

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA 2DA.  
ETAPA DE LA MODERNIZACIÓN DEL  
BOULEVARD DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD  
POLITECNICA DE TULANCINGO DE BRAVO,  
HIDALGO**

**Presenta, para obtener el título en ingeniería civil:**

**José Francisco de la Fuente Colín**

**Director de tesis: MI. Luis Candelas Ramírez**

**Ciudad Universitaria, México DF.  
Enero de 2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **INDICE GENERAL**

### **TITULO: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA 2DA. ETAPA DE LA MODERNIZACION DEL BOULEVARD DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA DE TULANCINGO**

#### **INTRODUCCION**

#### **CAPITULO 1 GENERALIDADES DE LOS CAMINOS**

- 1.1. HISTORIA DE LOS CAMINOS.
- 1.2. CLASIFICACION DE CAMINOS VEHICULARES.
- 1.3. ANTECEDENTES.

#### **CAPITULO 2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**

- 2.1 DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA CARRETERA
- 2.2 DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA EL SUB-TRAMO CARRETERO EN PARTICULAR
  - 2.2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS EN EL BANCO DE PRESTAMO
  - 2.2.2 EXCAVACIONES
  - 2.2.3 TRANSPORTE Y ACARREO
  - 2.2.4 COLOCACION (ACAMELLONAMIENTO)
  - 2.2.5 TENDIDO DE MATERIALES
  - 2.2.6 MEZCLADO DE LOS MATERIALES
  - 2.2.7 NIVELADO
  - 2.2.8 HUMEDECIDO O SECADO
  - 2.2.9 COMPACTACION
  - 2.2.10 CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
  - 2.2.11 FORMACION DE LA SUB-BASE HIDRAULICA
  - 2.2.12 FORMACION DE LA BASE HIDRAULICA
  - 2.2.13 BARRIDO, RIEGOS Y CARPETA
- 2.3. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA OBRAS DE DRENAJE:
  - 2.3.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA DREN PLUVIAL EN EL KM 1 + 715.59
  - 2.3.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA DREN PLUVIAL EN EL KM 2 + 756.00
- 2.4 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA EL DREN LA MORENA
- 2.5 CONSTRUCCION DE BANQUETAS Y GUARNICIONES
- 2.6 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA ALCANTARILLADO PLUVIAL
- 2.7 SEÑALAMIENTOS
  - 2.7.1 ANTECEDENTES
  - 2.7.2 CONTENIDO
  - 2.7.3 GENERALIDADES

## 2.8 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA SEÑALAMIENTOS

### 2.8.1 SEÑALAMIENTOS HORIZONTALES

#### 2.8.1.1 RAYA SEPARADORA DE CARRILES

#### 2.8.1.2 RAYAS EN LAS ORILLAS DE LA CARRETERA

#### 2.8.1.3 RAYAS DE PARADA

#### 2.8.1.4 RAYAS PARA CRUCE DE PEATONES

#### 2.8.1.5 RAYAS CANALIZADORAS

#### 2.8.1.6 MARCAS EN OBSTACULOS ADYACENTES A LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO

### 2.8.2 SEÑALAMIENTOS VERTICALES

#### 2.8.2.1 SEÑALES PREVENTIVAS

#### 2.8.2.2 SEÑALES RESTRINGIDAS

#### 2.8.2.3 SEÑALES INFORMATIVAS DE DESTINO

#### 2.8.2.4 SEÑALES INFORMATIVAS DE SERVICIO Y TURISTICAS

## 2.9 RETORNOS

## **CAPITULO 3 PRESUPUESTO, PROGRAMA Y RESUMEN DE OBRA.**

### 3.1 PRESUPUESTO DE OBRA

### 3.2 PROGRAMA DE OBRA

### 3.3 RESUMEN DE OBRA

### 3.4 CURVA MASA

## **CAPITULO 4 EXPEDIENTE FOTOGRAFICO; ANEXO PLANOS TIPO PLANTA GENERAL, SEÑALAMIENTOS.**

## **CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PRÁCTICAS.**

## **BIBLIOGRAFIA**

## INTRODUCCION

Ya desde los tiempos más antiguos, para trasladarse de un lugar a otro los hombres tuvieron que trazar pistas y senderos sobre el terreno, a menudo impracticable, en que vivían. En algunos sitios poco conocidos todavía ocurre hoy algo parecido: las personas que marchan en caravana abriéndose paso por el bosque marcan un sendero que muy pronto volverá a estar cubierto de vegetación; las pistas trazadas en el desierto por los camellos duran pocas horas, o como máximo pocos días, puesto que están barridas por el viento, mueve la arena y crea continuamente un paisaje nuevo. Pero a pesar de la naturaleza a menudo adversa, el hombre trabaja para abrir y mantener abiertas vías de comunicación entre lugares distantes que son necesarias para su desplazamiento y sus relaciones comerciales.

La utilización de medios de transporte cada vez mas veloces hace necesaria en la actualidad la construcción de anchas y rectilíneas carreteras, desprovistas al máximo de cruces y de curvas y en las que sea posible divisar los obstáculos a una gran distancia: en una palabra, carreteras con un máximo de seguridad. Las viejas carreteras tortuosas, aptas para los carros tirados por animales, que se encaramaban por las colinas uniendo entre si sugestivos y solitarios pueblecitos, son sustituidas cada vez mas por rápidas vías de circulación. En cualquier caso, los pequeños pueblos han quedado marginados de las grandes vías de comunicación. Ahora, al lado de las nuevas carreteras, están naciendo pequeñas ciudades modernas, ya no alrededor de un campanario, una torre o un castillo,

si no en las cercanías de complejos industriales a los que son indispensables las vías rápidas de comunicación.

Para proyectar una carretera, hace falta antes que nada observar en mapas detallados como es la situación del terreno. Los elementos más importantes a tener en cuenta son: los ríos o los accidentes que pueden ser aprovechados o evitados; las zonas freáticas, en las que las filtraciones de agua pueden perjudicar a la nueva arterial. Es por otra parte indispensable que la nueva carretera se adapte lo mejor posible al medio ambiente, respetando los perfiles de las alturas y la vegetación natural, de manera que los lugares lejanos queden unidos sin ocasionar daños irreparables al paisaje originario.

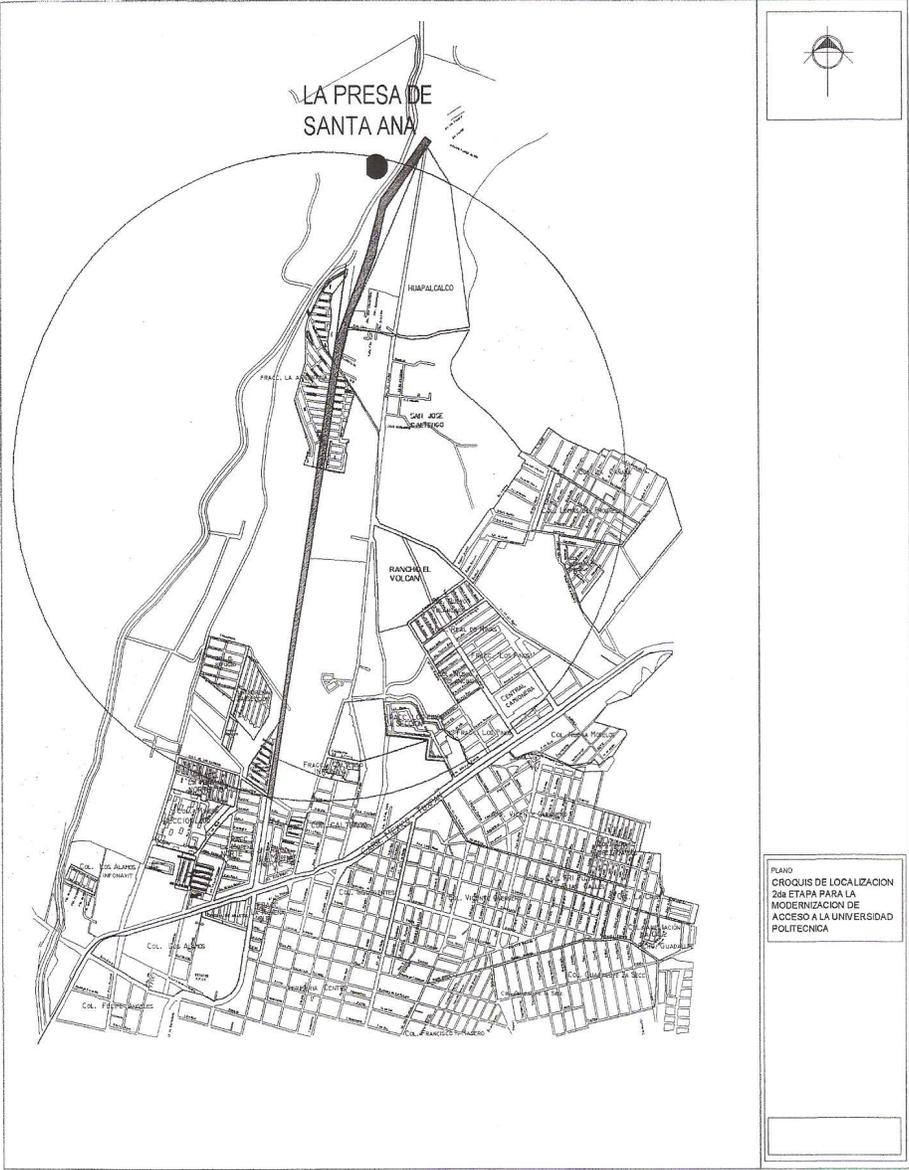
Por estas cuestiones consideramos de vital importancia el desarrollo de este trabajo pues, en el cual se analiza el procedimiento constructivo del acceso comprendido entre la cabecera municipal de Tulancingo de Bravo y la Universidad Politécnica, en este trabajo desarrollamos como Capítulo primero aspectos tales como la historia de las vías de comunicación, su clasificación, y antecedentes.

Como Capítulo segundo nos abocamos directamente al procedimiento constructivo, en el cual hacemos un detallado análisis de los pasos a seguir para la correcta construcción de este acceso, observamos desde los inicios de los trabajos tales como juntas vecinales, afectaciones, así como, los trabajos de terminación como la colocación de señales tanto verticales como horizontales y su puesta en operación.

En el Capítulo tercero nos abocamos a la presentación de los presupuestos, programas y resumen de obra, proporcionados por la residencia general de obra los cuales exponemos a continuación.

El Capítulo cuarto muestra el expediente fotográfico, el cual es desarrollado conforme a la ejecución de la construcción de cada uno de los conceptos requeridos para la concepción integral de este proyecto.

Para el quinto Capítulo presentamos las conclusiones y recomendaciones prácticas concernientes al desarrollo de este trabajo. Y por último mostramos la bibliografía consultada para el desarrollo de este trabajo.



PLANO  
 CROQUIS DE LOCALIZACION  
 2da ETAPA PARA LA  
 MODERNIZACION DE  
 ACCESO A LA UNIVERSIDAD  
 POLITECNICA

## **CAPITULO 1 GENERALIDADES DE LOS CAMINOS.**

### **1.1 Historia de los caminos**

Antes de la conquista española, se cree que durante los 29 años de reinado de Moctezumallhuicamina(1440-69), los aztecas extendieron su dominio desde el golfo hasta el pacífico, pero para Axayacatl(1469-81)el que construyo el primer camino que comunicaría a la Gran Tenochtitlan con la bahía de Acapulco.

Tras la conquista los hombres de Hernán Cortes, conolizarian muy pronto la región, siendo Gonzalo de Umbría el primero en llegar a nuestras costas un 13 de septiembre de 1522. Diez años después Francisco Cortes de Antamaria y Diego Hurtado de Mendoza, recorrieron este camino, tratando de establecer una ruta sin existo. El propio Hernán Cortes seria quien se establecería posteriormente en una bahía, que en su honor seria llamada Puerto del Marques.

Cuando las vías peatonales se formaban sobre terrenos blandos o de lodazales, las tribus trataban de mejorar las condiciones de estas colocando piedras en el trayecto para evitar resbalar o sumergir los pies en el lodo. Los caminos para carretas se revestían de tal forma que las ruedas no se incrustaran en el terreno; para construir estos revestimientos se utilizaban desde piedra machacada hasta empedrados como los de la vía Apia, en la que se realizaban carreras de carretas; la colocación de las piedras o revestimientos en los lodazales de caminos peatonales tenia la finalidad de que las vías recibieran las cargas sin ruptura estructural, así como de distribuir los esfuerzos en

zonas cada vez mas amplias con la profundidad para que los soportara el terreno natural. Estas son también las funciones principales de los pavimentos actuales.

Pero en el año de 1522, se abrieron los primeros caminos y brechas para impulsar la agricultura, la ganadería y la pesca, además de la apertura de la ruta de Oriente de gran influencia comercial para Acapulco.

Esto delimito el uso del camino exclusivamente para el transito de recuas de mulas y carretas, cuya finalidad era la de transportar todo lo explotado, constituyéndose esta población en una parte importante de la red de caminos de la época y del desarrollo de la región.

Don Juan Francisco de Quemes Pacheco, primer conde de Revillagigedo y Don Fray Antonio Maria de Bucareli y Unsua, quienes pusieron especial empeño en arreglar el Camino Real que mas tarde se le conocería como el “Camino de Oriente”.

A finales del Virreinato, en 1580, había en la Nva España caminos reales por los que podía transitar en carretas que permitían el traslado de gentes de un destino a otro, estableciéndose un servicio regular de la Ciudad de México al puerto de Acapulco. Para ese entonces la ruta México-Acapulco figuraba entre los principales caminos a fines del periodo colonia.

El movimiento insurgente de México, fue desde sus comienzos una gran guerra de los

trabajadores del campo y de las minas, dirigida por clérigos rurales, la mayoría de ellos criollos, en esta época de constante lucha, los caminos y transportes heredados de la Colonia sirvieron para que los ejércitos de ambos bandos transportaran víveres y materiales de combate.

Hacia 1822, podría decirse que en México eran tres las carreteras principales: la de Veracruz, la de Acapulco y la de Tierra Adentro...( rumbo a Querétaro), sin embargo desde el principio de la Guerra de Independencia a la ruta de Acapulco no se le efectuó reparación alguna y en ese entonces había en ella parajes intransitables hasta para los propios arrieros, tal como sucede actualmente en la Autopista del Sol.

El 4 de Octubre de 1824 se promulgo la Constitución Federal de los Estados Unidos Mexicanos, y el día 19 del mismo mes, Guadalupe Victoria fue electo Presidente de la nva Republica. Durante su administración, se firmaron tratados con otros países, que estimulo la inversión extranjera.

Fuente: México desconocido No. 332/ octubre 2004: estructuración de vías terrestres, Fernando Olivera Bustamante, CECSA, 2 edic

## **1.2 Clasificación de caminos vehiculares.**

Por vías publicas se entienden los senderos peatonales y vehiculares, calles y avenidas de transito vehicular de libre acceso. Un espacio por donde se transita ya sea terrestre, acuático o aéreo. No se incluirán en las vías públicas, las vías privadas con

acceso restringido pertenecientes a cualquier clase de unidad residencial, industrial, comercial u oficial.

Los caminos se construyen para ayudar a la gente a llegar adonde quieren ir. Estas vías o caminos transitables son las que nos comunican o conducen de un lugar a otro a través de un vehículo, ya sea un automóvil, motocicleta, bicicleta, etc.

Las vías vehiculares se clasifican como:

a).- Urbanas: Son las vías que se desplazan en el entorno urbano y/o sub-urbano, no sujeto a ninguna clasificación oficial. Nos permiten trasladarnos dentro de una ciudad. Ubicadas en las calles y avenidas.

b).- Enlace: Las vías que nos unen entre ciudades. Ubicadas en las autopistas.

c).- Interurbanas: Las carreteras. Lo que en el ámbito rural sirve al tráfico de larga distancia, enlazando a ciudades, municipios o distritos municipales entre si conduciendo a lugares sin alcanzar esas categorías de decisión político-administrativas.

### **1.3 Antecedentes del camino en estudio**

El presente trabajo consta básicamente en analizar el procedimiento constructivo adecuado para la correcta construcción de un sub-tramo carretero de 3.8 km ubicado en el municipio de Tulancingo de Bravo, Hidalgo.

Resulta de especial interés el desarrollo de este trabajo debido a la necesidad creciente; por un lado del inevitable crecimiento de la mancha urbana de la localidad, ya que debido a la aparición de nuevas colonias como son parque del poblamiento Napateco, los Sabinos, y la Argentina y la ya existente colonia Huapalcalco, que son desarrollos habitacionales de magnitudes considerables, es ya una imperiosa necesidad para el prospero desarrollo no solo de estas, sino del municipio en si y por otro lado a la imperiosa necesidad de estar comunicados de manera rápida, cómoda, y segura, ya que en la actualidad existe una vía de comunicación que resulta insuficiente por ser un camino de 2 carriles que es calle de la localidad de Huapalcalco partiendo sus calles sin mas infraestructura que la necesaria para el libre transito de sus colonos, el transito por estas calles resulta muy lento debió a lo antes mencionado.

En esta cabecera municipal en continuo crecimiento y por obvias razones son necesarias inversiones para obra civil nueva y de mantenimiento, algo que se observa en la actualidad(en mas o menos buena medida)para la calidad de las obras civiles es en algunos casos muy mala, pues si se proyectan vidas útiles de obra a plazos de digamos de entre 20-30 años, en la actualidad observamos deterioros que no ocurren en plazos de no 10 años sino de apenas algunos años o inclusive meses, esto obviamente nos indica un problema lejos de la calidad intrínseca de los materiales, sino mas bien a fallas en la calidad de mano de obra, materiales producidos en obra, como el concreto, baches no corregidos en las subestructuras de los caminos, espesores variables(en menos)en carpetas terminadas, falta de señalización, o de proyecto, etc. Por ello el especial interés de realizar el presente trabajo.

## **CAPITULO 2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**

En el ámbito de la construcción existen tres conceptos básicos para la materialización de una obra, y que los exponemos a continuación: materiales, mano de obra, y maquinaria. Estos grandes concentrados de insumos son los que se usan y combinan de diferentes formas para llevar a un proyecto desde su inicio hasta su conclusión.

En la Ingeniería de Costos se manipulan las variables antes mencionadas, pero también debemos manipular otros criterios de comparación o métodos que nos lleven y que nos permitan evaluar y dar seguimiento a las acciones que nos llevan a la culminación del procedimiento constructivo. Un criterio que resulta muy importante debido a su combinación con el tiempo es el criterio económico, destaca principalmente por que en el momento que se combinan forman un proceso de evaluación que nos resulta de suma utilidad, pero claro que existen otros indicadores como vida útil de la obra, rentabilidad(relación costo-beneficio), funcionalidad, costos de mantenimiento, etc.

Con lo antes descrito buscamos hacer notar la importancia de proporcionar un procedimiento constructivo adecuado apegado a las necesidades particulares de cada proyecto, que sea concebida dentro de los lineamientos y estándares de calidad de su tipo y ejecutada en plazos de tiempo razonables, lo que sin duda repercute en la optimización de recursos y algo muy importante para la actualidad, el ahorro.

El correcto planteamiento de un esquema de procedimiento constructivo, tiene la bondad de permitirnos la evaluación y corrección de variaciones en cuanto a la

ejecución de los conceptos que integran la obra, además de que es una fuente rica en el momento de la toma de decisiones. También resulta muy importante considerar todas las actividades preliminares y posteriores a cada actividad de importancia.

Se define como programa de obra al conjunto de actividades enumeradas y asignadas en su tiempo de duración para todas y cada una de las actividades que integran el total de ejecución de un proyecto.

Para llevar a un costo mínimo la ejecución de los proyectos con sus especificaciones y los programas determinados son necesarios los siguientes puntos:

- 1) Proyecto y cantidades de obra(catalogo de conceptos)
- 2) Programa establecido por las necesidades del cliente, sin dejar de recordar que pueden ocurrir un sin numero de modificaciones al procesos constructivo por la condiciones naturales del lugar.
- 3) Costo mínimo: este depende básicamente del buen manejo que se le de a los recursos de la obra(materiales, m.o. y equipos)
- 4) Los recursos de la obra están condicionados a diferentes factores como por ejemplo: el factor humano, calidad de materiales, maquinaria y medio ambiente.

Una vez concursada la obra la entidad contratante, entrega el proyecto ejecutivo a la persona física o moral para proceder a su ejecución.

## **2.1 Descripción del procedimiento constructivo para una carretera**

El inicio de un procedimiento constructivo inicia propiamente por trabajos preliminares que los enumeramos a continuación:

- 1) localización de los propietarios de los terrenos afectados y liberación de los mismos
- 2) Ubicación física de los terrenos
- 3) Recopilación de datos importantes tales como actividades de terracerías e información geológica
- 4) Recopilación del número y tipo de obras civiles.

Esta información es necesaria para la elaboración del programa general de obras de terracerías, obras de drenaje, puentes, etc., tomando en consideración todas las modificaciones que afectaran a terceros con la finalidad de resarcirlas y cuya finalidad es implementar los diferentes frentes de trabajo necesarios.

El primer paso a seguir en campo inmediatamente antes de iniciar los trabajos es hacer reuniones con los delegados municipales, comisariados ejidales y/o vecinos en general (ver fotografía 4.1) para enterarles las intenciones del contratista con la finalidad de poder iniciar lo mas pronto posible, se debe hacer del conocimiento de la obra para tratar pormenores como pago a los afectados y beneficios en general todo esto con absoluta congruencia, para que al final se levanten actas legales correspondientes y con las firmas correspondientes donde todos los involucrados de conformidad.

Con respecto a la vegetación del lugar esta integrada por algunos árboles de dimensiones medias y algunos tramos están sembrados por alfalfas y pocas hortalizas. Con respecto al relieve del terreno se tiene una línea donde no existen cortes ni pendientes fuertes, pues el trazo se definió sobre lo que anteriormente era la línea del ferrocarril., Pues recapitulando en el año de 1999 se presentaron inundaciones muy

fuertes en la zona debido a la presencia de grandes huracanes lo que en kilómetros atrás puentes y tramos pertenecientes a f.f.c.c. fueron muy dañados o destruidos por completo lo que origino el desuso de tales espacios pues inclusive trabajadores de f.f.c.c. desmantelaron las líneas, retirando inclusive la grava característica de estas estructuras.

Paralelamente a las reuniones vecinales en el sitio pueden realizarse recorridos en el tramo a construir cuya finalidad es establecer información sobre los trabajos concernientes al proyecto de terracerías, de obras de drenaje son necesarios la construcción de drenes pluviales, pero volviendo a lo anterior la finalidad es preparar un programa general de obra. En obras de este tipo por lo general se prepara el programa de terracerías pues todo los trabajos como el de obras de drenaje dependen de este, o sea, se adecuan al programa de terracerías. Los programas antes mencionados son de suma importancia pues de ellos se derivan conceptos como duración de obra en general, cantidades de proyecto como lo es el de maquinaria y materiales en el tiempo y el de mano de obra.

## **2.2 Descripción del procedimiento constructivo para el sub-tramo carretero en particular**

Para el caso del sub-tramo carretero en cuestión, las actividades que en forma participaran en el programa de obra son las siguientes, se deja posteriormente su definición detallada.

- 1) Trazo del eje de proyecto
- 2) Localización de obras de drenaje
- 3) Compactación del terreno natural

- 4) Excavaciones en préstamo, acarreos y terraplenes
- 5) Formación de pedraplen, terraplén bandeado y terraplén compactado al 90% de la prueba proctor estándar
- 6) Formación de Subyacente y Subrasante
- 7) Construcción de carpeta asfáltica
  - 7.1) Sub-base hidráulica
  - 7.2) Base hidráulica
  - 7.3) Carpeta asfáltica
- 8) Obras de drenaje y civil (banquetas y camellòn)
- 9) señalización

### **2.2.1 Movimiento de tierras en el banco de préstamo**

la necesidad de utilizar un banco de préstamo surge debido a que en este sub-tramo carretero no existen excavaciones en corte, pues se trata de un trazo en planicie, y como anteriormente mencionamos la necesidad de levantar el trazo para evitar la posibilidad futura de una inundación es necesario el llevar a la obra material de banco, este se denomina banco “Napateco” que se encuentra aprox. 1 km de un extremo Norte de la obra (ver fotografía 4.2), este banco presenta una ubicación ideal pues como ya mencionamos se encuentra muy cerca del lugar de los trabajos, pues es algo que se debe procurar por el bien económico del proyecto.

### **2.2.2 Excavaciones**

El proceso de ejecución de los trabajos de terraplenes comienza con el trazo y ubicación de referencias topográficas, la cual se realiza por la brigada de topografía. Se traza el eje del camino, su alineamiento tanto horizontal y vertical, se colocan los ceros, estableciendo las referencias por medio de trompos y estacas a las cuales se le anotan los siguientes datos; el cadenamamiento, elevación de t.n., elevación de rasante, espesores y talud de terraplén. Estos trabajos se presentan en puntos consecutivos denominados estaciones de 20 metros o menos según se requiera por características notables del terreno.

### **2.2.3 Transporte y acarreo**

Una vez extraído el material es necesario transportarlo a su lugar de destino por medio de camiones, lo cual requiere de habilitar caminos que se comprende entre el banco de préstamo y lugar destino. El medio de transporte más utilizado para materiales de banco es a través de vehículos sobre neumáticos.

El elaborar un programa de terrecerías adecuado es muy importante y que continuación enumeramos para fines prácticos:

- 1) El tiempo que duren los trabajos de terrecerías están condicionados por el tipo de material por atacar, así como el rendimiento que posean los equipos a utilizarse.

Para este efecto debemos hacer algunas consideraciones siguientes:

- 1.1) La disponibilidad de los equipos deben ser los adecuados para este fin, para este ejemplo en el banco de préstamo se tiene maquinaria tipo tractor D6X o “bulldozer”, para lo que respecta a extracción del material y para carga de camiones con retroexcavadoras tipo case-580 “pachara”, (no es que este mal, pero debería disponerse de cargadores frontales por ejemplo

966F o modelos similar, claro que es posible hacer el trabajo pero a costo mayor con maquinarias inadecuadas).

- 1.2) El rendimiento debe procurarse cercano a lo optimo, y algunos puntos importantes para ello son tener una buena operación de equipos, así como un excelente suministro de combustibles.
  - 1.3) Disponibilidad de liquidez, o sea que en el momento que se requieran materiales propios para la operación de maquinaria como aceites, filtros y refacciones en general, no se tenga que ver afectada la cadena de trabajo por la falta de algunos de los insumos antes descritos.
  - 1.4) Se debe procurar en todo momento el eficiente trabajo de los camiones fleteros de la localidad.
  - 1.5) Se debe tener mano de obra calificada para cada actividad a realizar, así como los responsables de cada área deberán tener excelente don de mando para guiar por el buen camino el curso de las diferentes actividades.
  - 1.6) Se debe procurar la ejecución de la obra en periodos del año donde no ocurren lluvias frecuentes, para así no ver afectadas las actividades por periodos prolongados de tiempo, lo que resultaría en buena medida en un desfalco económico con sus respectivas consecuencias.
2. Los movimientos de terrecerías de terraplén, despalme, formación de subyacente y sub-rasante se definen por sus cantidades, para ser ejecutadas en forma eficiente y armónica, por un grupo de personas y maquinarias.(ver fotografía 4.3)

La brigada de topografía cumple una función muy importante puesto que se depende en todo momento para los trabajos de limpia y trazo de la línea, trazo de curvas horizontales y verticales. Estas actividades requieren de equipos como el transito, nivel

y sus accesorios, para después colocar trompos y estacas a cada 20 m de distancia o menores según lo requiera la topografía del tramo.

Se deben localizar los ceros del derecho de vía colocando señales visibles para el operador del tractor pueda atacar correctamente el área de trabajo, en este caso el ancho del sub-tramo de construcción fue de 20.00m a la derecha de 9.30m y a la izquierda de 10.70m

#### **2.2.4 Colocación (acamellonamiento)**

Una vez definido el trazo por la brigada de topografía, se comienza con el despalme (ver fotografía 4.4), este trabajo lo realiza un tractor D8N o modelo similar, acarreado el material de manera que se formen depósitos para después ser retirados del lugar. En teoría se debería hacer el cobro de este concepto entre los ceros de ambos terraplenes pero muy por lo regular se hace en todo lo ancho del tramo y con un espesor de aprox. 30 cm con fines de estimación.

Excavaciones adicionales o fuera de proyecto

Puede ocurrir la necesidad de incorporar trabajos imprevistos como excavaciones adicionales, algunos tipos de estos pueden ser:

- 1) Excavación de caja en cortes
- 2) Excavación de caja en zona húmeda de terraplén
- 3) Abatimiento de taludes
- 4) Escalones de liga
- 5) Excavación de corte en bermas

6) Remoción de derrumbes

7) Corte de camellón central

Este tipo de excavaciones son necesarios debido principalmente a:

1) La inestabilidad que pueden presentar algunos cortes

2) Exceso de humedad en el material de desplante, en el terreno natural, para formación de terraplén

3) Exceso de pendiente en la zona de terraplén. Con la finalidad de establecer liga entre cuerpo de terraplén y terreno natural.

Para este proyecto en cuestión se presentó durante la apertura de caja para alojar el cuerpo de terraplén, la presencia de nivel freático a 1 m de profundidad de nivel de t.n., en algunos tramos del proyecto, por lo que fue necesario colocar una capa de pedraplen a lo largo de las estaciones de 0 + 151 al 1 + 570 y del 3 + 200 al 3 + 800.

En la figura 2.1 se muestra la “sección transversal de un solo cuerpo” de modo ilustrativo, pues en un principio se daría inicio a la construcción de un solo cuerpo pero por decisiones superiores se procedió a la construcción de una carretera de 4 carriles y por ello mostramos en la figura 2.2 la “sección transversal ambos cuerpos”

### **2.2.5 Tendido de materiales**

El tendido de los materiales es importante cuando se involucran los conceptos tiempo y movimiento de maquinaria pesada, o sea, se debe estudiar cuidadosamente la colocación de los materiales de tal manera que este proceso resulte eficiente, en aras de un ahorro de tiempo de maquinarias pesada.

## **Formación de pedraplen con material de banco**

En el caso de encontrarse nivel freático dentro de los límites de las cajas de apertura para desplante de terrecerías, suele resolverse con la colocación de una capa a base de fragmentos de roca provenientes de banco, denominada pedraplen, su función básicamente es romper la capilaridad propia del terreno natural y que de no hacerse originara fallas estructurales que repercutirán no solo en las primeras capas inferiores del terraplén, sino posteriormente aflorara sobre inclusive la carpeta del rodamiento de las carreteras. Esta debe colocarse limpia y libre de cualquier material ajeno, esto claro tiene que ser aprobado por el residente general de obra que deberá anexarse como concepto extraordinario, en este caso en particular fue anexado debido a que no se conocía la presencia de agua en el lugar, se colocó en algunas estaciones antes descritas, en una capa y con un tamaño mal graduado en un espesor max. de 100 cm , para su colocación tuvo que ser acarreada al lugar con camiones volteo de 14 m<sup>3</sup> y colocada convenientemente en algunos tramos para que posteriormente fuera distribuida sobre los tramos a proteger. La maquinaria utilizada fue por su alta eficiencia y equipo adecuado tractor compactador “pata de cabra” (ver fotografía 4.5), con su cuchilla arrastro el material dentro del lugar para posteriormente apisonarlo, se le dieron tantas pasadas como fue necesario hasta donde la roca ya no continuo hundiéndose en el fango, con sus rodillos característicos, y cuidando en todo momento que el proceso de tendido e hincado no lastimen o fracturen la capa de pedraplen para evitar posibles daños estructural en las diferentes capas del cuerpo del terraplén a lo largo del proceso o vida útil del proyecto.

## **Formación de terraplén bandeado y compactado al 90%**

Por su origen del material, la conformación de terraplén puede provenir de material producto de movimientos o de banco de préstamo y se pueden clasificar como a continuación lo describimos:

- 1) terraplén bandeado
- 2) terraplén compactado al 90%

En este trabajo se procedió por el punto 2, debido a que en todo el tramo el nivel de desplante de terracerías resulto por debajo del despalme inicial, a nivel de t.n.

### **Terraplén compactado al 90%**

Se realiza con material compactable propiamente dicho, como por ejemplo con tepetate, suelos arcillosos, conglomerados medianamente cementados, y areniscas. La finalidad es aumentar su capacidad de carga, y esto se logra mediante el aumento de su peso volumétrico y reduciendo su relación de vacíos.

Para este caso la construcción del cuerpo de terraplén a 90% se realizo con el tractor compactador Caterpillar modelo 825 (pata de cabra), el espesor de las capas adyacentes o sucesivas fue de 25 cm, esto para procurar un acertado nivel de confianza en los respectivos grados de compactación.

La formación, distribución y compactación del material es realizada por el tractor compactador “pata de cabra”, el trabajo se realiza con la cuchilla para el esparcimiento

del material y sus rodadas características para la compactación deseada. Generalmente el numero de pasadas esta en función del criterio del ingeniero residente, de la supervisora y del personal del laboratorio de alta calidad.

El paso siguiente una vez se encuentra distribuido el material sobre la zona del terraplén y antes de comenzar a compactar, es verificar su humedad, por lo que algunas veces se deberá realizar ya sea, o incorporar agua limpia por medio de camiones pipa con el equipo adecuado para desempeñar el trabajo, o escarificar el material tantas veces como sea necesario si es que esta pasado de humedad. Algunas veces se hizo tanto lo primero como lo segundo.

La finalidad de estos dos pasos es que el material tenga su humedad óptima para luego proceder con la compactación. También se observo durante el proceso de compactación el transito de camiones pipa incorporando agua al terraplén, esto se realizo para reponer la humedad perdida durante el proceso y debido al calor evidente en el medio ambiente.

En la formación y compactación de terraplén a 90% realizado con tractor compactador “pata de cabra”, es de suma importancia que el suelo tenga su humedad optima, por que de lo contrario ya sea de estar saturado el material el trabajo de la maquinaria resultaría inútil, pues el material se amasa y no alcanza el grado de compactación adecuado. Por ultimo el trabajo de compactación se puede culminar una vez que las patas de cabra de la maquinaria ya no penetran el suelo por gravedad.

Una precaución que se debe tomar muy a menudo y posterior al terminado de compactación, es hacer pasar el rodillo liso vibratorio, cuya finalidad es dejar un

terminado liso y uniforme, muy recomendado para cerrar los poros de la superficie sobre todo en periodos con lluvias.

Para ligar la sucesivas capas de terraplén se hacia un riego de agua lo que da buenos resultados.

Conforme se acumulaban las capas del terraplén la cuadrilla de topografía (y en sincronía constante) continuaban colocando los ceros del cuerpo de terraplén y además localizando los alineamientos horizontales y verticales. Recordemos que de realizarse el correcto acomodo de las capas sucesivas del cuerpo, los taludes y anchos de proyecto llegaran a buen término.

En el termino de cada capa de terraplén, compactado a 90%, y antes de iniciar la siguiente capa, entra la brigada de laboratorio de alta calidad para sacar la concerniente prueba de compactación, que a su vez este dará los resultados de forma inmediata con la finalidad de no perjudicar los tiempos de ejecución. Por ultimo mostramos un formato tipo utilizado por laboratorio en lo que respecta ala capa de terraplén.

<b>INFORME DE TERRACERIAS</b>		Boulevard . Tul.- Huapl.	
		FECHA DE INFORME:	<b>8-oct-2008</b>
<b>CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>			<b>N CMT-1.01/02</b>
NUM. ENSAYE	41904/11	42929/36	
MATERIAL PARA:	TERRAPLEN	TERRAPLEN	
TOMADO DE	MAT. TENDIDO	CAMELLON	
KILOMETRO	3+300 CPO/IZQ	3+300 CPO/DER	
TAMAÑO MÁXIMO	1/2 "	1 "	
% RETENIDO EN MALLA DE 75 MM	0	0	
% QUE PASA MALLA DE 4.75 MM	95	88	
% QUE PASA MALLA DE 0.425 MM	47	43	
% QUE PASA MALLA DE 0.075 MM	20	19	
LÍMITE LÍQUIDO %	48	59	50 MÁX.
ÍNDICE PLÁSTICO %	7	14	
CONTRACCIÓN LINEAL %	2,8	5,5	
P.E.S. SUELTO KG/M3	1030	1041	
P.E.S. MÁXIMO KG/M3	1531	1326	
HUMEDAD OPTIMA %	30,5	10,6	
V.R.S. ESTÁNDAR SATURADO %	20,3	23,9	5 MÍN.
EXPANSIÓN %	1,17	1,3	5 MÁX.
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	SM	MH1	
	MATERIAL EMPLEADO ENTRE LOS KM (3+240-3+350)(3+240-3+350) 2DA CAPA		
OBSERVACIONES:	<b>MATERIALES QUE SE PUEDEN CONSIDERAR DE CALIDAD ACEPTABLE</b>		

## **2.2.6 MEZCLADO DE LOS MATERIALES**

En este punto resulta de particular importancia debido a los controles de calidad que se debe tener en cuanto a la calidad y dosificación de los materiales, que de ser así, se obtendrán resultados buenos en cuanto a la calidad respectiva de las diferentes capas que componen el cuerpo de las carreteras en general.

### **a) Formación de subyacente y subrasante**

Una vez terminado el cuerpo del terraplén se procede a la construcción de las capas subyacente y sub-rasante, que para concebir esto es necesario tener los niveles de terrecería o de proyecto. Los materiales (tepetate) que deben conformar estas capas generalmente son de banco. El material para la construcción de estas dos capas antes citadas proceden del banco “El Napateco”, que se ubica a menos de un 1 Km. del extremo Norte del sub-tramo en cuestión.

En la zona de terraplén a construir, la capa subyacente se construyo con un espesor de 50 cm en total, o en dos capas de 25cm cada una.

El equipo utilizado para la formación y compactación de la capa subyacente a 95% es de la siguiente forma: motoconformadora, tractor compactador pata de cabra, compactador vibratorio, y camión pipa.(ver fotografía 4.6)

El equipo utilizado para el banco de préstamo es el siguiente: retroexcavadora tipo case-580 o similar caterpillar, camión de volteo de 7 m<sup>3</sup>.

Para iniciar la construcción de la capa subyacente en zona de terraplén, primero se procede a la colocación de datos topográficos para delinear los anchos y espesores de las subsecuentes capas. Sobre esta capa se realizaron ambos cuerpos a construir, o sea, en una sola capa de más de 20m, pues en el centro se proyectó la construcción de una ciclo pista, que por el momento no hablaremos de ella pues no es la finalidad del inciso.

### **2.2.7 NIVELADO**

Una vez concluido el trabajo de topografía sobre el tramo a construir, se procede a dar un riego de agua con el camión pipa, con la finalidad de ligar la capa de desplante con la nueva capa a construir. Posteriormente se tiran los viajes concernientes, para después iniciar con el acomodo de los viajes en la zona de construcción. El número de viajes se determinó en base al volumen esperado multiplicado por su factor de abundamiento y dividido entre la capacidad de los camiones volteo.

Resulta de singular interés que en esta capa a construir los cálculos resulten correctamente pues de lo contrario podríamos tener en más o menos material en la obra lo que nos resulta en sobrecostos derivados de recargos o desperdicios.

### **2.2.8 HUMEDECIDO O SECADO**

Una vez la plantilla de tiro en el lugar comienza a realizar el acomodo a lo largo y ancho del cuerpo con la motoconformadora (siguiendo los niveles en todo momento), después la motoconformadora acamellona. Sin olvidar que el material debe tener su humedad óptima pues de lo contrario se generan dos situaciones:

- 1) En caso de que el material se encuentre en estado saturado la motoconformadora tendrá que hacer varios ciclos con su herramienta principal, hasta el material pierda el excedente de agua.
- 2) En caso de que el material se encuentre reseco se le incorpora agua con ayuda del camión pipa, hasta cubrir su necesidad.

Una vez que se encuentre el material con la humedad optima y totalmente homogeneizado en toda la capa, la motoconformadora con ayuda de su herramienta principal (la cuchilla niveladora) le dará forma respectivamente a los niveles, taludes, pendientes y anchos de proyecto.

### **2.2.9 COMPACTACION**

Para desplantar los terraplenes es necesario compactar el terreno natural (ctn), este trabajo se realiza a la par del despalme, o sea, en el momento que los tractores despalman también realizan el trabajo de compactar, con dos o tres pasadas es suficiente pero vale la pena hacer énfasis en nunca olvidar que el trabajo este correcto.

Cuando en una zona para desplantar el terraplén se encuentra inestable con mucha humedad, se procede a realizar una excavación adicional, llamada “excavación de caja para el desplante de terraplenes”, para posteriormente hacer el relleno con material granular con el fin de que el agua no llegue a las terrecerías.

Una vez concluido el procedimiento anterior, comienza a trabajar el equipo de compactación (rodillo liso vibratorio) sobre la capa respectiva, el numero de pasadas a

ejecutar esta condicionado hasta que el material alcance su grado de compactación de proyecto, y que para este caso resulta al 95% de peso volumétrico saturado seco.

La subyacente se construye en dos capas de 25 cm cada una, por lo que después de conformarla, compactarla, y nivelarla correctamente, el laboratorio de alta calidad se encargara de hacer pruebas con la finalidad de que cumplan con las normas y tolerancias de proyecto. Las pruebas de campo se distribuyen en campo como se muestra en la figura 2.3.

Posteriormente se prosigue con el chequeo de los niveles terminados a cargo de las brigadas de topografía tanto de la constructora y la supervisora, para que sean los de proyecto o que no sobre pasen las tolerancias especificadas. Puede ocurrir que los niveles sean incorrectos detectados ya sea por la supervisión o por la constructora el paso a seguir es el conveniente a saber:

- 1) Si los niveles están por encima de los indicados en proyecto, se deben retirar material hasta que se garanticen los niveles correctos y de conformidad con la supervisora y la constructora a cargo
- 2) Si los niveles están por debajo de los indicados en proyecto, se debe hacer un recargue de material procedente de banco y en los mismos términos que en el primer punto.

Para la construcción de la capa sub-rasante, se sigue el procedimiento constructivo descrito para la subyacente. Cabe resaltar que en esta capa se determino la necesidad de adicionar el 3% de cal hidratada (ver fotografía 4.7), que es algo muy frecuente para lograr alcanzar el grado de compactación necesario en las terracerías. Por lo que a continuación haremos un resumen en pasos a seguir para ello:

- 1) Colocación de datos por la brigada de topografía:
- 2) Riego de agua para liga de capa y acarreo del material producto de banco
- 3) Verificación de humedad óptima y adición de cal hidratada
- 4) Conformación y nivelación de la capa
- 5) Compactación y verificación de la capa
- 6) Aprobación de la capa por las brigadas de supervisión y constructora

Para la subyacente y subrasante, se elaboran los reportes que contienen información respectiva y específica de cada kilometraje de ensayo, contiene información tal como: cadenamiento donde se realiza el muestreo, lado del cuerpo, espesor de la capa, así como los porcentajes de humedad y peso específico seco del ensayo, a continuación se muestra un reporte tipo realizado en la capa de sub-rasante proporcionada por la residencia de la obra para fines ilustrativos.

INFORME DE TERRACERIAS		BOULEVARD TUL- HUAPAL.		
		FECHA DE INFORME:		18-sep-2008
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	SIN CAL	CON CAL (3%)	N CMT-1.01/02	N CMT-1.01/02
NUM. ENSAYE	38398/405	38406/13		
MATERIAL PARA:	S/RASANTE	S/RASANTE		
TOMADO DE	CAMELLON	MAT. TENDIDO		
KILOMETRO	0+800 CPO/DER	0+800 CPO/IZQ		
TAMAÑO MÁXIMO	1/2 "	1/2 "		3" MAX
% RETENIDO EN MALLA DE 75 MM	0	0		
% QUE PASA MALLA DE 4.75 MM	92	86		
% QUE PASA MALLA DE 0.425 MM	49	43		
% QUE PASA MALLA DE 0.075 MM	25	17		
LÍMITE LÍQUIDO %	59	56	50 MÁX.	40 MÁX.
ÍNDICE PLÁSTICO %	9	11		12 MÁX.
CONTRACCIÓN LINEAL %	4,2	5,7		
P.E.S. SUELTO KG/M3	1101	1030		
P.E.S. MÁXIMO KG/M3	1380	1415		
HUMEDAD OPTIMA %	36	33,7		
V.R.S. ESTÁNDAR SATURADO %	72	64	5 MÍN.	12 MÍN.
EXPANSIÓN %	0,55	0,46	5 MÁX.	2 MÁX.
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	MH1	MH1		
	MAT. EMPLEADO ENTRE KM. (0+600 - 1+100)(0+600 - 1+100) EST. CON CALHIDRATADA			
OBSERVACIONES:	<b>MATERIALES QUE POR SU BUEN V.R.S. Y EXPANSION PUEDE CONSIDERARSE ACAPTAABLE.</b>			

### **2.2.10 CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

Lo que se describe como pavimento esta integrado por una serie de capas que a continuación citaremos: esta integrada por una capa que se denomina sub-base, otra llamada base, así como riegos de materiales asfálticos. La función principal de esta estructura es soportar el tránsito de las cargas rodantes y transmitir las a las capas inferiores, de manera que no produzcan daños a estas.

En los trabajos de formación de estas capas al igual que en las terracerías, se debe elaborar un programa de construcción y terminación de obra. Este programa esta en función de su duración, y que considera los rendimientos y la disponibilidad de los equipos como por ejemplo, trituradores, estabilizadores, esparcidores, motoconformadoras y planta de asfalto, sin olvidar que se debe ajustar a las fechas de terminación de de las capas de terracerías. El banco seleccionado para el surtido de este material es el llamado “Santillán“ ubicado en la localidad de Tepeapulco, a 20 km de esta cabecera municipal sobre la autopista México-Tuxpan .

### **2.2.11 FORMACION DE SUB-BASE HIDRAULICA**

La sub-base es una capa del pavimento, construida con material procedente de banco. y que el procedimiento se describe como a continuación se presenta:

- 1) Trituración material de banco
- 2) Estabilizado y acarreo del material
- 3) Tendido del material (ver fotografía 4.8)
- 4) Tratamiento y compactación de la capa

La base es un material a base de roca basáltica alterada a la cual se le realiza el proceso de trituración total. Para obtener la sub-base se deben realizar los siguientes pasos:

- 1) liberación del banco, trazo topográfico, desmonte y despilme
- 2) la extracción del material se procura en fragmentos tales que la trituradora pueda digerir adecuadamente en sus cribas y tolvas.
- 3) Con respecto a la carga y descarga del material. La carga la realiza el cargador frontal a los tractocamiones, fragmentos demasiado grandes para los tractocamiones volteo son desechados, la descarga la hacen los tractocamiones a volteo en las tolvas de recepción de la trituradora.
- 4) Trituración total del material, para sub-base y base hasta un tamaño máximo de  $1\frac{1}{2}$ "(38mm). El material llega a un alimentador vibratorio y pasa por el siguiente tratamiento: Este consta de tres pasos a seguir que son tres triturados que se dividen en primario, secundario y terciario.

Los alimentadores son de construcción extra reforzada para absorber el golpeteo del material que llega a ellos. Para amortiguar el golpeteo se cuenta con una tolva grande que se encuentra en el alimentador, este es una serie de charolas o placas traslapadas parcialmente, que forman una cadena parecida a una banda transportadora. Se utiliza una unidad separadora en conjunto con el alimentador, el separador puede ser una criba o rejilla estacionaria y se acciona con el movimiento vibratorio. Su objetivo es separar una parte del material entre el alimentador y la trituradora primaria. La unidad separadora evita la entrada de material demasiado grande a la trituradora que pueda obstruirla. Una vez vibrado el material, se selecciona y criba para mandarlo según su tamaño a cualquiera de los tres tipos de trituración. En el proceso de trituración primaria

y secundaria también se criba el material, para después según su tamaño destinarlo al tratamiento posterior.

El propósito principal del cribado en el proceso de trituración es clasificar el material por su tamaño máximo, los tamaños van desde el tamaño de ajuste hasta el tamaño del polvo. Una vez triturado el material a tamaño 1 ½" (38mm), y teniendo suficiente material almacenado este procede a la siguiente etapa la cual consiste en su estabilización.

La estabilización del material tipo sub-base consiste en incorporarle agua hasta su humedad óptima y revolverlo por medios mecánicos, este procedimiento se realiza en la maquina llamada estabilizadores.

Se muestra la tabla 2.1 que describe las curvas de cribado de material pétreo, en la cual en el eje horizontal se grafica la abertura de la trituradora expresada en pulgadas y en el eje vertical se presentan los porcentajes de material que pasa por dichas aberturas y como complemento los porcentajes de material que queda retenido en la malla.

Resumiendo el procedimiento recordemos que iniciamos con la extracción del material en el banco, el cargador frontal deposita el material en la tolva del estabilizador, para incorporarle agua y mezclarlo perfectamente. El material es llevado hacia una tolva en alto por una banda transportadora, de tal modo que los camiones volteo puedan cargar de manera rápida y eficiente (ver figura 2.4), para por ultimo llevar el material hasta el lugar del tiro en el sub-tramo correspondiente de la obra en cuestión.

Para poder continuar con el paso siguiente, el tiro de material para sub-base, es necesario que la sub-rasante este terminada y recepcionada tanto por la supervisión como por los laboratorios del contratista. Antes de iniciar el tiro es necesario un riego de agua a manera de liga. Se perfila y secciona topográficamente la capa de sub-base, esto lo realiza la brigada de topografía, colocando trompos en los hombros y al centro de la capa, para definir el nivel de sub-base terminada. El material es colocado por la maquinaria tipo motoconformadora con ayuda de su cuchilla afinadora, ya que esta deja una capa uniforme con referencia de los niveles antes colocados por la brigada de topografía. El paso siguiente es el acabado y la compactación de la capa de sub-base, este procedimiento tiene la finalidad de disminuir la relación de vacíos para hacer alcanzar al material su relación de vacíos al mínimo o su peso volumétrico seco máximo, esto por medio del rodillo vibro compactador. Para después y con ayuda de la herramienta principal de la motoconformadora hacer un perfilamiento de la sección, para dejar el acabado deseado de toda la sección. Cabe resaltar el trabajo efectuado por el rodillo vibro compactador, el cual consiste someter a las partículas a un conjunto de fuerzas externas como el peso propio de la maquina, mas el incremento debido a la fuerza dinámica proporcionada por el vibrador. La intensidad de vibración depende del tipo de material. La vibración permite a las partículas (gravas y arenas), un cambio en su posición, el cual contribuye a reducir su relación de vacíos y la reducción de su fricción ínter granular.

El vibro compactador realiza su trabajo longitudinalmente por cada sub-tramo trabajado, su área de influencia esta determinado por sus dimensiones, por lo que respecta al área de influencia de cada pasada estas tuvo un traslape de al menos  $\frac{1}{4}$  del ancho y así sucesivamente hasta terminar el total del sub-tramo en cuestión. Se observo

en cada tramo tener un recorrido de 17 pasadas para alcanzar su grado de compactación óptimo. Por último se realiza una pasada de plancha con rodillo liso para alcanzar su compactación del 100% de su peso volumétrico seco máximo (psvm). Se observó que durante la ejecución de este procedimiento se perdía agua, por lo que fue necesario incorporársela.

Al terminar la compactación, los laboratorios de la constructora como de la supervisora realizaron sus muestras de la capa compacta, si en algún sub-tramo resulta inferior al especificado (100%) se recomienda hacer más pasadas del equipo en cuestión hasta obtener buenos resultados. A continuación se muestra una prueba de campo obtenido de la capa sub-base de un kilometraje en específico.

<b>MATERIAL:</b>	PARA SUB-BASE		<b>EXPEDIENTE:</b>	
<b>ENSAYE NO.</b>	40611/19	<b>MUESTRA NO.</b>	2	<b>FECHA DE RECIBO:</b> -
<b>ENVIADA POR</b>	PERSONAL DE LABORATORIO		<b>FECHA DE INFORME:</b>	-
<b>PROCEDENCIA:</b>	MUESTRA TOMADA DE CAMELLON EN KM. 0+500 (0+300-0+700) CPO/IZQUIERDO			
MATERIAL PROCEDENTE DEL BANCO SANTILLÁN CONSTRUCCION DEL BOULEVARD TULANCINGO-HUAPALCALCO KM. 0+151 - 3+863 MPIO. TULANCINGO				
<b>PESO VOL. SUELTO KG/M3</b>	1487			
<b>PESO VOL. MÁXIMO KG/M3</b>	1837			
<b>HUMEDAD OPTIMA %</b>	10,3			
<b>% QUE PASA MALLA</b>				
2"	100			
1 1/2 "	98			
1 "	95			
3/4 "	91			
3/8 "	75			
NO. 4	62			
NO. 10	44			
NO. 20	32			
NO. 40	24			
NO. 60	19			
NO. 100	15			
NO. 200	11			
<b>% DESPERDICIO EN LA MUESTRA</b>	11,5	<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>C.B.R %</b>	98,5	60 MIN.	<b>MATERIAL QUE SE CONSIDERA DE CALIDAD ACEPTABLE</b>	
<b>EQUIVALENTE DE ARENA %</b>	62,5	40 MIN.		
<b>PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8 "</b>				
<b>ABSORCIÓN %</b>	6,25			
<b>DENSIDAD</b>	2			
<b>PARTÍCULAS ALARGADAS %</b>	14			
<b>PARTÍCULAS LAJEADAS%</b>	32			
<b>DESGASTES %</b>	27	40 MAX		
<b>PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR MALLA No. 40</b>				
<b>LIMITE LIQUIDO %</b>	27	25 MAX		
<b>ÍNDICE PLÁSTICO %</b>	NP	6 MAX		
<b>CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA</b>	REOLITA			

## **2.2.12 FORMACION DE BASE HIDRAULICA**

La siguiente capa es la base hidráulica (ver fotografía 4.9), en este caso con un espesor de 20 cm, el proceso de construcción es muy parecido en algunos conceptos al descrito para la sub-base.

- 1) la trituración del material es la misma que la descrita en el proceso del la sub-base
- 2) la estabilización de la base hidráulica se realiza con una mezcla de material triturado del banco con una proporción del 80%, y material fino arenoso traído del mismo banco en proporción del 15%. El material fino de mejoramiento es acarreado para estabilizarlo junto con el triturado. El cargador frontal realiza la mezcla en el lugar, con dicha proporción, para después depositarlo a la tolva del estabilizador. Una vez en este se le incorpora el agua necesaria y se mezcla perfectamente.
- 3) El proceso de acarreo, tiro y esparcido del material de base hidráulica se realiza de igual manera al descrito para la capa sub-base.
- 4) Para los trabajos correspondientes a la alineación, nivelación, espesores, acabado y compactación, su ejecución es similar antes descrito para la sub-base, y se prosigue de la manera siguiente:

Cuando el material esta tendido en todo el ancho del cuerpo y debidamente referenciado topográficamente, la motoconformadora realiza el acamellonamiento y homogenización del material una o dos veces, para después extenderlo, perfilarlo y nivelarlo en toda su superficie. Este procedimiento se hace con la finalidad de que la capa de base quede perfectamente homogénea en su estructura y humedad optima. Por

ultimo se verifica el perfil y el seccionamiento de la capa de base por medio de las brigadas de topografía de la supervisión y la compañía constructora, y en su caso es recepcionada para el siguiente paso. A continuación se muestra una prueba de campo obtenido de la capa sub-base de un kilometraje en específico.

<b>MATERIAL:</b>	PARA BASE HIDRAULICA		<b>EXPEDIENTE:</b>	
<b>ENSAYE NO.</b>	51348/56	<b>MUESTRA NO.</b>	2	<b>FECHA DE RECIBO:</b> 12-nov-2008
<b>ENVIADA POR</b>	PERSONAL DE LABORATORIO		<b>FECHA DE INFORME:</b>	19-nov-2008
<b>PROCEDENCIA:</b>	MUESTRA TOMADA DECAMELLON EN KM 1+550 (1+400-1+700) CPO/DER.			
MATERIAL PROCEDENTE DEL BANCO SANTILLÁN CONSTRUCCION DEL BOULEVARD TULANCINGO-HUAPALCALCO KM. 0+151 – 3+863 MPIO. TULANCINGO				
<b>PESO VOL. SUELTO KG/M3</b>	1406			
<b>PESO VOL. MÁXIMO KG/M3</b>	1848			
<b>HUMEDAD OPTIMA %</b>	11			
<b>% QUE PASA MALLA</b>				
2"				
1 1/2 "	100			
1 "	92			
3/4 "	87			
3/8 "	71			
NO. 4	56			
NO. 10	41			
NO. 20	29			
NO. 40	19			
NO. 60	14			
NO. 100	10			
NO. 200	7			
<b>% DESPERDICIO EN LA MUESTRA</b>	1,9	<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>C.B.R %</b>	106,3	100 MIN.	<b>MATERIAL DE CALIDAD ACEPTABLE</b>	
<b>EQUIVALENTE DE ARENA %</b>	62,3	50 MIN.		
<b>PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8 "</b>				
<b>ABSORCIÓN %</b>	5,93			
<b>DENSIDAD</b>	2,14			
<b>PARTÍCULAS ALARGADAS %</b>	14	35 MAX		
<b>PARTÍCULAS LAJEADAS%</b>	32	35 MAX		
<b>DESGASTES %</b>	27	30 MAX		
<b>PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR MALLA No. 40</b>				
<b>LIMITE LIQUIDO %</b>	27	25 MAX		
<b>ÍNDICE PLÁSTICO %</b>	NP	6 MAX		
<b>CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA</b>	RIOLITA			

### **2.2.13 BARRIDO, RIEGOS Y CARPETA.**

Una vez terminada la base hidráulica y liberada por el laboratorio y la supervisión, se procede a realizar un barrido a la superficie con barredora mecánica provista de un rodillo circular de cerdas de acero. El barrido se realiza en todo lo ancho de las terracerías concernientes al área de desplante de la carpeta. La superficie una vez trabajada tendrá una textura porosa para poder recibir riego de impregnación. Posteriormente al barrido se coloca un riego de impregnación a base de asfalto rebajado (producto asfáltico conocido como fm-1). La finalidad de este riego se realiza con el objetivo de impermeabilizar la superficie, para no perder la humedad disponible en la capa, así como veneficiar la adherencia entre la base hidráulica y la carpeta. Este riego de impregnación según especificación se puede colocar de entre 0.5 y 2.3 l/m<sup>2</sup>, para este caso en particular se proporciono de 1 l/m<sup>2</sup> a una temperatura de 45° C. El riego se coloca en una superficie seca y con el uso de un camión petrolizadora provista con quemadores para mantener la temperatura requerida para el fm-1.(ver fotografía 4.10)

El riego se coloca inclusive en los taludes de la base con una manguera, para esto se requiere que el operador tenga la suficiente experiencia para realizar correctamente el trabajo, además de un estado general bueno del equipo a utilizar.

Antes de continuar con el tendido de la carpeta de concreto asfáltico, sobre la base impregnada se aplica un riego de liga en todo el ancho de la sección, con un producto asfáltico conocido como fr-3, según especificaciones se puede colocar de entre 0.25 a 0.75 l/m<sup>2</sup>, para este caso en particular se utilizo de 0.50 l/m<sup>2</sup>. El trabajo también se realiza con la ayuda del camión petrolizadora, de manera parecida al riego de

impregnación. Este riego se realiza con la finalidad de proporcionar una correcta adherencia entre la base hidráulica y la carpeta asfáltica.

La construcción de la carpeta de rodamiento se hace mediante el tendido y compactación de la mezcla elaborada en caliente, en la planta, y utilizando cemento asfáltico.

El material pétreo para elaborar la mezcla asfáltica pasa por el proceso de trituración total y cribado. Este proceso es igual al descrito anteriormente, lo único que varía es el tamaño máximo, que en este caso es menor. Esta planta estacionaria tiene las siguientes características:

- 1) Secador de material pétreo, se requiere que el material tenga una humedad menor al 1% para que al salir tenga una temperatura de entre 120° y 160° C
- 2) Cribas para clasificar el material cuando menos en tres tamaños
- 3) Tolvas y depósitos que permiten dosificar los materiales pétreos por peso
- 4) Equipo para calentar el cemento asfáltico
- 5) Dispositivo para dosificar el cemento asfáltico
- 6) Mezcladora que permite el control del tiempo de mezclado.

A la mezcla se le incluye el aditivo marca “adiflex” RC-35 para mezclas en caliente Al 8.15% en peso de la mezcla total, y la temperatura de la mezcla puede variar entre los 120° y 150° C. Posteriormente el concreto asfáltico es transportado en vehículos fletados, provistos de caja metálica y tapados con lona.

Para luego ser tendido con maquinaria tipo “Finisher” (ver fotografía 4.11) regulando la velocidad de manera que sea uniforme en espesor y acabado, la temperatura del

tendido será entre 100° y 110° C. El tendido se realiza con un espesor de 5.0 cm, para las juntas transversales se recortan a 45° y también se impregnan para unir perfectamente la junta de cada capa.

Inmediatamente después del tendido del material, se plancha con ayuda del rodillo tipo “tandem” (ver fotografía 4.12) uniforme y cuidadosamente, haciendo recorridos longitudinales, luego se compacta utilizando compactadores de llantas neumáticas (ver fotografía 4.13), hasta alcanzar el mínimo de 95% de su peso volumétrico seco máximo, y por último se le proporciona una plancha de rodillo liso para borrar las huellas que dejan los neumáticos del compactador, claro la brigada de laboratorio de la empresa constructora y la supervisión darán aprobación definitiva, de lo contrario se deberán acatar indicaciones correctivas hasta conformidad de las partes.

Con respecto al procedimiento constructivo concerniente para la capa de grava roja de la ciclo pista ubicada sobre el camellón central, y una vez terminados los trabajos de colado de guarniciones y banquetas, así como colocadas las instalaciones eléctricas que se ubican sepultadas, que mas adelante se describen. Los niveles de desplante para la ejecución de este trabajo corresponden a los de base hidráulica. A continuación enumeramos los pasos a seguir para la construcción de la capa de grava roja sobre la ciclo pista:

- 1) Traslado de material producto de banco por medio de camiones tipo volteo y tirado en puntos estratégicos.

- 2) Bandeado de material producto de banco por medio de ayudantes generales con pala, en este paso se afina hasta tener un nivel por debajo del de corona de la guarnición.
- 3) Se realizan pasadas con el rodillo liso D922 para cerrar poro.(rellenos)
- 4) Se tira un riego de liga para garantizar la correcta adherencia de la capa con las terracerías. Por medio de la petrolizadora con ayuda de su extensión lateral manguera, con una proporción de  $0.5 \text{ l/cm}^2$
- 5) Tendido de grava por medio de camión tipo volteo y esparcido por ayudantes generales con pala hasta tener un espesor de 2 cm compactos.
- 6) Se prosigue con el compactado de la capa por medio del rodillo liso D922, pues sus dimensiones lo permiten. (ver fotografía 4.14)

### **2.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA OBRAS DE DRENAJE**

En el caso particular para desarrollo de este trabajo, se considero el concreto y tuberías de plástico corrugado tipo ADS mexicana, de diferentes diámetros según lo marca el proyecto.

El procedimiento constructivo de las obras de drenaje, comienza considerando las terracerías desde la planeación del programa de construcción de estas, ya que de no hacerse así, las terracerías no resultarían con la continuidad deseada, a consecuencia de dejar la discontinuidad de dichas obras.

El material (muros, tubería, concreto, morteros, piedra, etc), maquinaria(retroexcavadora 235, retroexcavadora “pachara”, rodillo, bailarina, etc), y la

mano de obra, se deben requerir en forma anticipada y en relación al programa de obra de cada uno de los trabajos por ejecutar, a los concernientes departamentos para este efecto, con la finalidad de que los trabajos no se vean afectados por retrasos de tiempo, ya que los programas de pavimentación y terracerías serían perjudicados.

En el desarrollo de esta obra, se presentó la necesidad de construir dos drenes pluviales tipo paso superior vehicular, por lo que a continuación se describe el procedimiento constructivo de ambas obras, que resultan para fines prácticos de este trabajo similares con algunas características que realizaremos en cada caso y que a continuación exponemos.

### **2.3.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DREN PLUVIAL**

#### **UBICADO EN EL KM 1 + 715.59**

Esta obra de drenaje está ubicada en el km 1 + 715.59, la cual es necesaria, debido a que por este lugar tiene paso el “Dren Colomer”. Es una obra tipo losa de concreto reforzado, y que para esta estructura se utilizaron concretos de  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , acero de refuerzo  $f_y \geq 4200 \text{ kg/cm}^2$ , cimbrados, alambre No. 18, etc.

Esta obra se inició desde antes de comenzar las terracerías debido a la tipo de obra por ejecutarse, cabe señalar que esta obra no requiere de obra de desvío, pues en medio de ambos extremos se desplantaron los trabajos a ejecutarse justo sobre el nivel de despalme.

La construcción comienza con el trazo de la obra en el lugar de proyecto, a cargo de la brigada de topografía de la constructora, la cual tendrá a cargo la colocación de referencias en el inicio, la terminación, y el ancho de la obra, además colocara niveles a lo largo y ancho del eje de la obra para iniciar los trabajos.

A continuación se describe el procedimiento constructivo de la losa.

- 1) Despalme del área de trabajo por medio del tractor D8N
- 2) Mejoramiento de terreno de desplante, por medio de “pasadas” de tractor D8N, así como hincado de fragmentos de roca de T.M.A 1 ½” y material de menor tamaño para reducción de vacíos.
- 3) Colado de plantilla de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  de 5 cm de espesor para desplante, producido en obra por medio de trompo de 1 ½ saco
- 4) Armado de acero de refuerzo de  $f_y \geq 4200 \text{ kg/cm}^2$  en diferentes diámetros para desplante de zapatas y caballete, este trabajo es ejecutado por el oficial fierro consta básicamente en hacer los amarres correspondientes según proyecto con ayuda de su herramientas como amarrador y grifas. Cabe señalar que todo un cuerpo inclusive los aleros son armados en conjunto para evitar juntas frías, y se dejan las puntas respectivas para realizar traslapes de acero para colados de secciones posteriores.
- 5) Cimbrado en madera de tercera para zapatas, este trabajo es realizado por el oficial carpintero y habilitando la madera por medio de su herramienta el cerrote en sitio y uniéndolo con martillo y clavo, consta básicamente de dar forma al terminado final de las superficies de concreto sobre los armados de acero de refuerzo. Se garantizan los espesores de recubrimiento especificados en el proyecto. Una vez concluidos los trabajos se prosigue con el chequeo general, donde la supervisión y el ingeniero constructor verifican el correcto armado

tanto de cimbra como de armado de acero de refuerzo, niveles, y dimensiones generales. Para elementos zapata y alero.

- 6) Colado de concreto  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , este es producido en planta, trasladado por medio de camión olla, de  $7\text{m}^3$  de capacidad. El procedimiento de vibrado se hizo por medio de equipo vibrador a gasolina, que consta de sumergir la punta del equipo por algunos segundos y retirándolo para evitar la segregación del concreto, esto conforme se va avanzando en el colado. La profundidad de alcance esta limitado por la longitud del equipo y el espacio disponible del lugar a vibrar. Tanto la supervisora como la constructora toman muestras del concreto para ser ensayados en laboratorio.
- 7) Descimbrado de colado en zapatas, retiro de madera para reutilizarse, y aplicación de producto para curado de concreto, “curacreto” de fester.
- 8) Cimbrado en madera de tercera para cabezal, (y una vez concluidos y checados por el ingeniero constructor y la supervisión los trabajos de armado de acero refuerzo), este trabajo se realiza de manera similar al antes descrito en zapatas, pero además, se refuerza la cimbra con torzales de alambón de  $\frac{1}{4}$ . Los cuales cruzan el cuerpo del cabezal para reforzar la cimbra.
- 9) Colado de concreto  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , en este punto se procedió de manera similar al antes descrito por el punto 6, pero además se vierte pegamento “pegacreto” de fester, sobre el área de colado sobre los elementos estructurales cuerpo, zapatas y aleros. Además se dejaron las puntas para traslape de acero de refuerzo necesarios para continuar con los trabajos de losa(posteriores)
- 10) Retiro de cimbra de tercera para muros y aplicación de producto para curado “curacreto” de fester.

- 11) Cimbrado con madera de tercera para losa, este trabajo consiste en habilitar la madera con ayuda de cerrote, martillo y clavo, consiste básicamente en habilitar la superficie que sostiene y dará forma al terminado deseado del colado, el cual se apoya por medio de barrotes y polines. Estos trabajos resultan de interés especial por que los oficiales carpinteros deben entregar una cimbra bastante resistente, por que una falla o colapso resultaría en desperdicios de concretos, materiales, mano de obra, y tiempo. Por eso el ingeniero constructor resulta de vital importancia su constante supervisión.
- 12) Armado de acero de refuerzo de  $f_y \geq 4200 \text{ kg/cm}^2$ , para elemento losa, este trabajo consta básicamente de armar las parrillas quedaran forma a la sección (tanto longitudinal como transversal) deseada del elemento de interés. El oficial fierro y con las indicaciones del ingeniero constructor (que este a su vez dará conocimiento detallado de los pasos a seguir desde el habilitado, diámetros, pasos de colocación, longitudes de traslape y dimensiones generales), prosigue con el armado del acero de refuerzo a base de colocar y unir las varillas con ayuda de su herramienta llamada “amarrador” y por medio de alambre recocido No 18. En este paso es donde se procuran los espesores de recubrimiento con la ayuda de “pollos” de mortero que separan las secciones de cimbra con los armados de acero de refuerzo. Una vez concluidos los trabajos se prosigue al chequeo general, tanto la supervisora encargada como el ingeniero constructor se cercioran del correcto armado del acero, de la cimbra y niveles correspondientes.
- 13) Colado de concreto  $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$  para elemento losa, se realiza de manera similar al punto 9, consta básicamente de verter el concreto del camión “olla”, también es vibrado el concreto y muestreado por las brigadas de la supervisora y

de la constructora, un oficial albañil con ayuda de sus herramientas “llana” y “regleta” da afine a la superficie, en base a los niveles colocados para garantizar las pendientes de proyecto. Como ultimo paso se recomienda recheckar los niveles una vez hecho el colado, para evitar errores que podrían suscitarse inesperadamente y poder dar una solución mutuamente benéfica de las partes.

14) Posteriormente y verificado que los concretos tengan sus niveles correspondientes de resistencia se procede a rellenar la proximidad de la estructura con material procedente de banco (entre la estructura y las terracerías) y compactando en capas de entre 20 y 30 cm, esto se realizo hasta nivel de sub-rasante, debido a que se procura una línea de base 100% continua con ayuda de la “bailarina”. A este conjunto de pasos se le denomina “aproches”.

15) Cabe mencionar que el nivel corona de esta estructura es de sub-rasante, por lo que será revestido con material de base las capas sub-base y base hidráulica que se apegaran al procedimiento constructivo anteriormente descrito.(ver fotografía 4.15)

### **2.3.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DREN PLUVIAL**

#### **UBICADO EN EL KM 2 + 756.00**

El procedimiento constructivo de esta obra de drenaje en particular resulta de manera práctica similar a la anterior descrita, pues se diseño bajo los mismos criterios y procedimientos constructivos descritos anteriormente para la obra del km 1 + 715.59. Es una obra de importancia considerable pues desaloja las agua pluviales que se generan por las avenidas en la localidad denominada “Hupalcalco” (Casa de Madera), que se ubica al pie del cerro de los Ermitaños, para luego conducir las excedencias pluviales al

“Río Tulancingo” que se encuentra a escasos 400m del lugar. Esta obra se encuentra enajada a lo largo del cruce con el sub-tramo carretero, tema principal de esta obra. Las diferencias tangibles encontradas en el procedimiento constructivo de esta obra son, dimensiones mayores en cuanto a su eje longitudinal, pues la anterior hace el cruce de forma perpendicular al eje de trazo, además de que cuenta con una losa de desplante de concreto reforzado, pues en este lugar se detecto suelo con características diferentes a las del anterior kilometraje descrito.

#### **2.4 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA EL DREN LA MORENA**

Para la construcción de esta obra de drenaje denominada “Dren la Morena”, que desde tiempo atrás se disponía de un canal natural el cual encausaba las aguas pluviales hacia el “Dren Colomer” (antes mencionado). En un principio se proyecto el trazo longitudinal de esta obra sobre el eje de proyecto y que se desarrolla desde el km 0 + 151.39 al 1 + 715.59. Pero debido a que los espesores de relleno no cumplían con los mínimos requeridos por las normas y especificaciones que rigen este proyecto, y que por ello se había incluido un encofrado para proteger la integridad de la estructura por construir, por lo que el Ingeniero residente tomo la determinación de reubicar la obra sobre el camellòn central del sub-tramo en cuestión, que por disponer de un espesor de recubrimiento mayor, y la ausencia de cargas dinámicas de rodamiento sobre esta estructura lo hicieron una necesidad que brinda mayor seguridad estructural a esta. Para la ejecución de este trabajo y por consecuencia, no fue necesario construir alguna obra de desvió, ya que como habíamos mencionado anteriormente la reubicación de la obra y la existencia del canal de origen natural, las aguas pluviales siguieron su curso natural. La ejecución de esta obra prosiguió de la manera que a continuación describimos:

- 1) La construcción comienza con el trazo de la obra en el lugar de la reubicación del proyecto, a cargo de la brigada de topografía, la cual como ya habíamos citado anteriormente será la responsable de colocar referencias en el inicio, terminación, ancho de la obra, y niveles a lo largo y ancho del eje de la obra.
- 2) Una vez despalmado el terreno natural , se procedió a colocar una mejoramiento de terreno a base de fragmentos de roca, procedentes de banco, estos fueron hincados de entre 30 y 40 cm sobre terreno natural, así como el tendido de una segunda capa de fragmentos de roca de menor tamaño para reducir los vacíos, debido a la presencia del nivel freático existente para después proseguir a nivelar la plantilla base, del tubo de concreto armado de 1.07 m de diámetro, este trabajo consistió en hacer los cortes y terraplenados para hacer coincidir las pendientes del terreno con los del proyecto, esto en cantidades mínimas pues la pendiente natural del terreno lo permitía. Este trabajo se realizo con ayuda del retrocargador “pachara”, pues no se disponía en el lugar por razones económicas de un tractor Caterpillar modelo D4N o similar capacidad.
- 3) Una vez terminado el nivel de desplante de plantilla base, se procedió a nivelar esta para la colocación de la tubería, este trabajo se realiza con material producto de banco. La colocación y esparcimiento del material se lleva acabo con mano de obra, carretilla y pala; la compactación por medio de compactadores manuales (“bailarina”) y con el compactador de rodillo. Por ultimo la brigada de topografía verifica los niveles de desplante.
- 4) La tubería requerida por el proyecto es de concreto armado de 1.07 m de diámetro. Una vez puesta en el lugar se procede a su colocación, lo cual se realiza con la ayuda de un retrocargador “pachara”, este levanta los tramos por medio de un cable acerado o una cadena con su bote frontal y lo deposita sobre la plantilla de la

obra, para alinearlo a el eje de la obra se auxilia de los ayudantes generales. La colocación de la tubería se desarrolla en el sentido de aguas abajo hacia aguas arriba y con el macho en el sentido de aguas abajo. Las juntas se sellan con mortero cemento arena 1:2. Una precaución recomendable en el pedido de material al depto. de recursos materiales es pedir una longitud mayor a la necesaria pues la intención es que no se quede corto el tramo. (ver fotografía 4.16)

- 5) Posteriormente se procedió al armado de registros de concreto armado, los cuales se dispusieron de tal manera que fuera posible dar mantenimiento periódicamente a la tubería. Estos registros requirieron de un armado de acero de refuerzo, colado de plantilla de fondo, cimbra de tercera, un colado de concreto para sus muros, un cimbrado en madera de tercera para colado de tapa con un registro, por ultimo un colado de concreto para tapa con marco. Cabe señalar que el laboratorio de alta calidad tomo muestreo de concretos de manera aleatoria durante los diferentes colados de los registros.
- 6) El paso siguiente es la conformación de las capas de terracería descritas anteriormente.

Dentro del proceso constructivo de las obras de drenaje, se lleva un registro diario del avance de las obras, así como también de los costos que generan, tales como, mano de obra, maquinaria, materiales. Este trabajo generalmente lo hace personal calificado de oficina, para que el costo-avance sea lo más apegado a la realidad. Con el registro anterior el ingeniero constructor compara el avance y el costo por unidad real de la obra, contra avance y costo elaborado por la oficina técnica.

## 2.5 CONSTRUCCION DE BANQUETAS Y GUARNICIONES

Para la construcción de banquetas y guarniciones se procedió de la siguiente manera, cabe señalar que el concreto utilizado para la ejecución de este trabajo es de  $150 \text{ kg/cm}^2$ .

Este proyecto consta de una sección transversal de 20m de ancho total a cuatro carriles en ambos extremos se dispuso la construcción de banquetas y guarniciones de 1.50m de ancho total y al centro el respectivo camellón de 3m de ancho.

El procedimiento constructivo que se ejecuto para la realización de este trabajo es el que a continuación se describe y para ambos lados de la sección transversal en cuestión. En el lugar se disponía de dos juegos de cimbra metálica, la cual esta compuesta de dos perfiles "C" de 45m(compuesta) de longitud de tal manera que abasteciera al volumen de un camión "olla".

- 1) Trazo de alineamiento proporcionado por la brigada de topografía
- 2) Excavación de desplante sobre base compacta con profundidad de 20cm sobre esta.
- 3) Colocación de cimbra metálica, y atiesada con varillas y pedacearía de madera para garantizar la sección de  $40 \times 20 \text{ cm}$ ., así como su verticalidad.(ver fotografía 4.17)
- 4) Colado de concreto de  $100 \text{ kg/cm}^2$ , es suministrado de planta y transportado por medio de camiones "olla", es vibrado con vibrador a gasolina. Cabe resaltar que el colado de los cuerpos se organizo con las empresa concretera para surtir todo el volumen de concreto, de tal manera que las secciones resultaron monolíticas y dejando la preparación correspondiente a  $45^\circ$  en el colado del momento para proseguir con el colado posterior.
- 5) Retiro de cimbra metálica y se prosigue el avance del siguiente tramo.

- 6) Una vez colado ambos lados de guarniciones se procedió a rellenar con material producto de banco(tepetate), proveniente del banco Napateco, este material fue suministrado por medio de camión volteo, para posteriormente ser distribuido dentro de su destino con el bote frontal de la retroexcavadora “pachara”, posteriormente se le distribuyo con ayuda de un peón con pala y posterior al tendido se le dio una compactada con piso de mano, hasta dejar una superficie constante y firme de 10 cm sobre corona de guarnición (ver fotografía 4.18). Los colados se realizaron con concreto de planta, se colaron tramos suficientes para vaciar un camión “olla”.
- 7) En lo que respecta a los rellenos del camellòn central y debido a que este seria provisto de alumbrado publico, se procedió de la siguiente manera: Una vez coladas las guarniciones del camellòn se procedió al colado de los dados de empotres de las lámparas que estarán soportadas por postes metálicos tipo. El tendido de las tuberías de poliducto que alojan en su interior el cableado eléctrico,(ver fotografía 4.19) son empotrados en la cimbra correspondiente de cada dado, para posteriormente ser colados cada uno. Cabe señalar que cada dado, cuenta previamente con la colocación de los espárragos para sujetar de las bases de cada poste.
- 8) Por ultimo se continúa con la erección de los postes con la ayuda de un camión “head” el cual es un camión plataforma provisto con un brazo hidráulico muy versátil, para después proseguir con la instalación eléctrica de cada poste y hacer pruebas de su correcta operación.

Cabe señalar que durante los trabajos de colado las brigadas del laboratorio y supervisión tomaron muestras de concreto para su ensaye correspondiente.

## **2.6 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA ALCANTARILLAS PLUVIALES.**

Para la construcción de las alcantarillas pluviales es necesario tener terminada la base hidráulica, pues recordemos que debemos procurar en todo momento la continuidad de las terracerías. Para el desarrollo de este inciso enumeramos los pasos a seguir para la correcta construcción de las alcantarillas:

- 1) Para iniciar con los trabajos la brigada de topografía debe proporcionar y colocar los datos necesarios, como: eje del trazo, niveles, anchos y pendientes necesarios para el correcto funcionamiento de esta.
- 2) Se prosigue con la excavación, esta se realiza con ayuda de la retroexcavadora “pachara”, consiste en retirar el material de las capas sub-base y base hidráulica, (ya compactas), de tal manera que el nivel de desplante para estas alcantarillas es sobre el nivel de desplante de sub-rasante. En este paso, es donde se proporciona la pendiente de la obra, pues en el desarrollo de la plantilla es donde se afina a detalle.
- 3) Como siguiente paso se prosigue con el afine de la cama para el correcto acomodo de la tubería a instalar. Se dispone la colocación de los niveles necesarios para garantizar el correcto funcionamiento hidráulico de la línea, en este caso se utilizo un nivel de agua. Para esto se utilizo material propio de la excavación, y apisonado con “pisòn” de mano, hasta tener una superficie uniforme y continua de tal manera que la línea a colocar no presente deformaciones o desvíos puntuales de la línea de referencia (reventón).

- 4) El siguiente paso es la colocación de la tubería. Esta es de tipo “ADS mexicana” de 25 cm de diámetro (plástica). Estas tuberías descargan hacia el colector pluvial dispuesto sobre el camellón central y comunicados en cada pozo de visita, en las caras laterales de cada pozo de visita se ranuro aprox. 30 cm de diámetro, para colocar correctamente la salida de línea, y junteado con mortero cemento-arena 1:3 para dar terminado aparente al muro ranurado de cada pozo de visita.
- 5) Como siguiente paso la construcción de los registros pluviales a base de tabique rojo recocido y junteado con mortero cemento arena 1:3, en sus muros interiores y fondo se aplanan con morteros, así como la formación de charolas en el fondo de estas para encause de excedencias pluviales. Posteriormente se dispone de la colocación de rejillas a base de ángulo soldado para retención de sólidos. El nivel de corona de estos registros es el mismo que dispone la carpeta de asfalto hidráulico, de tal manera que el terminado de estos tendrá 5.0 cm por encima del nivel de la base hidráulica.
- 6) Para culminar se rellenan las excavaciones (sub-base y base). Primero la capa de sub-base es vuelta a colocar con el mismo material excavado y compactado con ayuda de la “bailarina”. La capa de base hidráulica tiene el mismo procedimiento pero es compactado por ayuda de un rodillo “D922” o similar pues los niveles ya obtenidos permiten el tránsito de la maquinaria, cabe resaltar que estos trabajos son verificados tanto por los laboratorios de la empresa constructora, así como por la supervisión.

## **2.7 SEÑALAMIENTOS**

### **2.7.1 ANTECEDENTES**

Durante los últimos 30 años, el acelerado desarrollo del sistema vial de nuestro país y el uso creciente del auto transporte se han traducido en un constante incremento de los viajes por carretera, al grado de que los usuarios de las carreteras han venido a depender cada día mas de la existencia de dispositivos de control de transito para su protección e información. Tan grande es esta dependencia, que es ya indispensable el uso de dispositivos uniformes para obtener el máximo rendimiento de cualquier camino o carretera, ya sea de altas especificaciones como las modernas autopistas, o de especificaciones modestas, como los caminos vecinales. Esta necesidad de dispositivos uniformes es sensible tanto en esfera nacional como internacional, sobre todo entre los países de nuestro continente.

En América, casi desde que se inicio la construcción de caminos, las señales de transito han seguido las normas usadas en los Estados Unidos, de acuerdo con recomendaciones del Comité Nacional de Leyes y Reglamentos Uniformes de Transito, encabezados por la Oficina de Caminos Públicos de los Estados Unidos. Desde 1954, algunos países de América Latina han adoptado la proposición de 1952 de la ONU.

En México, varias Entidades Federativas iniciaron el uso del mismo sistema, con ligeras modificaciones, desde 1957. Esta innovación, aunada a la falta de un acuerdo de tipo nacional, origino el uso de una extensa variedad de señales, entre las que prevalecían las del sistema de los Estados Unidos y las de la proposición de la ONU.

Cabe hacer notar que todas las señales o símbolos propuestos por la ONU no fueron adoptados, sino que únicamente se aprovecharon aquellos que se consideraron operantes. Por otro lado, se introdujeron otros símbolos, no considerados por la ONU, que respondían a necesidades previstas en nuestro sistema vial.

### **2.7.2 CONTENIDO**

La presente obra incluye la descripción de los aditamentos visuales provistos para la correcta señalización del sub-tramo carretero en cuestión, tales como:

- 1) Señales. Trata sobre los dispositivos utilizados comúnmente para regular y dirigir el tránsito del sub-tramo en cuestión, así como la descripción del procedimiento constructivo para su correcta colocación.
- 2) Marcas, isletas, y obras diversas. Se hace la correspondiente descripción del procedimiento constructivo para el correcto trazo de las diferentes pinturas horizontales, sobre pavimentos.
- 3) En lo que respecta a la colocación de señales tipo semáforos, esto no fueron contemplados según proyecto, por lo que no hacemos hincapié en ellos para este trabajo en particular.

### **2.7.3 GENERALIDADES**

Es conveniente antes de proseguir con la descripción del procedimiento constructivo respectivo de los diferentes conceptos a tratar en este capítulo (tema central de este trabajo). Es de vital importancia recordar cinco aspectos fundamentales para la correcta

elección de los diferentes dispositivos para el control de tránsito a instalarse en el sub-tramo de interés, y que son como a continuación se citan:

- 1) Satisfacer una necesidad importante
- 2) Llamar la atención
- 3) Transmitir un mensaje claro
- 4) Imponer respeto a los usuarios del sub-tramo
- 5) Estar en el lugar apropiado a fin de dar tiempo para reaccionar.

Existen cuatro consideraciones básicas para asegurar que tales requisitos se han cumplido. Estas son Proyecto, Ubicación, Uniformidad y Conservación.

El proyecto de los dispositivos para el control de tránsito debe asegurar que características tales como tamaño, contraste, colores, forma, composición, iluminación, o reflejo, deben con juntarse de tal manera que al conductor en cuestión le resulte llamativo. Que la forma tamaño, colores, simplicidad del mensaje se combinen para proporcionar un significado comprensible. Que la legibilidad y el tamaño se combinen con la ubicación a fin de dar tiempo suficiente para reaccionar. Y que la uniformidad, racionalidad, tamaño y legibilidad impongan respeto.

La ubicación de la señal deberá estar dentro del cono visual del conductor del vehículo, para provocar su atención y facilitar su lectura e interpretación de acuerdo con la velocidad a la que vaya el vehículo. Se hace hincapié en que las señales especialmente las de vías rápidas, no únicamente se colocaran donde parezca que son necesarias después de que se construyó el sub-tramo carretero, sino que, desde un

principio, es preciso coordinar el señalamiento de acuerdo con el proyecto geométrico del camino.

La uniformidad en el señalamiento de las carreteras o caminos, ayuda en las reacciones de los usuarios al encontrar igual interpretación de los problemas del tránsito a lo largo de la ruta. Esto facilita la resolución de los problemas de señalamiento y economiza en la construcción y colocación de señales. Debe recordarse que el tránsito se genera fundamentalmente en las ciudades que los caminos en zona rural no son más que una prolongación de las calles y que el conductor es el mismo en uno y otro caso.

En términos generales, pero especialmente tratándose de intersecciones complicadas y soluciones particulares, los problemas de señalamiento deben estar a cargo de los ingenieros proyectistas de caminos o de especialistas en la materia.

En todo caso, se recomienda que la decisión final sobre un proyecto de señalamiento tome en cuenta un estudio de ingeniería de tránsito y la necesidad de que la solución a determinado planteamiento, sea semejante en cualquier lugar del país. Además, debe tenerse cuidado de no usar un número excesivo de señales, sobre todo preventivas restrictivas, limitándose siempre a las estrictamente necesarias.

Por lo que respecta a la conservación, esta deberá ser física y funcional, esto es, que no solo se deberá procurar la limpieza y legibilidad de las señales, sino que estas deberán colocarse o quitarse tan pronto como se vea la necesidad de esto.

## **2.8 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA SEÑALAMIENTOS**

A continuación desarrollaremos los procedimientos constructivos concernientes en particular para cada concepto de interés, tales como, señalamientos tanto horizontales como verticales.

### **2.8.1 SEÑALAMIENTOS HORIZONTALES**

Por definición las marcas son las rayas, los símbolos y las letras que se pintan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro de adyacentes a las vías de circulación, así como los objetos que se colocaran sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular o canalizar el tránsito e indicar la presencia de obstáculos. Como primer punto trataremos el procedimiento constructivo de las marcas.

#### **2.8.1.1 RAYA SEPARADORA DE CARRILES**

Se usaran para delimitar los carriles en el sub-tramo carretero por sentido de circulación: pueden ser discontinuas o continuas según se permita cruzarlas o no (ver fotografía 4.20). Las rayas separadoras de carriles serán continuas en la aproximación de las intersecciones que tengan rayas de parada. La longitud en metros de las rayas separadoras de carriles continuas será de 0.5 de la velocidad de proyecto expresada en km/h del proyecto.

La raya discontinua en este sub-tramo carretero se colocara en segmentos de 5.00 m separados entre si 10.00 m. Esta raya deberá ser de color blanco reflejante de 10 cm de

ancho. En los casos que se considere conveniente, las rayas separadoras de carriles podrán complementarse con dispositivos tales como tachuelas o botones de superficie lisa con la estructura de color blanco y reflejante en el sentido del tránsito (ver fotografía 4.20), los que no deberán sobresalir más de 2.00 cm con respecto al nivel del pavimento, fijándose en su lugar por medio de anclas o adhesivos de la siguiente manera y según sea el caso:

En la raya continua, se colocará a cada 10.00 m desde el inicio de la raya y el reflejante será de color rojo.

En la raya discontinua, se fijará al centro de cada segmento sin marcar y el reflejante será de color blanco.

### **2.8.1.2 RAYAS EN LAS ORILLAS DE LA CARRETERA**

Se utilizará en carreteras para indicar las orillas exteriores de la calzada y al mismo tiempo los acotamientos (ver fotografía 4.20). Deberán ser rayas continuas de color blanco reflejante, con ancho de 10.00 cm, marcadas exactamente en la orilla del carril y a todo lo largo del sub-tramo.

En los casos que se considere conveniente, las rayas en las orillas del sub-tramo, pueden complementarse con dispositivos tales como tachuelas o botones de superficie lisa y estructura en color blanco y con reflejante de color amarillo (ver fotografía 4.21) en el sentido del tránsito, los que no deberán sobresalir más de 2.00 cm sobre el nivel

del pavimento, fijándose por medio de anclas o adhesivos y colocándose a cada 15.00 m sobre la raya.

### **2.8.1.3 RAYAS DE PARADA**

Se emplearan donde sea importante indicar el lugar en que se requiere se detengan los vehículos de acuerdo con una señal de ALTO, semáforos o algún reglamento. Las rayas de parada se trazaran por lo general paralelamente a las del cruce de peatones más próximas y a una distancia de 1.20 m antes de las mismas. En caso de no existir rayas para cruce de peatones, las de parada se ubicaran en el lugar preciso en el que deban detenerse los vehículos, el cual no quedara en ningún caso a mas de 9.00 m ni a menos de 1.20 m de la orilla mas próxima de la vía de circulación que cruzan.

Deberán ser continuas, de color blanco reflejante y su ancho será de 60.00 cm. Se trazan cruzando todos los carriles que tengan transito en el mismo sentido.

### **2.8.1.4 RAYA PARA CRUCE DE PEATONES**

Se utiliza en las intersecciones donde puede presentarse confusión entre el movimiento de los vehículos y de los peatones, así como en algunos otros lugares en donde el movimiento de estos últimos sea considerable. Se presenta el caso en la intersección para acceso de la colonia los Sabinos.

Serán rayas continuas de color amarillo reflejante. Consiste en una sucesión de rayas paralelas de 40 cm de ancho, colocadas perpendicularmente a la trayectoria de los

peatones y separadas 40 cm entre si; Tendrán una longitud que en general deberán ser igual al de la banqueta entre las que se encuentren situadas pero en ningún caso podrán ser mayores de 4.50 m ni menores de 1.80 m.

#### **2.8.1.5 RAYAS CANALIZADORAS**

Se emplearan como guía para encauzar la circulación en ciertas direcciones sin provocar interferencia a la corriente del transito. Podrán usarse para formar isletas en grandes áreas pavimentadas y para canalizar el transito en las entradas y salidas de carreteras rurales o vías rápidas urbanas, así como separar apropiadamente los sentidos de circulación en los extremos de fajas separadoras o isletas.

Las rayas que delimitan las trayectorias de los vehículos serán sencillas continuas, de color blanco reflejante de 10 cm de ancho, en todos los casos, formaran ya sea una isleta o una zona neutral de aproximación a la isleta o faja separadora. Esta zona neutral deberá marcarse con rayas diagonales con una inclinación de 45° de manera que el conductor al pretender invadir esta área, encuentre la raya perpendicular a su movimiento, de esta forma cuando la zona neutral se ubique entre los dos sentidos del transito, las diagonales tendrán una sola inclinación y cuando se localice entre trayectorias de un solo sentido tendrán dos inclinaciones.

Las rayas inclinadas colocadas en la zona neutral serán continuas, de color blanco reflejante, con un ancho de 20 cm separadas entre si 2.00 m. La longitud de la zona neutral en la aproximación a los extremos de fajas separadoras o isletas centrales será de 50.00 m como mínimo. En las isletas canalizadoras, esta longitud quedara definida por las trayectorias de los movimientos que divergen o convergen.

En todas estas zonas neutrales, las marcas se complementaran con dispositivos tales como tachuelas o botones de superficie lisa y estructuras de color blanco y con reflejante color amarillo, fijándose por medio de anclas o adhesivos, espaciados a cada 2.00 m sobre las rayas que delimitan esta zona.

#### **2.8.1.6 MARCAS EN OBSTACULOS ADYACENTES A LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO.**

Se utilizaran para indicar a los conductores la presencia de obstáculos adyacentes, cuando estos se ubiquen a una distancia menor de 1.80 m respecto a la orilla del carril y constituyan un serio peligro para el transito.

Los obstáculos que deberán pintarse podrán ser guarniciones, parapetos, aleros, pilas y estribos, postes, cabezales, defensas, muros de contención o árboles, así como las estructuras con altura libre menor de 4.20 m.

Los obstáculos se deberán pintar en su cara normal al sentido del transito con franjas en negro y blanco reflejante, alternadas y una inclinación de 45°, el ancho de las fajas sera como se indica a continuación.

<b>OBSTACULOS</b>	<b>ANCHURA DE LAS FRANJAS</b>
Guarniciones	200.00 (cm)
Parapetos	100.00
Aleros	30.00

Pilas y estribos	60.00
Postes	30.00
Cabezales	30.00
Defensas laterales	100.00
Muros de contención	60.00
Estructuras (Altura libre menor de 4.20 m)	60.00

Los árboles se pintaran de blanco hasta una altura de 1.20 m

Cuando se encuentren obstáculos en ambos lados del camino, las franjas ubicadas a la derecha bajaran de izquierda a derecha y las ubicadas a la izquierda bajaran en viceversa.

## **2.8.2 SEÑALAMIENTOS VERTICALES**

### **2.8.2.1 SEÑALES PREVENTIVAS**

Por definición las señales preventivas son tableros fijados en postes, con símbolos que tienen por objeto prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de algún peligro en el camino y su naturaleza.

Para la correcta señalización del sub-tramo tema de este trabajo, tenemos que existen 12 señales de tipo lateral, que se fijan en un poste colocadas a un lado de la carretera o sobre la banqueta. Tenemos a continuación la descripción de los diferentes tipos de señales colocados a lo largo del sub-tramo carretero:

- 1) Señal SP-6 CURVA: se utiliza para indicar curvas a la derecha o la izquierda. El símbolo siempre será congruente con la dinámica de la curva anticipada.(ver fotografía 4.22)
- 2) Señal SP-11 ENTRONQUE EN CRUZ: Se utiliza para indicar la intersección a nivel de dos caminos. El camino principal se indicara con línea ancha y el secundario en el que se tenga que se tenga que hacer ALTO O CEDER EL PASO, con una línea 50% mas angosta. En el caso que ambos caminos sean de la misma importancia, las línea serán del mismo ancho.(ver fotografía 4.23)
- 3) Señal SP-12 ENTRONQUE EN T: se utilizara para indicar una intersección de tres ramas, cuando el ramal que entronca sea normal o tenga un ángulo de esviaje de hasta 30°. El camino principal se indicara con línea ancha y el secundario en el que se tenga que hacer ALTO o CEDER EL PASO, con una línea 50% mas angosta. El símbolo deberá indicar si el ramal entronca por el lado derecho, izquierdo o de frente.(ver fotografía 4.24)
- 4) Señal SP-32 PEATONES: se utiliza para indicar la proximidad de lugares frecuentados por peatones, o bien de un cruce especialmente destinado a ellos.(ver fotografía 4.25)
- 5) Señal SP-33 ESCOLARES: se utiliza para indicar la proximidad de una zona frecuentada por escolares, o bien de un cruce especialmente destinado a ellos.(ver fotografía 4.26)

En carreteras, la señal se colocara en todos los casos, de modo que su orilla interior quede a una distancia no menor de 50 cm de la proyección vertical del hombro del camino. En zonas urbanas, la distancia entre la orilla del tablero y la orilla de la banquetta deberá ser de 30 cm.

La altura de la señal, en todos los casos la parte inferior quedara a 2.00 m sobre el nivel de la banqueta.

El ángulo del tablero de la señal quedara siempre en posición vertical, a 90° con respecto al eje del camino.

El color del fondo de la señal, será amarillo transito, según el patrón aprobado vigente, en acabado reflejante. El color para los símbolos, caracteres y filete será negro.

En lo que respecta a los postes y reversos de los tableros, independientemente de los colores característicos de cada señal, todos llevaran el poste y el reverso de color gris mate.

### **2.8.2.2 SEÑALES RESTRICATIVAS**

Por definición estas son tableros fijados en postes, con símbolos y/o leyendas que tienen por objeto indicar al usuario, tanto en zona rural como en zona urbana, la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan al transito.

El tablero de las señales restrictivas será de forma circular, excepto las de “ALTO” y “CEDA EL PASO”. Para este caso en particular se colocaron dos señales en el sub-tramo en cuestión, y a continuación describimos el tipo de señal utilizado para regular el transito local.

- 1) Señal SR-9 VELOCIDAD: se utilizara para indicar el límite máximo de la velocidad que se fije en el tramo de la carretera, el cual será expresado en múltiplos de 10 con la abreviatura de km/h. La velocidad máxima en cada tramo carretero será la de proyecto correspondiente.(ver fotografía 4.27)

Para definir la ubicación de este tipo de señales a lo largo del desarrollo del sub-tramo correspondiente a este trabajo es necesario citar características que lo regulan actualmente, en lo que respecta a su posición relativa al eje del tramo en cuestión por ejemplo, tales como: longitudinal, transversal, altura, ángulo de colocación.

- 1) En lo que respecta a la posición longitudinal, las señales restrictivas se colocaran en el punto mismo donde existe la restricción o prohibición.
- 2) En posición lateral, las señales se fijaran en uno o dos postes colocados a un lado de la carretera o sobre la banqueta. En carreteras, la señal se colocara en todos los casos, de modo que su orilla interior quede a una distancia no menor de 50 cm de la proyección vertical del hombro del camino. En zonas urbanas, la distancia entre la orilla del tablero y la orilla de la banqueta, deberá ser de 30 cm.
- 3) La altura en todos los casos de tipo carretero, la parte inferior del tablero de la señal quedara a 1.50 m sobre el hombro del camino y en las zonas urbanas a 2.00 m sobre el nivel de la banqueta.
- 4) Para el ángulo de colocación, el tablero de las señales deberá quedar siempre en posición vertical a 90° con respecto al eje del camino.

En lo que respecta al color de la señal, el fondo de esta será en color blanco con acabado reflejante, excepto en los correspondientes a los caminos con corona menor de

6.00m que será en acabado mate. El anillo y la franja diametral será en rojo según el patrón vigente, y el símbolo, letras y filete serán en negro, excepto las señales “ALTO” y “CEDA EL PASO”. La señal “ALTO” llevara fondo rojo con letras y filete en blanco. Preferentemente será en acabado reflejante. La señal “CEDA EL PASO” llevara fondo blanco preferentemente en acabado reflejante, franja perimetralmente roja y leyenda en negro.

### **2.8.2.3 SEÑALES INFORMATIVAS DE DESTINO**

Se usaran para informar a los usuarios sobre el nombre y la ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo de su recorrido; podrán ser señales bajas, diagramáticas y elevadas (ver fotografía 4.28). Para el desarrollo de este trabajo se dispuso la colocación de siete señales de este tipo, de las cuales tres son dobles y las restantes sencillas, por lo que a continuación describimos las correspondientes características de este tipo de señal:

- 1) Señal SID-8 ACCESO A POBLADO: se utilizara para indicar a los usuarios la presencia de poblados cercanos a la carretera conectados con esta mediante un acceso simple y su ramal correspondiente. Esta señal será baja, se ubicara en el lugar del acceso y llevara el nombre del poblado, su distancia en kilómetros y una flecha que indique la dirección del lugar. Para los accesos en zona urbana se utilizara un soporte especial de un solo apoyo en la banquetta.

Su aplicación es primordial en las intersecciones en donde el usuario debe elegir la ruta a seguir según el destino seleccionado.

Se emplearan en forma secundaria de manera que permitan a los conductores preparar con la debida anticipación su maniobra en la intersección, ejecutarla en el lugar debido y confirmar la correcta selección del destino.

La forma de las señales informativas de destino serán tableros rectangulares con las esquinas redondeadas, colocadas con su mayor dimensión horizontal, sobre apoyos adecuados. Los tableros como los soportes deberán tener resistencia, durabilidad y presentación.

De acuerdo a su ubicación longitudinal, las señales informativas de destino se clasifican en previas, decisivas y confirmativas:

- 1) las previas deberán colocarse anticipadas a la intersección, a una distancia tal que permita a los conductores conocer los destinos y preparar las maniobras necesarias para tomar el elegido. La distancia a la que deberán colocarse las señales previas, dependerá de las condiciones geométricas y topográficas de las carreteras que se intersectan, así como de las velocidades de operación y de la presencia de otras señales con las que no deberán interferir; sin embargo, en ningún caso se colocaran a una distancia menor de 125 m de la intersección.
- 2) Las señales decisivas. Se colocaran en el lugar donde el usuario pueda optar por la ruta que le convenga.
- 3) Las confirmativas, se colocaran después de una intersección o a la salida de una población, a una distancia en donde no exista el efecto de los movimientos direccionales ni la influencia del transito urbano, pero en ningún caso a una distancia menor de 100 m.

En lo que respecta a la ubicación lateral en carreteras, las señales se colocaran de tal manera que la orilla interna del tablero de las señales bajas o el poste de las señales elevadas queden a una distancia no menor de 50 cm de la proyección vertical del hombro del camino. En zonas urbanas, las señales se colocaran de tal manera que la orilla interna de los tableros de las señales bajas y los postes de las señales elevadas, queden a una distancia no menor de 30 cm de la proyección vertical de la orilla de la banquetta.

#### **2.8.2.4 SEÑALES INFORMATIVAS DE SERVICIOS Y TURISTICAS**

Se utilizan para informar a los usuarios la existencia de un servicio o de un lugar de interés. En algunos casos estas señales podrán usarse combinadas con una informativa de destino en un mismo tablero. Para este caso en particular se dispuso la colocación de cuatro señales (ver fotografía 4.29) de este tipo que únicamente indican la presencia de paraderos de servicio de transporte local, y que a continuación se describe:

- 1) Señal SIS-19 PARADA DE AUTOBUS: llevara una placa adicional en la que se indique el número de la ruta y las principales paradas del itinerario.

El tablero de las señales para su correcta instalación, antes de su colocación debe contar con características tales como forma, tamaño, ubicación, altura, ángulo de colocación y color que a continuación describimos:

- 1) Forma: el tablero de las señales informativas de servicios será cuadrado con las esquinas redondeadas. Tanto el tablero como los soportes deberán llenar condiciones de resistencia, durabilidad y presentación
- 2) Tamaño: el tablero de las señales informativas de servicios ya sea que lleve ceja perimetral doblada o sea placa plana sin ceja tendrá la dimensiones de 86 x 86 cm.
- 3) Ubicación: la señal se fijara en uno o dos postes colocados a un lado de la carretera o sobre la banqueta. En zonas urbanas, la distancia entre la orilla del tablero y la orilla de la banqueta deberá ser de 30 cm.
- 4) Altura: en todos los casos, la parte inferior del tablero de la señal quedara a 1.50 m sobre el hombro del camino y en zonas urbanas a 2.00 m sobre el nivel de la banqueta.
- 5) Angulo de colocación: el tablero de las señales quedara siempre en posición vertical a 90° con respecto al eje de la carretera.
- 6) Color: el color del fondo del tablero de las señales será azul mate y los símbolos, letras, flechas y filete en blanco reflejante. En todos los casos independientemente de los colores característicos de las señales, los reversos y postes deberán ir pintados en color gris mates.

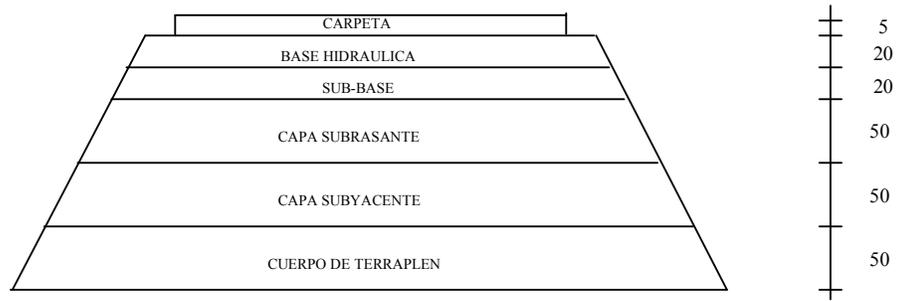
## **2.9 RETORNOS**

El criterio para determinar el número de estos, se baso en las diferentes causas que a continuación exponemos:

- 1) Numero de lotes existentes de tipo habitacional, comercial e industrial en la zona
- 2) Intersecciones con caminos y calles existentes a lo largo del tramo

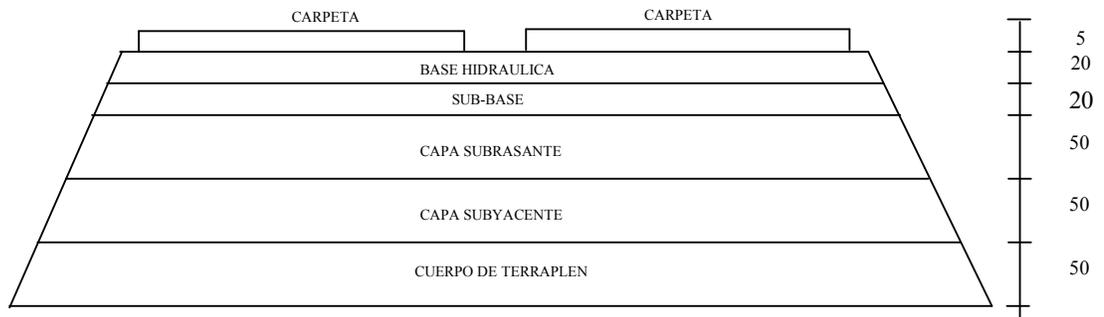
3) Por indicaciones directas de Ingeniero Residente de obra.

La finalidad principal de un retorno es priorizar la disponibilidad de reincorporación del tránsito en el sentido del destino deseado, aunque se pueden considerar otras situaciones que pudieran afectar el número de estos, situación que no concierne al tema central de este trabajo por lo que no hondaremos en ello.



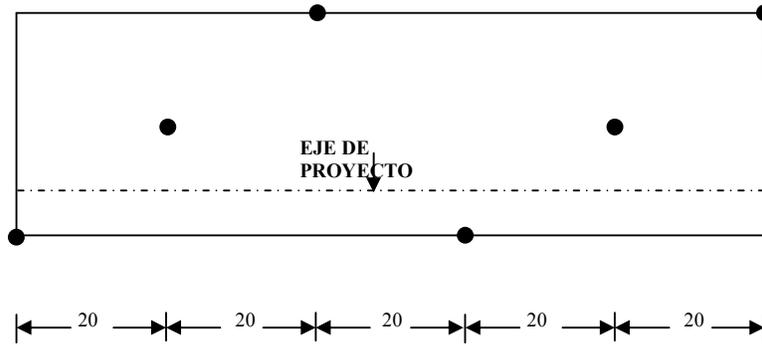
Acotaciones en cm

**FIGURA 2.1"SECCION TRANSVERSAL DE UN SOLO CUERPO"**



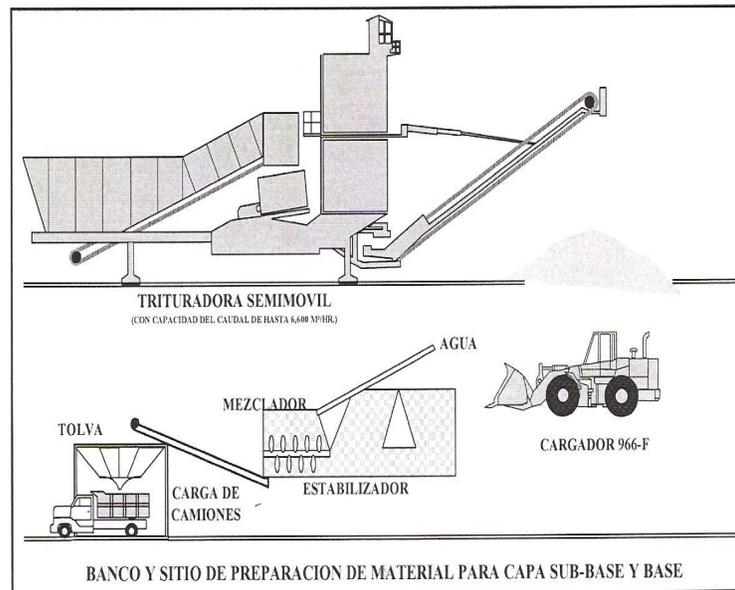
Acotaciones en cm

**FIGURA 2.2"SECCION TRANSVERSAL DE DOS CUERPO"**



Acotaciones en m

**FIGURA 2.3 "DISTRIBUCION DE PRUEBAS DE COMPACTACION"**



**FIGURA 2.4 "DESCRIPCION PARA OBTENER MATERIAL SUB-BASE Y BASE"**

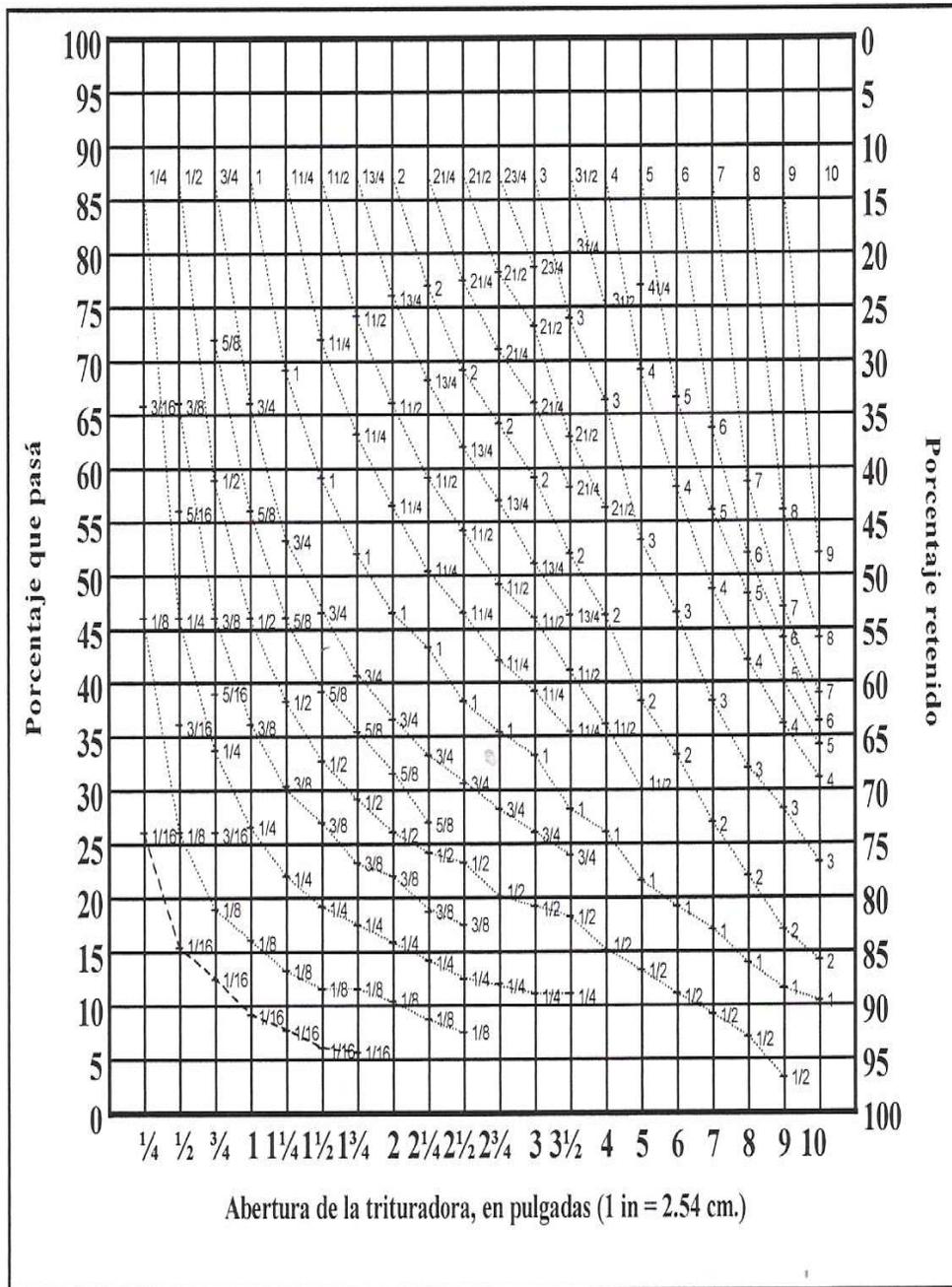


TABLA 2.1 "CURVAS DE CRIBADO PARA MATERIAL PETREO"

## **CAPITULO 3 PRESUPUESTO, PROGRAMA Y RESUMEN DE OBRA**

El presente presupuesto, programa y resumen de obra, son proporcionados por la residencia general, cuya finalidad es (meramente informativo) mostrar el monto total, así como la descripción de los conceptos necesarios para la ejecución financiera de la obra en cuestión. Los precios unitarios utilizados corresponden a los vigentes emitidos por la secretaria de obras publicas del Estado de Hidalgo correspondientes al ejercicio del año 2008.

### **3.1 PRESUPUESTO DE OBRA**

A continuación exponemos el presupuesto de obra emitido por la residencia general, el cual se desarrollo en forma de partidas, donde se describen conceptos tales como:

- A) Terracerías
- B) Drenajes
- C) Pavimentos
- D) Guarniciones y banquetas
- E) Construcción de ciclo pista
- F) Obra complementaria
- G) Alumbrado publico
- H) Señalamiento

Cada uno de los concentrados anteriores alberga intrínsecamente cada uno de los conceptos que forman las partidas, de tal manera que podemos observar con detalle el precio unitario, el volumen de material, y el precio total por concepto, así como el monto total por concepto, por partida total.

OBRA:	<b>2DA. ETAPA DE LA MODERNIZACIÓN DEL BOULEVARD DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA DE TULANCINGO</b>				P.U. 2008
MUNICIPIO:	<b>TULANCINGO</b>				
FECHA:	<b>ENERO DEL 2009</b>				
<b>CLAVE</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P.U.</b>	<b>IMPORTE</b>
<b>A</b>	<b>TERRACERIAS</b>				
	<b>PRELIMINARES</b>				
L006	TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO PARA DESPLANTE DE ESTRUCTURA, MAYORES DE 1200 M2, ESTABLECIENDOREFERENCIAS Y BANCOS DE NIVEL, CON EQUIPO TOPOGRAFICO. INCLUYE M.O., EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M <sup>2</sup>	29.962,734	2,18	<b>65.318,76</b>
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>65.318,76</b>
	<b>DESPALME, EXCAVACIONES (CORTES) &amp; ACARREO DE CORTE</b>				
I0005	DESPALME EN MATERIAL A, DESPERDICIANDO EL MATERIAL: A) DE CORTES DEPOSITANDO EL PRODUCTO DE EN LA ORILLA DEL LADO AGUAS DEBAJO DE LA EXCAVACION.	M <sup>3</sup>	21.678,00	4,35	<b>94.299,30</b>
I0008	009-D.03 EXCAVACIONES: A) EN CORTE Y ADICIONALES ABAJO DE LA SUB'RASANTE. 2) EN MATERIAL B	M <sup>3</sup>	100.306,62	12,67	<b>1.270.884,88</b>
I0119	SOBREACARREO PARA LOS MATERIALES SOBRANTES PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES DE LOS CORTES ADICIONALES DEBAJO DE LA SUBRASANTE, AMPLIACION Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJE EN LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES... MEDIDO COMPACTO: 1) PARA EL PRIMER KILOMETRO.	M <sup>3</sup>	100.306,62	9,23	<b>925.830,10</b>
I0120	2) PARA LOS KILOMETROS SUBSECUENTES.	M <sup>3</sup> - KM	802.452,96	6,15	<b>4.935.085,70</b>

I0437	086-E.03 LA OPERACION DE ESCARIFICACIÓN, DISGREGADO EN SUCASO, MEZCLADO, ACAMELLONAMIENTO, TENDIDO Y COMPACTACIÓN EN LA RECONSTRUCCIÓN DE T.N DE SUB-BASES Y BASE : A) DE SUB-BASES, CUANDO EL MATERIAL DE LA CARPETA EXISTENTE SE APROVECHA: 1) AÑADIENDO UN MATERIAL PETREO NUEVO COMPACTADO AL: b) 100%	M <sup>3</sup>	13.120,20	38,29	<b>502.372,46</b>
I0088	AGUA EMPLEADA PARA COMPACTACION (DE TERRENO NATURAL ESTABILIZADO CON CAL HIDRATADA)	M <sup>3</sup>	3.936,06	13,87	<b>54.593,15</b>
I0121	E) PARA CUALQUIER DISTANCIA, DEL AGUA UTILIZADA EN LA COMPACTACIÓN DE LAS TERRACERÍAS	M <sup>3</sup> KM	7.872,12	5,64	<b>44.398,76</b>
	<b>TOTAL ESTABILIZACION (EN TERRENO NATURAL)</b>				<b>601.364,37</b>
	<b>ESTABILIZACION (RELLENO DE CANAL/TERRAPLENES)</b>				
I0437	086-E.03 LA OPERACION DE ESCARIFICACIÓN, DISGREGADO EN SU CASO, MEZCLADO, ACAMELLONAMIENTO, TENDIDO Y COMPACTACIÓN EN LA RECONSTRUCCIÓN DE T.N DE SUB-BASES Y BASE : A) DE SUB-BASES, CUANDO EL MATERIAL DE LA CARPETA EXISTENTE SE APROVECHA: 1) AÑADIENDO UN MATERIAL PETREO NUEVO COMPACTADO AL: b) 100%	M <sup>3</sup>	6.531,30	38,26	<b>249.887,54</b>
I0088	AGUA EMPLEADA PARA COMPACTACION (DE TERRENO NATURAL ESTABILIZADO CON CAL HIDRATADA)	M <sup>3</sup>	1.959,39	13,87	<b>27.176,74</b>
I0121	E) PARA CUALQUIER DISTANCIA, DEL AGUA UTILIZADA EN LA COMPACTACIÓN DE LAS TERRACERÍAS	M <sup>3</sup> KM	5.878,17	5,64	<b>33.152,88</b>
	<b>TOTAL ESTABILIZACION</b>				<b>310.217,16</b>

	<b>(RELLENO DE CANAL/TERRAPLENES)</b>				
	<b>ESTABILIZACION CON FILTRO</b>				
S/C	FORMACION DE PEDRAPLEN COMPACTADO CON MATERIAL PROENIENTE DE BANCO DE PRESTAMO PARA ESTABILIZAR TERRENOS Y/O DESPLANTES DE ESTRUCTURAS INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIAL	M <sup>3</sup>	23.953,65	160,68	<b>3.848.872,48</b>
I0114	009-I.02 SOBRECARRERO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES DE LOS CORTES, ADICIONALES ABAJO DE LA SUB RASANTE, AMPLIACIÓN Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJES EN LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCOS, DERRUMBES, CANALES Y DEL AGUA EMPLEADA EN COMPACTACIONES: A) PARA DISTANCIAS HASTA DE CINCO ESTACIONES DE 20 M., ES DECIR HASTA 100 M.	M <sup>3</sup> KM	23.953,65	0,47	<b>11.258,22</b>
I0120	2) PARA LOS KM. SUBSECUENTES.	M <sup>3</sup> -KM	694.655,85	6,15	<b>4.272.133,48</b>
	<b>TOTAL ESTABILIZACION CON FILTRO</b>				<b>8.132.264,18</b>
	<b>TERRAPLENES</b>				
	<b>PRESTAMOS DE BANCO</b>				
I0025	DESPALME EN MATERIAL A, DESPERDIANDO EL MATERIAL AL BORDE DEL PRESTAMO.	M <sup>3</sup>	17.720,48	7,66	<b>135.738,84</b>
I0037	EXCAVACIONES DE PRESTAMOS: B) DE BANCO: 2) EN MATERIAL B.	M <sup>3</sup>	59.784,66	9,68	<b>578.715,47</b>
I0038	3) EN MATERIAL C	M <sup>3</sup>	14.946,16	79,56	<b>1.189.116,81</b>
			74.730,82		
	<b>TERRACERIAS</b>				
I0055	FORMACION Y COMPACTACION: A) DE TERRAPLENES ADICIONADOS CON SUS CUÑAS DE SOBRECARRERO: 3) PARA 95%	M <sup>3</sup>	67.932,00	5,48	<b>372.267,36</b>

I0088	AGUA EMPLEADA PARA COMPACTACION	M <sup>3</sup>	20.379,60	13,88	<b>282.868,85</b>
	<b>ACARREOS</b>				
I0119	SOBREACARREO PARA LOS MATERIALES SOBRAINTES PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES DE LOS CORTES ADICIONALES DEBAJO DE LA SUBRASANTE, AMPLIACION Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJE EN LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES... MEDIDO COMPACTO: 1) PARA EL PRIMER KILOMETRO.	M <sup>3</sup>	67.932,00	9,23	<b>627.012,36</b>
I0120	2) PARA LOS KILOMETROS SUBSECUENTES.	M <sup>3</sup> -KM	339.660,00	6,15	<b>2.088.909,00</b>
I0121	SOBREACARREO, E) PARA CUALQUIER DISTANCIA DEL AGUA UTILIZADA EN LA COMPACTACION DE TERRACERIAS.	M <sup>3</sup> -KM	40.759,20	5,64	<b>229.881,89</b>
	<b>TOTAL TERRAPLENES</b>				<b>5.504.510,57</b>
	<b>SUBRASANTE</b>				
	<b>PRESTAMOS DE BANCO</b>				
I0025	DESPALME EN MATERIAL A, DESPERDIANDO EL MATERIAL AL BORDE DEL PRESTAMO.	M <sup>3</sup>	1.785,00	7,66	<b>13.673,10</b>
I0037	EXCAVACIONES DE PRESTAMOS: B) DE BANCO: 2) EN MATERIAL B.	M <sup>3</sup>	19.032,68	9,68	<b>184.236,34</b>
I0038	3) EN MATERIAL C	M <sup>3</sup>	4.758,17	79,56	<b>378.560,01</b>
			<b>23.790,85</b>		
	<b>TERRACERIAS</b>				
	009-F.07 MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTACIÓN DE LA CAPA SUBRASANTE FORMADA CON MATERIAL SELECCIONADO: A) DE LA ELEVACION DE SUBRASANTE EN CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES:				
I0081	3) PARA 100%	M <sup>3</sup>	20.790,85	19,15	<b>398.144,78</b>
I0088	AGUA EMPLEADA PARA COMPACTACION	M <sup>3</sup>	7.276,80	13,87	<b>100.929,18</b>

	<b>ACARREOS</b>				
I0119	SOBREACARREO PARA LOS MATERIALES SOBREPANTES PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES DE LOS CORTES ADICIONALES DEBAJO DE LA SUBRASANTE, AMPLIACION Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJE EN LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES... MEDIDO COMPACTO: 1) PARA EL PRIMER KILOMETRO.	M <sup>3</sup>	20.790,85	9,23	<b>191.899,55</b>
I0120	2) PARA LOS KILOMETROS SUBSECUENTES.	M <sup>3</sup> - KM	103.954,25	6,15	<b>639.318,64</b>
I0121	SOBREACARREO, E) PARA CUALQUIER DISTANCIA DEL AGUA UTILIZADA EN LA COMPACTACION DE TERRACERIAS.	M <sup>3</sup> - KM	14.553,60	5,64	<b>82.082,28</b>
	<b>TOTAL TERRACERIAS</b>				<b>21.839.775,01</b>

### 3.2 PROGRAMA DE OBRA

A continuación presentamos el programa de obra emitido por la residencia general de obra, donde podemos observar el flujo de los recursos y actividades ejecutadas a lo largo del tiempo.

SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS, COMUNICACIONES, TRANSPORTES Y ASENTAMIENTOS.  
 DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS E INFRAESTRUCTURA .  
 DIRECCIÓN DE OBRAS DIVERSAS E INFRAESTRUCTURA RURAL.



CALENDARIO DE OBRA

OBRA: OBRA: 2DA. ETAPA DE LA MODERNIZACIÓN DEL BOULEVARD DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE TULANCINGO  
 MUNICIPIO: TULANCINGO, HGO.  
 OFICIO DE AUTORIZACIÓN

Nº	PARTIDA	MONTO	TIEMPO (MESES)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	TERRACERIAS:	\$32,148,148.8	\$6,429,629.76	\$6,429,629.76	\$6,429,629.76	\$6,429,629.76	\$6,429,629.78							
2	DRENAJES:	\$10,786,350.4		\$3,595,450.15	\$3,595,450.15	\$3,595,450.18								
3	PAVIMENTO:	\$18,262,184.4			\$2,282,773.05	\$2,282,773.05	\$2,282,773.05	\$2,282,773.05	\$2,282,773.05	\$2,282,773.05	\$2,282,773.05	\$2,282,773.05	\$2,282,773.08	
4	BANQUETAS Y GUARNICIONES:	\$4,784,197.5			\$956,839.51	\$956,839.51	\$956,839.51	\$956,839.51	\$956,839.55					
5	CONSTRUCCION DE CICLOPISTA	\$1,258,111.7									\$314,527.93	\$314,527.93	\$314,527.93	\$314,527.94
6	OBRA COMPLEMENTARIA	\$930,162.0										\$310,054.01	\$310,054.01	\$310,054.02
7	ALUMBRADO:	\$816,031.7										\$272,010.57	\$272,010.57	\$272,010.57
8	SEÑALAMIENTO	\$895,137.6												\$895,137.63
<b>TOTAL</b>		\$69,880,324.4	\$6,429,629.76	\$10,025,079.91	\$10,981,919.42	\$13,264,692.50	\$9,669,242.34	\$3,239,612.56	\$3,239,612.60	\$2,282,773.05	\$2,597,300.98	\$3,179,365.56	\$3,179,365.59	\$1,791,730.16



			<b>SUBTOTAL \$47.473.046,48</b>
			<b>INDIRECTOS 28% \$13.292.453,01</b>
			<b>TOTAL \$60.765.499,49</b>
			<b>I.V.A. \$9.114.824,92</b>
			<b>TOTAL OBRA CIVIL \$69.880.324,41</b>
		<b>GASTOS DE INGENIERIA, CONTROL Y SEGUIMIENTO 1%DEL TOTAL.</b>	<b>\$607.654,99</b>
		<b>1 AL MILLAR PARA EL ORGANO TECNICO DE FISCALIZACIÓN</b>	<b>\$70.558,54</b>
			<b>GRAN TOTAL \$70.558.537,94</b>

### 3.4 CURVA MASA

Al diseñar un camino o carretera no basta ajustarse a las especificaciones sobre pendientes, curvas verticales, compensaciones por curvatura, drenaje, etc., para obtener un resultado satisfactorio, sino que también es igualmente importante conseguir la mayor economía posible en el movimiento de tierras. Esta economía se consigue excavando y rellenando solamente lo indispensable y acarreado los materiales la menor distancia posible y de preferencia cuesta abajo. Este estudio de las cantidades de excavación y de relleno, su compensación y movimiento, se lleva a cabo mediante un diagrama llamado Curva masa o diagrama de masas. Aunque el método no es totalmente exacto y consume bastante tiempo, posiblemente sea el método más preciso conocido actualmente, y solo requiere conocer los principios básicos de la aritmética

La curva masa es un diagrama en el cual las ordenadas representan volúmenes acumulativos de las terracerías y las abscisas el cadenamiento correspondiente. Este diagrama se dibuja en el mismo papel donde se dibujo el perfil del terreno y se proyecto la subrasante. Corrientemente las abscisas se dibujan a escala de un centímetro igual a una estación y las ordenadas se dibujan a escala de un centímetro igual a 400 metros cúbicos, pero estas escalas pueden variarse según sea más conveniente.

Para determinar los volúmenes acumulados se consideran positivos los de los cortes y negativos los de los terraplenes, haciéndose la suma algebraicamente, es decir, sumando los volúmenes de signos positivos y restando los de signo negativo. La secuela a seguir para el proyecto de la curva masa es como sigue:

- 1) Se proyecta la subrasante sobre el dibujo del perfil del terreno
- 2) Se determina en cada estación, los espesores de corte o de terraplén.
- 3) Se dibujan las secciones transversales topográficas (secc. de construcción)
- 4) Se dibuja la plantilla del corte o del terraplén con los taludes escogidos según el tipo de material, sobre la sección topográfica correspondiente, quedando así dibujadas las secciones transversales del camino.
- 5) Se calculan las áreas de las secciones transversales del camino por cualquiera de los métodos ya conocidos.
- 6) Se calculan los volúmenes abundando los cortes o haciendo la reducción de los terraplenes, según el tipo de material y método escogido.
- 7) Se suman algebraicamente los volúmenes de cortes y terraplenes.
- 8) Se dibuja la curva con los valores anteriores.

Ahora bien, como el diagrama de masas tiene por abscisa las estaciones del cadenamiento, se dibuja de izquierda a derecha, y como los volúmenes de corte aumentan el valor de las ordenadas por tener signo positivo, resulta que la curva masa sube de izquierda a derecha en los cortes, teniendo un máximo en el límite donde termina el corte. A partir de ese punto, baja de izquierda a derecha ya que los volúmenes de los terraplenes hacen disminuir el valor de la ordenada, que seguirá decreciendo hasta donde termina el terraplén y empieza otro corte. No conviene calcular la curva masa por tramos de varios kilómetros ya que como se trata de un procedimiento de aproximaciones sucesivas y es muy difícil que a la primera subrasante se escoja la más conveniente, se aconseja proceder por tramos de 500 metros a un kilómetro y hasta no quedar conforme, no seguir con los siguientes tramos. Cada vez que se proyecte una subrasante se determinan los espesores, se dibujan las secciones, se determinan las

áreas, se calculan los volúmenes, se calcula curva masa, se dibuja y se escoge la línea de compensación que puede ser la del tramo anterior.

En términos generales, la línea de compensación que da los acarrees mínimos, es aquella que corta el mayor número de veces a la curva masa.

Comparando varios diagramas de curva masa para un mismo tramo, el mejor será el mas económico, este es aquel cuya suma del importe de las excavaciones incluyendo prestamos, mas el valore de los sobre acarrees de el menor precio, siempre y cuando se refiera a un perfil aceptable.

Los objetivos principales de la curva masa son los siguientes:

- 1) Compensar volúmenes
- 2) Fijar el sentido de los movimientos del material
- 3) Fijar los limites del acarreo libre
- 4) Calcular los sobre acarrees
- 5) Controlar prestamos y desperdicios

Se vera cada uno de estos puntos relativos a la curva masa.

Compensar volúmenes: Cualquier línea horizontal que corte una cima o un columpio de la curva masa, marca los límites de corte y terraplén que se compensan. Si se traza en la curva masa la línea GH( ver figura 3.1), se corta ala curva masa precisamente en los puntos G y H. En la curva masa esta horizontal indica que el volumen comprendido entre G y D es suficiente para construir el terraplén D a H, o bajando referencias al perfil del camino, que el volumen de corte marcado I llena al terraplén II.

La línea GH resuelve lo referente a los volúmenes I y II, pero no indica lo que debe hacerse con el resto del corte ni hasta donde debe acarreararse. Si se traza la línea horizontal IJ que corta toda la curva, se tendrá que el corte KB es suficiente para el terraplén BL, que con el corte MD se construirá el terraplén DN, que el terraplén LC se construirá con el corte CM, que el terraplén NE se construirá con el corte EX.

Bajando al perfil del camino las referencias de los puntos K,L,M,N, y X, se obtiene los límites de los movimientos de los cortes y de los terraplenes.

Sentido de los movimientos: Los cortes que en la curva masa quedan arriba de la línea de compensación se mueven hacia delante, y los que queden debajo de la línea de compensación se mueven hacia atrás.

Distancia de acarreo libre: En la construcción de terracerías con volúmenes considerables, la longitud del acarreo necesario para colocar los materiales de excavación en los terraplenes correspondientes, ejerce una influencia importante en el costo de operación. Debido a que ocurren en estos casos variaciones considerables en la longitud del acarreo del material excavado, se ha adoptado la práctica de considerar dentro del precio de excavación, el acarreo del material a cierta distancia que se le denomina distancia de acarreo libre. Esta distancia se ha fijado a 20 m, o sea una estación, y puede ser modificada. La distancia del acarreo libre es la distancia a la que cada metro cúbico de material puede ser movido sin que se haga, por lo tanto, un pago adicional.

Para determinar los volúmenes de acarreo libre, se toma un vector que horizontalmente representa a la escala del cadenamamiento (1:2000) el valor del acarreo libre (20m) y se va corriendo verticalmente hasta que toque a dos puntos de la curva; la

cantidad de material movido esta dado por la ordenada de la horizontal al punto mas alto o mas bajo de la curva comprendida, (h en la fig. anterior). En la figura de la curva masa anterior, las líneas ab y cd se supone que miden una estación y por lo tanto marcan el acarreo libre. Bajando, hasta el perfil del terreno los puntos donde estas horizontales ab y cd cortan a la curva masa, se tiene los limites de corte y terraplenes correspondientes al acarreo libre. Los volúmenes de los cortes son, para cada caso, las diferencias de las ordenadas entre a y B y entre c y F.

Distancia de sobre acarreo: El sobre acarreo es el transporte de los materiales ya sea de un corte o de un préstamo a mayor distancia que la del acarreo libre. A la distancia que hay del centro de gravedad del corte (o préstamo) al centro de gravedad del terraplén que se forma con ese material, se le resta la distancia de acarreo libre para tener la distancia media de sobreacarreo, y se valúa en estaciones de 20 m y decimos de estación. El valor del sobreacarreo se obtiene multiplicando esa distancia, por los metros cúbicos de la excavación, medidos en la misma excavación, y por el precio unitario correspondiente del metro cúbico por estación. Para determinar la distancia media de sobreacarreo, se divide OP en dos partes iguales y por ese punto se traza la horizontal que se encuentra a la curva masa en los puntos e y f que tienen la propiedad de encontrarse en las ordenadas que pasan por los centros de gravedad de las masas movidas. A la distancia entre los puntos anteriores, medida hasta decimos de estación, se le resta la distancia de acarreo libre para tener la distancia de sobreacarreo.

Préstamos y desperdicios: Si se determinan correctamente, con anterioridad, los factores de abundamiento y de reducción de los materiales, se puede observar que los volúmenes de los cortes son suficientes para construir los terraplenes y no hay desperdicio. Sin embargo, es muy común que la determinación de los factores antes mencionados no se lleven a cabo y sean nada mas supuestos, con lo cual la curva masa

no se cumple enteramente y los cortes no son lo suficiente para terraplenar, siendo necesario hacer préstamos de material que deben ser autorizados por el ingeniero residente de obra. Si en un determinado caso se observa que los préstamos se repiten sistemáticamente puede modificarse el proyecto de la subrasante.

Si los préstamos nada mas son eventuales, puede modificarse la curva masa corrigiendo los abundamientos o reducciones de acuerdo con la realidad.

Cuando por una determinada causa sea necesario hacer uso de un préstamo, en muchas ocasiones se presenta duda de si es más conveniente tomar los materiales de un préstamo o sobreacarrearlos de un corte. Para ello es necesario determinar la distancia económica de sobreacarreos. Así, el costo de metro cúbico de préstamo y del costo de ese mismo metro cúbico acarreado de un corte, se obtiene la distancia económica de sobreacarreos de la siguiente manera:

Costo del metro cúbico del préstamo.....\$ 7.50

Costo del sobreacarreos por metro cúbico

y por estación de 20 metros.....\$ 0.35

$$\text{Distancia de acarreo} = 7.50 / 0.35 = 21.4 \text{ estaciones}$$

Por lo tanto el numero de metros a los cuales se puede sobreacarreos será de  $21.4 \times 20 = 428$  metros. Aumentándole a esta distancia los 20 metros del acarreo libre, se tienen 448 metros como la máxima distancia a la que se puede acarrear de un corte, ya que más allá de esa distancia conviene más que el contratista traiga material de un préstamo.



#### **CAPITULO 4 EXPEDIENTE FOTOGRAFICO: ANEXO PLANOS TIPO PLANTA GENERAL Y SEÑALAMIENTOS**

El desarrollo del expediente fotográfico que a continuación se muestra (gráficamente) corresponde a las diversas etapas del procedimiento constructivo tema de este trabajo, por lo que citamos gráficamente las incidencias de las actividades desarrolladas sucesivamente y que consideramos es el desarrollo apropiado para este.

Se anexan planos tipo los cuales fueron proporcionados por la residencia general de obra, en la escala mostrada, de tal manera que pudiera ser loable su integración a este trabajo.



**Fotografía 4.1 Reuniones entre autoridades y vecinos para informar al respecto de las actividades**



**Fotografía 4.2 maquinaria disponible en el banco “Napateco”**



**Fotografía 4.3 Distribución de material para desplante de terraplén km 3 + 601**



**Fotografía 4.4 Área despalmada a la altura del km 1 + 930**



**Fotografía 4.5 Traslado y colocación de pedraplen  
Km 2 + 825.00**



**Fotografía 4.6 Conformación de capa subyacente  
( espesor de 25 cm ), km 1 + 755**



**Fotografía 4.7 Adición de calhidra para mejoramiento a nivel de subyacente km 1 + 964**



**Fotografía 4.8 Tendido de base a nivel de sub-base con con material procedente del banco los Migueles**



**Fotografía 4.9 Terminado de capa a nivel de base  
Km 3 + 080**



**Fotografía 4.10 Riego de liga por media de camión petrolizadora para tendido de carpeta asfáltica**



**Fotografía 4.11 Tendido de carpeta asfáltica de 5 cm de espesor con equipo “finsher”**



**Fotografía 4.12 Compactación de carpeta asfáltica por medio de rodillo**



**Fotografía 4.13 Acción de rodillo neumático al inicio de su labor**



**Fotografía 4.14 Terminado de rasante para ciclo pista a base de gravilla roja del km 0 + 151 al 3 + 851**



**Fotografía 4.15 Tendido y rastrillado de carpeta  
asfáltica de 5 cm de espesor**



**Fotografía 4.16** Introducción del colector “la morena” del km 0 + 153 al 1 + 715 en tubería de de plástico corrugado de 1.07 m de diámetro



**Fotografía 4.17 Cimbrado y colado de guarnición tipo a la altura del km 0 +545 y 0 + 198 respectivamente**



**Fotografía 4.18 Colocación y terminado de rejillas pluviales tipo**



**Fotografía 4.19 Registro de tabique y tendido de tubería p.v.c para instalación eléctrica del alumbrado público km 1 + 820**



**Fotografía 4.20 Señalamiento horizontal y distribución de botones y raya**



**Fotografía 4.21 Distribución y colocación de boyas media luna  
Km 2 + 651**



**Fotografía 4.22** Señalamiento preventivo indicando la proximidad de curva



**Fotografía 4.23 Distribución de señalamientos verticales tipo preventivo**



**Fotografía 4.24** Señalamiento preventivo indicando la intersección de tres ramas



**Fotografía 4.25 Señalamiento preventivo indicando cruce frecuente de peatones**



**Fotografía 4.26** Señalamiento preventivo indicando proximidad a zona de escolares



**Fotografía 4.27 Distribución de señalamientos verticales tipo restrictivos**



**Fotografía 4.28 Distribución de señalamientos tipo informativo**



**Fotografía 4.29** Señalamiento informativo tipo turística  
Y de servicio







## **CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PRACTICAS**

En este capitulo se hacen las conclusiones generales del trabajo desarrollado y las recomendaciones practicas al los temas tratados.

El oportuno y correcto análisis de las principales consideraciones que se deben tener en cuenta para la justificación del desarrollo de un proyecto carretero, tales como : el político, social, administrativo, y el económico, permitirán lograr el juicio correcto para dar el tipo y características del camino necesario a realizar, esto resulta de vital importancia ya que se debe tener un panorama integral de las diversas situaciones, con aras a la conjunción de opiniones y criterios que conlleven a buen final.

Las características importantes de un camino, estriban directamente, en la capacidad que tenga esta obra para dar el mayor número de beneficios y que desembocan en una mejor relación, entre las comunicaciones de los centros productores y los centros consumidores, ya sea a nivel regional o local como es el caso.

Debido a la situación actual del país (en referencia a lo general) resulta de vital importancia el cuidado extremo de los recursos de tipo publico, lo que hace indispensable la observancia minuciosa de criterios y previsiones en aras de lograr un manejo optimo de los recursos y los riesgos, y no olvidar que en todo momento se debe tener como finalidad extrema, el interés publico.

Las características del terreno sobre el que se asientan las infraestructuras carreteras, son datos fundamentales para su planificación, diseño y construcción. Sus condiciones

topográficas, geológicas, geotécnicas, de mecánica de suelos e hidrológicos inciden de forma directa en cada una de las fases antes mencionadas, y que de no hacerse de manera oportuna y correcta, conlleva a la modificación de soluciones previstas lo que resulta en sobrecostos de tipo innecesarios.

Los estudios necesarios que se requieren para dar un conocimiento adecuado de los diferentes materiales que componen el suelo, deben utilizar técnicas y medios especializados, su elaboración se desarrolla en una metodología secuencial que parte de lo general y concluye en lo particular.

Por lo que resulta, de vital importancia para los ingenieros proyectistas tener todos los elementos necesarios, para poder tomar en cuenta todos los aspectos al proyectar y posteriormente al construir con el ingeniero residente de obra, determinando la naturaleza en general y estado de los estratos a trabajar.

Es responsabilidad directa de los ingenieros considerar esto, minimizando o inclusive haciendo que los impactos ambientales negativos sean excluidos en el desarrollo de obras de infraestructura de tipo carretero tal como es el caso de este trabajo. Por lo que desde un punto de vista realista, las condiciones anteriores deben cumplirse en el marco de hacer todo lo necesario posible, maximizando los beneficios y minimizando los efectos adversos que se pudiesen dar.

Por esto resulta necesario transformar la visualización del sector Comunicaciones y Transportes, con respecto a la formación de equipos interdisciplinarios con biólogos, sociólogos, economistas, etc. Todos esto en aras de poder garantizar un desarrollo sustentable, que al mismo tiempo garantice un mayor beneficio para los habitantes de la

localidad inmediata al desarrollo de esta vía carretera y por tanto a los habitantes de la región en general.

Las alternativas para la construcción de nuevas vías de comunicación de tipo carretero como la descrita en este trabajo y concluyendo en pro de una mejora sustancial; Se debe poner especial atención al buen manejo y por que no a la innovación en materia de transito y transporte publico.

Las alternativas en el mismo procedimiento constructivo para obras de tipo carretero, deben incluir en todo momento del procedimiento medidas preventivas que evadan afectar recursos valiosos o frágiles, así como evitar a toda costa (en la medida de lo posible) acceder a las tierras de labor servibles.

Resulta de vital importancia la intervención oportuna y durante las fases de construcción, así como en las fases planeación y proyecto, de equipos multidisciplinarios que permitan visualizar con claridad la magnitud de los impactos ambientales que se generan, así como establecer las medidas de mitigación correspondientes.

Se puede concluir que para proyectos de este tipo y particularmente en la etapa del proyecto ejecutivo podemos definirla como una etapa medular, ya que es en esta donde se determinaran los volúmenes planos, etc, que finalmente proporcionaran los presupuestos correspondientes y que de ser erróneos seguramente tendrán un impacto negativo que afectara la economía de la obra, lo que seguramente tendrá repercusiones

graves no solo en la etapa de construcción sino en todo la obra desde su inicio hasta su final, por lo cual esto deberá ser un punto estratégico muy importante en la aplicación de la ingeniería civil.

Es por ello que durante la etapa del proyecto ejecutivo se debe actuar de manera minuciosa y a detalle en cuanto a los conceptos de obra, por que no olvidemos que no solamente son terracerías sino también obras de drenaje y obra civil en general. Otro punto muy importante es tener un estricto apego a las normas emitidas por la secretaria de comunicaciones y transportes, así como a la secretaria de obras publicas del estado autoridad supervisora en este caso, además de que esto es un apoyo y base para el ejercicio de la construcción de tipo carretero.

En cuanto al planteamiento de un procedimiento constructivo para un sub-tramo carretero y hablando en términos generales, podemos concluir que la creatividad y la innovación al momento de proyectar y proponer el procedimiento constructivo en general, adquieren importancia en la medida que se busquen alternativas con la finalidad de optimizar la obra.

En términos generales El ingeniero civil que diseña, ejecuta y / o modifica los procedimientos constructivos, debe tener por objetivo buscar permanentemente la mejora de los tiempos de ejecución nunca olvidando los costos menores posible, y vigilando que la calidad del proyecto nunca deje de ser la optima.

Lo anterior nos conduce hacia la búsqueda de nuevos procedimientos y nuevos equipos para desarrollar procedimientos constructivos integrales, así como también

resulta importante la retroalimentación, es decir, el trabajo de comparar los avances reales contra los avances programados con el fin de corregir las posibles desviación y actuar en consecuencia, haciendo resúmenes de los eventos ocurridos durante la etapa de construcción del proyecto carretero con la finalidad de hacer una experiencia que nos sea útil en trabajos similares o parecidos posteriores ya que de esta manera se contribuye al mejoramiento del estudio de los procedimientos constructivos.

Se observa que para cualquier obra que sea esta, y llegue a buen termino en lo que respecta a tiempos y costos, y a su vez estos últimos se derivan de volúmenes de obra, rendimientos de mano de obra, maquinaria y equipos, así como los correspondientes a la utilización de materiales afectados por los costos de indirectos, cargos de financiamiento y de utilidad, es decir lo que conocemos como precio de venta, es necesario vigilar en todo momentos algunos puntos tales como:

- 1) Se tenga en la obra el personal calificado y en cantidad, maquinaria, equipo y materiales que hayan sido establecidos en el procedimiento constructivo.
- 2) No se tengan atrasos en tiempos y cantidad de materiales e insumos en sus periodos contemplados.
- 3) Se garanticen los rendimientos contemplados en procedimiento constructivo
- 4) Los trabajos a ejecutarse en campo se realicen con estricto apego a la normatividad vigente y proyecto.
- 5) Las estimaciones deberán ser pagadas en los tiempos que se establezcan ya señaladas desde el mismo contrato.

De no cumplirse estos puntos antes descritos, muy probablemente se tendrán atrasos que derivan en sobre costos de obra y con ello se garantizan pérdidas que indiscutiblemente no son, ni serán, un opción para el buen ejercicio de la ingeniería civil.

Por lo antes descrito resulta necesario la constante verificación de los rendimientos, ya sean de personal, de maquinaria, de equipo con la finalidad de corregir las desviaciones, siempre y cuando los atrasos sean imputables a quien lo origina o provoca antes descritos y no a otras circunstancias tales como: modificaciones substanciales en el proyecto original, imprevistos en el subsuelo a nivel de desplante de capas de terracerías, incrementos de volúmenes de obra por aperturas de cajas de excavación, calidad no adecuada de materiales así mismo la obra deberá ser siempre ejecutada con la misma calidad e indicaciones antes definidas en el proyecto ejecutivo, con la finalidad de evitar, demoliciones, recompactaciones, etc.

Muy importante resulta el oportuno pago de las correspondientes estimaciones, debido a que de lo contrario se corre el riesgo de que el contratista se descapitalice y optar por detener la obra, debido a la falta de materiales por falta de pago a proveedores, al paro de actividades por falta de pago semanal de cuadrillas, o se vea obligado el contratista al recorte de personal, todo ello evidentemente repercute en tiempo y calidad de obra.

En términos generales el presente trabajo tiene como finalidad contribuir en el complemento de los conocimientos generales de los Ingenieros que desempeñan alguna actividad en relación a las obras carreteras ya sean, desde residentes de obra hasta supervisores y / o contratistas interesados en mejorar tanto su calidad como horizonte de posibilidades de desempeño.

## **BIBLIOGRAFIA**

“Vías de Comunicación; Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, limusa, tercera edición, México, 1995.

“Manual de Costos y Precios en la Construcción 1990”, Carlos Suárez Salazar, Noriega, México, 1990.

“Costo y tiempo en edificación” Carlos Suárez Salazar, limusa, tercera edición, México, 1996.

“Manual Técnico de Construcción” José Luis García Rivero, primera edición, México, 2006.

“P5, Enciclopedia per 1 primi 5 , Arnoldo Mondadori, Grijalbo, primera edición, España, 1977