.00																					
311.01	Resistencia de cables de alta tensión	m2	33,716.00	11.33	381,842.88																					
304.0110	Cable de cobre conductor (1.25 m)	m3	5,075.00	94.99	483,977.25																					
305.0100	Cable de hierro conductor (1.25 m)	m3	3,485.00	256.66	894,483.30																					
407	Trabajo de instalación	Clm	5,202.00	34.17	177,790.34																					
401.2030	Trabajo de instalación (1.80 m)	Tm	2,442.00	297.83	727,120.86																					
401.2053	Trabajo de instalación (1.25 m)	Clm	3,133.00	23.97	75,180.81																					
408.014	Trabajo de instalación	Clm	2,200.00	24.51	53,922.00																					
2.06.1	Instalación de transformadores y cableado de alimentación de 30°	m	100.00	984.29	98,429.00																					
2.06.3	Instalación de transformadores y cableado de alimentación de 42°	m	20.00	5,480.12	109,602.40																					
2.07	Mantenimiento	m	60.30	912.43	55,039.59																					
3.03.01	Trabajo de instalación	m	75.00	973.96	73,047.00																					
4.01	Operación	m	100.00	808.20	80,820.00																					
005.0100	Operación	m	100.00	16.71	1,671.00																					
008.03	Operación de mantenimiento (1.25 m)	m	3,212.00	1,407.70	4,521,212.40																					
009.08	Mantenimiento	m	1,400.00	91.00	127,400.00																					
SN	Mantenimiento de equipos	Clm	1.00	6,000.00	6,000.00																					
901.01	Trabajo de instalación	Clm	1.00	34,000.00	34,000.00																					
923.01	Trabajo de instalación	Clm	1.00	100,000.00	100,000.00																					
TOTALS					67,588,811.18	67,588,811.18																				
					67,588,811.18	67,588,811.18																				
					67,588,811.18	67,588,811.18																				
					67,588,811.18	67,588,811.18																				

## CONCLUSIONES

1. Los proyectos de construcción de carreteras conllevan grandes beneficios sociales y desarrollo a las poblaciones, por lo que, deben construirse con la mejor calidad posible, cumpliendo las especificaciones contractuales y haciendo buenas prácticas de ingeniería.
2. La metodología de actividades para la construcción de carreteras, nos describe la función que cada componente tiene en el proceso constructivo, tanto como el personal, la maquinaria, el equipo y el manejo de los materiales.
3. La importancia de un buen diseño de carreteras, radica en que determina las características geométricas que dan seguridad al conducir y de él, se obtienen las cantidades de trabajo que componen un proyecto.
4. En la ejecución del proyecto se deben tomar decisiones para solucionar situaciones que surjan, mismas que deberán ser resueltas por el ingeniero superintendente con la aprobación del ingeniero delegado residente. Cuando se cuenta con el apoyo de personal experimentado, estas situaciones se resolverán de la mejor forma, tal es el caso, de encargados, laboratoristas, topógrafos, operadores de maquinaria, etc.
5. El conocimiento de las características de la maquinaria y los trabajos que puede realizar cada una, son imprescindibles para el cálculo de precios unitarios. Además, permite relacionar en que actividad del proceso constructivo se utilizan, para optimizar su rendimiento. La experiencia es un factor muy importante que se debe tomar en cuenta en el cálculo de precios unitarios, al igual que el conocimiento acerca de los rendimientos de la maquinaria e incluir todas las variables, tal es el caso de maquinaria, mano de obra, materiales, impuestos, fianzas, utilidad e imprevistos.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar la visita de campo, es un paso que no se debe obviar cuando se desee participar en la presentación de ofertas de un proyecto dado.
2. La elaboración de ofertas debe hacerse con entera seriedad, cumpliendo con las bases de licitación, enterados de los requisitos de construcción y calidad de los componentes a construir.
3. Para el cálculo de precios unitarios debe hacerse un análisis de la maquinaria que realizará el trabajo, no incluir rendimientos de otra que no lo hará, no se debe calcular nunca con el máximo rendimiento alcanzado, tampoco con el mínimo.
4. Se propone el análisis por parte de las diversas instituciones del Estado y por las empresas contratistas, para la implementación del cuadro de precios unitarios que se desarrolla en este trabajo de graduación.
5. Se deben actualizar constantemente los precios de la maquinaria, mano de obra y materiales, ya que pueden surgir variaciones, según las fechas en que se presenten las ofertas.
6. Debido a que la maquinaria sigue un proceso de innovación, debe tratarse de mantener informado de los avances y los modelos más recientes del mercado.
7. Los procesos constructivos, también deben ser punto de análisis para realizar el trabajo de la mejor forma, debido a la competencia alta del mercado de la construcción, por lo que debemos optimizar recursos, para mantener competitividad.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y vivienda. **Especificaciones Generales para construcción de carreteras y puentes.** Guatemala: Septiembre 2001.
2. Unidad Ejecutora de Conservación vial. COVIAL. **Especificaciones especiales.** Guatemala Edición 2005.
3. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Programa de caminos rurales y carreteras principales. **Licitación Pública Internacional DGC-011-2003-C. Rehabilitación en grava de caminos del altiplano del departamento de San Marcos.** Guatemala: Junio 2004.
4. FOVIAL. Instrucciones a los ofertantes. El Salvador: **Programa de mantenimiento rutinario.** Octubre 2002.
5. CATERPILLAR. **Manual de rendimiento.** Edición 34. EE.UU. Octubre de 2003.
6. Pérez Méndez, Augusto René. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989. 122 pp.
7. Mack Chang, Vivian Haydée. Importancia de la elaboración de perfiles de proyectos en la ingeniería civil para obras de tipo social. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 81 pp.
8. Morales Campos, Erick Antonio. Maquinaria utilizada para la construcción de carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. 64 pp.
9. López López, Juan Carlos. Manual del curso de pavimentos. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998. 96 pp.