



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



TÍTULO DEL DOCUMENTO: "PAVIMENTACION DE LA  
CARRETERA LOMA DE ASELEROS A EMILIANO  
ZAPATA (MUNICIPIO DE JQUIPILCO)"

MEMORIA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL,

PRESENTA

MIGUEL ANGEL VILLAFANA SANCHEZ

DIRIGIDA POR

DR. DAVID JOAQUIN DELGADO HERNANDEZ

TOLOCA, ESTADO DE MÉXICO, 2018.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



TÍTULO DEL DOCUMENTO: "PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA LOMA DE ASTILLEROS A  
EMILIANO ZAPATA (MUNICIPIO DE JIQUIPILCO)"

MEMORIA

PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

MIGUEL ANGEL VILLAFAÑA SÁNCHEZ

DIRECTOR DE MEMORIA

DR. DAVID JOAQUÍN DELGADO HERNÁNDEZ

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, 2018.

TABLA DE ILUSTRACIONES .....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.....	4
1.1. localizacion .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2. descripción del problema.....	5
1.3. exposición de motivos.....	6
1.4. objetivos y alcance .....	6
1.5. metodología .....	6
1.6. estructura de la memoria.....	7
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN GLOBAL DE LOS TRABAJOS.....	8
2.1 el proceso de licitación.....	8
2.2 descripción de los trabajos.....	10
2.2.1 ampliación del ancho de la corona .....	11
2.2.2 zonas inestables .....	12
2.2.3 terraplen.....	14
2.2.4 subrasante.....	16
2.2.6 riego de impregnación .....	26
2.2.8 carpeta asfáltica .....	27
2.2.9 obras complementarias de drenaje .....	40
CAPITULO 3. GENERALIDADES DEL PROCEDIMIENTO DE LA OBRA .....	48
3.1 trabajos preliminares .....	48
3.2 proceso de construcción .....	48
3.3 documentación a elaborar .....	49
CAPÍTULO 4. PROCESO CONSTRUCTIVO Y ADMINISTRATIVO .....	51
4.1 ejecución de los trabajos e incidencias .....	52
4.2. documentación correspondiente.....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
BIBLIOGRAFÍA.....	84

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Ubicación del municipio de Jiquipilco .....	4
Figura 2. Estado de la carretera antes de iniciar la obra.....	52
Figura 3. Estado de la carretera antes de iniciar la obra.....	53
Figura 4. Corte de material y acamellonado del mismo .....	54
Figura 5. Corte de material y acamellonado del mismo .....	54
Figura 6. Lavaderos y cunetas construidos en la obra para desahogar la carpeta .....	55
Figura 7. Lavaderos y cunetas construidos en la obra para desahogar la carpeta .....	56
Figura 8. Capa rompedora de capilaridad.....	57
Figura 9. Capa rompedora de capilaridad .....	57
Figura 10. Terraplén para dar nivel a la carretera.....	58
Figura 11. Terraplén para dar nivel a la carretera.....	59
Figura 12. Capa subbase estabilizada de la carretera .....	60
Figura 13. Capa subbase estabilizada de la carretera .....	60
Figura 14. Capa base estabilizada, última capa de terracería de la obra.....	61
Figura 15. Capa base estabilizada, última capa de terracería de la obra.....	61
Figura 16. Tendido de carpeta asfáltica de 7cm de espesor .....	63
Figura 17. Tendido de carpeta asfáltica de 7cm de espesor .....	64
Figura 18. Pintura en línea central y a ambos lados de la carretera.....	65
Figura 19. Pintura en línea central y a ambos lados de la carretera.....	65
Figura 20. Bitácora electrónica.....	67
Figura 21. Gráficas para llevar control de obra .....	68
Figura 22. Gráficas para llevar control de obra .....	68
Figura 23. Gráficas para llevar control de obra .....	69
Figura 24. Término de la obra .....	77
Figura 25. Término de la obra .....	77
Figura 26. Término de la obra .....	78
Figura 27. Término de la obra .....	79
Figura 28. Término de la obra .....	79

# INTRODUCCIÓN

## CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

### 1.1. LOCALIZACIÓN

Jiquipilco es un municipio del Estado de México, en términos de lo establecido por el artículo 6 de la Ley Orgánica Municipal del Estado de México, el cual se encuentra ubicado al noroeste del Valle de Toluca, su nombre proviene del náhuatl Xiquipilli que quiere decir “en el morral”.

Se localiza al norte del Valle de Toluca y al este del Valle de Ixtlahuaca, ocupando parte de la serranía del monte alto. Limita al norte con el municipio de Villa del Carbón y el municipio de Nicolás Romero; al oeste con el municipio de Ixtlahuaca. La distancia aproximada a la capital del Estado es de 42 kilómetros. Actualmente es centro ceremonial de muchos lugares.

Tiene una superficie territorial de 276.5 km<sup>2</sup>, una altitud de 2,657 msnm y cuenta con una población aproximada de 26,908 habitantes (Jiquipilco, 2017).



*Figura 1. Ubicación del municipio de Jiquipilco*

(Google Maps, 2017)

## 1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El municipio de Jiquipilco, como otros municipios del Estado de México, presenta ciertas deficiencias en su comunicación a través de calles y carreteras las cuales, aunque existen, no se encuentran en las mejores condiciones que les permitan a sus habitantes transitar de una manera mejor y rápida, por lo que es y ha sido una preocupación del Gobierno del Estado de México que tiene como objetivo brindar condiciones de mayor calidad, eficacia y seguridad en la construcción de vías terrestres como lo son puentes vehiculares, puentes peatonales, pasos a desnivel, carreteras, calles en distintas localidades, entre otros; para lograr esto, el gobierno asigna recursos para la construcción de muchas obras, las cuales pasan por un proceso de licitación de muchas dependencias, en este caso, a través de la dependencia que es la Junta de Caminos, Residencia Regional Toluca.

En esta ocasión se tratará de la obra: **“PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA LOMA DE ASTILLEROS A EMILIANO ZAPATA, MUNICIPIO DE JIQUIPILCO”**.

Antes del proyecto, el camino en cuestión se encontraba sin estructura de pavimento, estaba a nivel de terracería, sin revestir y totalmente destruido. Adicionalmente tenía un predominio de sección tipo terraplén, con pendiente gobernadora de 1%, máxima de 3% y mínima de 0.55% de la estación 9+000, en ejido Mala Cota a la estación 10+107.93, en la carretera Nixini-Pueblo Nuevo. Así, se desarrolla el camino en terreno tipo 1 semiplano con la rasante a nivel de terracería, sobre un suelo de arcilla arenosa. Al tener anchos variables, la corona del proyecto se propone de 8.80 m, el material de base está formado por grava y

tepetate, así como de limo arenoso de media plasticidad afinado y compactado mecánicamente.

### 1.3. EXPOSICIÓN DE MOTIVOS

La obra que describe el título yo la escogí porque fue la primera obra en la que participe al haber concluido mis estudios y se me hizo muy interesante todo el proceso, aprendí muchas cosas teóricas y prácticas que no vi durante mi carrera y me gustaría transmitir mi experiencia a través de esta memoria.

### 1.4. OBJETIVOS Y ALCANCE

Ejemplificar el proceso constructivo completo de una obra de construcción de carretera de segundo grado, los problemas que se suscitan en la misma así como sus beneficios.

### 1.5. METODOLOGÍA

En esta sección, se describe de manera general el proceso constructivo que se empleó para llevar a cabo las obras.

Junio 2016. Inicio de la obra (trabajos preliminares).

Julio 2016. Trabajos de la obra (cortes, excavaciones) y estimaciones.

Agosto 2016. Trabajos de la obra (compactaciones, tendido de carpetas de estructura) y estimaciones.

Septiembre 2016. Trabajos de obra (tendido de carpeta asfáltica) y estimaciones.

Octubre 2016. Término de la obra (pintura, señalización y revisión de trabajos) y documentación final.

#### 1.6. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

La memoria se integra a través de cuatro capítulos, los cuales se describen a continuación.

El primero, en el que se explican los antecedentes, como son la localización, el proceso de licitación con tiempos y fechas que comprende las etapas de dicho proceso. También hago mención a los motivos de la elección de este trabajo, el objetivo y alcance y la metodología.

En el segundo capítulo se hace referencia de forma global a los trabajos, desde los trabajos preliminares como son el levantamiento topográfico, marcas de cadenamientos y nivelaciones. Se trata de dar la pauta de que es lo que se va a hacer y cómo se fue trabajando desde el punto de vista práctico y teórico, aquí se toma en cuenta la integración de toda la documentación que el autor residente de obra de la Junta de Caminos tiene que cumplir en los periodos asignados que tiene la misma obra, así como también se hace mención a las normas técnicas de la SCT y especificaciones.

El tercer capítulo describe generalidades del procedimiento constructivo de inicio a fin, a grandes rasgos, la problemática encontrada tanto con las personas como con obras inducidas (tuberías de drenaje, de agua potable, registros, cables de teléfono, de luz) Así como los que se presentaron con los materiales, la maquinaria y el personal.

En el último capítulo se hace referencia a la explicación detallada del cómo se construyó la carretera paso a paso y a la experiencia adquirida en dicha obra, describiendo que fue lo que el autor ha aprendido, desde la integración de toda la documentación que se requiere hasta la ejecución misma de la obra.

## CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN GLOBAL DE LOS TRABAJOS

### 2.1. EL PROCESO DE LICITACIÓN

El nombre oficial de la obra es *“PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA LOMA DE ASTILLEROS A EMILIANO ZAPATA, MUNICIPIO DE JIQUIPILCO”*. En las bases de la convocatoria se proporcionaron datos como el periodo del contrato, que fue del 8 de junio del 2016 al 2 de octubre de 2016, y el monto de contrato que fue de \$9'309,240.89, IVA incluido, sin anticipo. Asimismo, se entregó el contrato correspondiente y el ramo al que pertenece la obra para autorizar el pago.

Para apegarse con la normatividad, la Junta de Caminos da cumplimiento a lo dispuesto por los artículos 24, 26, 27 fracción I, 28, 30 fracción I, 31,32, 33 párrafo segundo, 34 párrafo segundo, 36,37,38,39 y 40 de la *Ley de Obras Públicas y Servicios* relacionadas con las mismas, y su *Reglamento vigente*, es decir, ha convocado a las personas físicas y/o morales que cuentan con experiencia en la materia, capacidad técnica y económica, a participar en los concursos en la modalidad de precio unitario y tiempo determinado por la licitación pública, para la adjudicación de los contratos de la obra pública que se detalla.

El periodo de registro de licitación fue del 12 al 17 de mayo del 2016 de las 9:00 a las 16:00 hrs. en las oficinas centrales de la Junta de Caminos en Toluca.

Siguiendo con el procedimiento, la visita de obra y la junta de aclaraciones se llevaron a cabo en la Residencia Regional Toluca, con el responsable de la misma.

El 18 de mayo de 2016 a las 13:30 hrs. se presentaron en la Residencia siete empresas quienes ya tenían experiencia en obras como esta y que anteriormente habían realizado trabajos para la Junta. Entregaron identificación oficial y llenaron un formato interno dejando evidencia para que en las oficinas centrales supieran que empresas acudieron y por quien fueron representadas en el acto de visita de obra y junta de aclaraciones.

Se acudió con todas las firmas interesadas en concursar al lugar donde se harían los trabajos, encontrando que la zona de la carretera tenía anchos variantes y estructura de pavimento lastimada en buena medida. También se identificaron problemas con el canal de descarga para riego que estaba fuera del ancho de corona que tendría que respetarse en los trabajos.

Acto seguido se conversó con las Delegadas de la colonia Buenos Aires quienes mostraron, en su calidad de responsables del lugar, su apoyo incondicional para realizar la obra, se les explicaron los trabajos por realizar, solicitándoles un espacio para dejar la maquinaria así como vigilancia para resguardar la seguridad del sitio de la obra. Consecuentemente no hubo inconveniente alguno para que el ganador del concurso pudiera eventualmente dar inicio con los trabajos. Para

terminar la junta de aclaraciones todas las empresas manifestaron no tener dudas sobre el proyecto y el lugar donde se ejecutaría.

La recepción de propuestas fue el día 27 de mayo de 2016 a las 9:30 hrs. Una vez analizadas, el fallo fue emitido el 2 de Junio de 2016 a las 16:00 hrs. resultando ganadora la empresa "X", denominada así por razones de confidencialidad. Fue entonces que el autor se puso en contacto con ella para solicitarle la documentación por integrar en el expediente desde un inicio, incluyendo el oficio que especificaba el día que estaban comenzando los trabajos, la asignación del superintendente, copia de la fianza de cumplimiento y su programa de obra.

## 2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS A REALIZAR

El proyecto ejecutivo comprende la rehabilitación del camino, del tramo III del km 2+020 San José del sitio, al km 9+000 Barrio Primero de Mala Cota, considerando el mejoramiento de la estructura del pavimento, ampliando la superficie de rodamiento actual, aplicando las normas y especificaciones vigentes de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes en materia de Proyecto Geométrico. En este tenor de ideas, se enfatizó el aperaltamiento y ampliación de las curvas ya que en su estado actual presenta deficiencias de diseño geométrico y una superficie de rodamiento con daños severos de baches, desgranamientos, oquedades, así como ancho reducido para su segura operación.

El ancho promedio es de 5.80 m con dos carriles de sentidos encontrados.

La longitud del tramo en cuestión es de 6,980 m. Se espera que el nuevo ancho promedio obtenido sea de 6.20 m con superficie de rodamiento de 6.10 m. en seguida se resume el proceso para lograrlo.

### **2.2.1 AMPLIACIÓN DEL ANCHO DE LA CORONA**

A. Para llevar a cabo esta labor, primero se realizó el despalme del terreno vegetal en un espesor de 30 cm en promedio. Luego, se retiró el producto de despalme en el corte y se depositó en el lugar expresamente asignado para ello.

En esta operación se procede de tal manera que se formen los escalones de liga, en cada capa consecutiva que se construirá, tales como la subrasante y la base hidráulica. Para ello se debe descubrir la parte inferior del desplante, en el terreno natural, según lo indicado en el plano de secciones de construcción con base en la posición de los ceros de la estructura de terraplén y/o estructura de pavimento.

B. Una vez ejecutado el proceso de corte se procede al afine y compactación del terreno natural. En las áreas donde irá la ampliación, se cortar hasta localizar el nivel de la Desplante (terreno natural), retirándolo hasta obtener el ancho necesario para alojar el camino con corona de 6.20 metros, como lo indican las secciones de construcción. Entonces se tiende una cama de corte como terreno natural. Aquí hay que tener cuidado con las partes inestables, como se presenta a continuación.

### **2.2.2 ZONAS INESTABLES**

En la exploración geotécnica, no se localizaron zonas de inestabilidad. Sin embargo, es recomendable que en caso de aparecer se proceda como a continuación se describe. Se abre una caja hasta alcanzar los niveles necesarios para construir la capa de rompedora de capilaridad, con espesor mínimo de 30 cm. Es recomendable construirla con material de boleó (de 3" a 8" de diámetro). Se debe limpiar el espesor necesario para desalojar el material dañado retirándolo fuera del camino y depositándolo donde lo asigne expresamente. El suministro se hace entonces para la capa rompedora de capilaridad, bandeándolo con un tractor de orugas, hasta alcanzar el máximo acomodo de las partículas sin fragmentarlas. El material debe cumplir con lo establecido en las Normas y Especificaciones vigentes de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, denominada N-CMT-3-04-001.

Los filtros es el material graduado que se coloca en un subdrén y se utiliza para captar el agua y permitir su paso franco a través de él, impidiendo al mismo tiempo el arrastre de las partículas finas del suelo por proteger, previniendo su erosión, que puede provocar inestabilidad estructural.

#### **REQUISITOS DE CALIDAD DEL MATERIAL PARA FILTROS**

Los materiales que se empleen como filtro en los sistemas de subdrenaje cumplirán con los requisitos de calidad que se indican a continuación:

El material tendrá las características granulométricas que se establecen en la Tabla 1 y se muestran en la Figura 1, así como con los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 2 de esta Norma. Se recomienda evitar el uso de roca caliza, debido a la alta solubilidad que presenta.

**TABLA 1.- Requisitos de granulometría de los materiales para filtros**

Designación	Abertura nominal mm	Material que pasa %
1½"	37,5	100
1"	25	80 – 100
¾"	19	65 – 100
½"	9,5	40 – 80
Nº4	4,75	20 – 55
Nº10	2	0 – 35
Nº20	0,85	0 – 20
Nº40	0,425	0 – 12
Nº60	0,25	0 – 9
Nº100	0,15	0 – 7
Nº200	0,075	0 – 5

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

La curva granulométrica del material por emplear, determinada mediante el procedimiento contenido en el Manual M·MMP·3·03·002, Granulometría de Materiales para Filtros, tendrá una forma semejante a la de las curvas que se muestran en la Figura 1 de esta Norma, considerando que el material no contendrá más del cinco (5) por ciento de partículas finas en masa y que el tamaño máximo de las partículas no será mayor de treinta y ocho coma un (38,1) milímetros (1½") de diámetro. Además, es recomendable que las curvas granulométricas del suelo por proteger y las del material para filtro seleccionado sean sensiblemente paralelas.

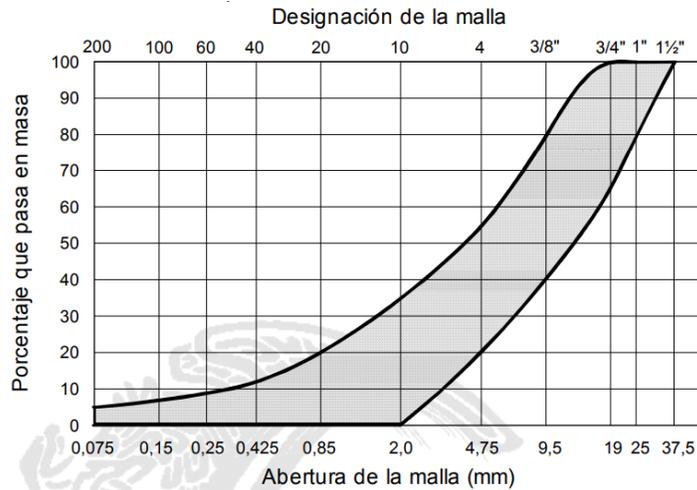


FIGURA 1.- Zona granulométrica recomendable de los materiales para filtros

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

TABLA 2.- Requisitos de calidad de los materiales para filtros

Característica <sup>[1]</sup>	Valor %
Límite líquido, máximo	25
Índice plástico, máximo	6
Equivalente de arena, mínimo	30
Desgaste Los Ángeles, máximo	40

[1] Determinada mediante el procedimiento de prueba que corresponda, de los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma.

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

### 2.2.3 TERRAPLÉN

Una vez concluida la capa de desplante y revisada la compactación en el espesor indicado en el proyecto, se procede a la construcción de la capa de terraplén, conforme lo indique el proyecto geométrico. Es necesario compactarla en capas de espesor máximo de 20 cm y con un grado de compactación mínimo de 95 %, de su peso volumétrico seco máximo, determinado con la prueba AASHTO estándar. Además el material debe cumplir con lo establecido en la Norma N-

CMT-1-01, de la SCT. En función de cada una de las secciones de construcción se debe observar lo indicado en los planos de proyecto geométrico de perfil y secciones para determinar la zonas donde la capa de terraplén.

Los materiales para terraplén son suelos y fragmentos de roca, producto de los cortes o de la extracción en bancos que se utilizan para formar el cuerpo de un terraplén hasta el nivel de desplante de la capa subyacente.

### REQUISITOS DE CALIDAD

Los materiales que se utilicen para la formación de capa de terraplenes cumplirán con los requisitos de calidad que se muestran en la figura 1 de esta norma, a menos que exista un estudio previamente aprobado por la secretaría, que justifique el empleo de materiales de propiedades distintas.

En ningún caso se utilizarán materiales altamente orgánicos como turba (Pt), ni materiales producto de despalmes.

**TABLA 1.- Requisitos de calidad de materiales para terraplén**

Característica	Valor
Límite líquido; %, máximo	50
Valor Soporte de California (CBR) <sup>[1]</sup> ; %, mínimo	5
Expansión; %, máxima	5
Grado de compactación <sup>[2]</sup> ; %	90 ± 2

[1] En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta Tabla, con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1,5 m de profundidad.

[2] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa. Cuando el material sea no compactable, de acuerdo con lo indicado en el Manual M:MMP-1-02, *Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos*, se colocará en capas del espesor mínimo que permita el tamaño máximo del material y se bandeará, previa aplicación de un riego de agua a razón de 150 L/m<sup>3</sup>, dando como mínimo tres pasadas en toda la superficie en cada capa, con un tractor de 36,7 t con orugas.

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

#### **2.2.4 SUBRASANTE**

Concluida la capa de terraplén, se procederá a la construcción de la capa subrasante, con un espesor de 30 cm. De acuerdo a lo establecido en el proyecto geométrico, la capa se compactará al 100% de su peso volumétrico seco máximo determinado en laboratorio con el método AASHTO estándar cumpliendo con la Norma Oficial N-CMT-1-03.

Los materiales para la capa subrasante son los suelos naturales, seleccionados o cribados, producto de los cortes o de la extracción en bancos, que se utilizan para formar dicha capa, inmediatamente encima de la cama de los cortes, de la capa subyacente o del cuerpo de un terraplén cuando está última no se construya, para servir de desplante a un pavimento.

#### **REQUISITOS DE CALIDAD**

Los materiales que se utilicen para la formación de la capa subrasante, en función de sus características y de la intensidad del tránsito esperada en términos del número de ejes equivalentes a 8,2 toneladas acumulados durante la vida útil del pavimento cumplirán con lo que indica a continuación, a menos que exista un estudio previamente aprobado por la secretaría, que justifique el empleo de materiales de propiedades distintas. En ningún caso se utilizarán materiales altamente orgánicos como turba.

Cuando la intensidad del tránsito sea igual a un millón de ejes equivalentes o menor, el material cumplirá con características granulométricas y con los requisitos de calidad que se establece en la tabla 1 de esta norma y tendrá un espesor mínimo de 20 cm.

Cuando la intensidad del tránsito sea igual a un millón de ejes equivalentes, el material cumplirá con los requisitos de calidad que se establecen en la tabla 1 de esta norma, y tendrá un espesor mínimo de 30 cm.

Cuando la intensidad del tránsito sea mayor de 10 millones de ejes equivalentes, la capa subrasante será motivo de diseño especial.

Si la capa subrasante se desplanta directamente sobre el terreno de cimentación y su espesor es menor que el señalado en las letras escritas anteriormente, según corresponda, cuando el material de terreno de cimentación no cumpla con los requisitos establecidos en la tabla 1, se excavará una caja hasta la profundidad necesaria para completar el espesor mínimo.

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES PARA SUBRASANTE

Cuando el material para subrasante sea producto de los cortes, se podrá transportar usando tractores o motoescrepas.

## NORMAS

N-CMT-1-03/02

**TABLA 1.- Requisitos de calidad de materiales para capa subrasante**

Característica	Valor
Tamaño máximo; mm	76
Límite líquido; %, máximo	40
Índice plástico; %, máximo	12
Valor Soporte de California (CBR) <sup>[1]</sup> ; %, mínimo	20
Expansión máxima; %	2
Grado de compactación <sup>[2]</sup> ; %	100 ± 2

[1] En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta Tabla, con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1,5 m de profundidad.

[2] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

El material se almacenará en un sitio específicamente destino para tal propósito.

Cuando en dicho sitio no se cuente con un firme, previamente a su utilización se deberá:

\*Remover la materia vegetal y limpiar la superficie

\*Conformar, nivelar y compactar la superficie, dejando una sección transversal uniforme que permita el drenaje.

Los materiales constituidos por partículas de diferentes tamaños que se almacenan en los depósitos, tienden a segregarse, por lo que será necesario que al cargar el material para llevarlo al frente de trabajo, se tome desde la parte baja del depósito.

\*Los materiales se cargarán y transportarán al frente de trabajo, en vehículos con cajas cerradas o protegidas con lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen.

### **2.2.5 BASE HIDRÁULICA**

La capa subrasante se procede a la construcción de la base hidráulica, con material de banco nuevo, con un espesor de 20 cm de acuerdo a lo indicado en el proyecto geométrico, compactada al 100 % de su peso volumétrico seco máximo determinado en laboratorio con el método AASHTO estándar, bajo la Norma N-CMT-1-03.

Son estructuras que se construyen con materiales producto de cortes o de bancos, con el fin de obtener el nivel debajo de la rasante que indique el proyecto.

#### **MATERIALES:**

Los materiales que se utilizan en la construcción de terraplenes, cumplirán con lo establecido, en las normas, N. CMT. 1.03, salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la secretaría. Los materiales podrán ser de los cortes o bancos indicados por el proyecto o aprobados por la secretaría.

Los materiales para la construcción de terraplenes, la ampliación de la corona, o el tendido de los taludes de terraplenes existentes, cuando procedan de cortes, pueden ser compactables o no compactables. Cuando provengan de bancos o se utilicen en la construcción de capas subyacentes o subrasantes, como es el caso, siempre serán compactables.

No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en la fracción anterior de esta norma, ni aún en el supuesto que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el contratista de obra. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características. Establecidas como se indica en la fracción anterior de esta norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra los corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación que por este motivo se ocasionen. Serán imputables al contratista de obra.

#### EQUIPO

El equipo que se utilice para la construcción de terraplenes, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución, detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del contratista de obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados operados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra corrija las deficiencias lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

#### MOTOCONFORMADORAS;

Las motoconformadoras que se utilicen en el extendido y conformación de terraplenes, serán autopropulsadas, con cuchillas cuya longitud sea mayor de 3.65m y con una distancia entre ejes mayor de 5.18m.

#### TRACTORES;

Los tractores serán montados sobre orugas, reversibles, con la potencia y capacidad compatibles, con el frente de ataque.

#### MOTOESCREPAS;

Las motoescrepas serán autocargables en el menor tiempo con capacidad de 8.4m<sup>3</sup> como mínimo, con descarga plena.

#### CARGADORES FRONTALES:

Los cargadores frontales serán autopropulsados y reversibles, de llantas o sobre orugas, con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque.

#### COMPACTADORES:

Los compactadores serán autopropulsados y reversibles. Los compactadores vibratorios estarán equipados con controles para modificar la amplitud y frecuencia de vibración.

## TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de obra.

## TENDIDO Y CONFORMACIÓN

-El material proveniente de cortes o bancos se descargará sobre la superficie donde se extenderá, en cantidad prefijada por estación de veinte (20) m, en tramos que no sean mayores a los que, en un turno de trabajo, se pueda tender, conformar y compactar o acomodar el material.

-En caso de material compactable, este se preparará hasta alcanzar el contenido de agua de compactación que indique el proyecto o apruebe la secretaría y obtener homogeneidad en granulometría y humedad, extendiéndolo parcialmente incorporándole el agua, necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, o eliminando el agua excedente.

-Siempre que la topografía del terreno lo permita el material se extenderá en capas sucesivas sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección.

-Si así lo indica el proyecto o aprueba la secretaría, cuando la topografía del terreno presente lugares inaccesibles donde no sea posible la construcción por capas compactadas o acomodadas utilizando equipo mayor, dichos lugares se rellenarán a volteo para formar una plantilla en la que se pueda operar el equipo, prosiguiendo la construcción por capas compactadas de ese nivel en adelante.

El nivel de la plantilla será el que indique el proyecto o apruebe la secretaría.

-Cuando el nivel de desplante coincida sensiblemente con el nivel freático, se evitará desplantar el terraplén directamente sobre la superficie saturada, procediendo al abatimiento de nivel freático o a colocar una primer capa a volteo de espesor suficiente para que soporte al equipo, según lo indique el proyecto o apruebe la secretaría.

-Cuando el proyecto o la secretaría indiquen que se deba asegurar la compactación de los hombros de los terraplenes, estos se construirán con una sección más ancha que la teórica de proyecto, respetando la inclinación de los taludes señalada en el proyecto, como se muestra en la figura 1 de esta norma, Obteniéndose así, los sobre anchos laterales, con las dimensiones indicadas en el proyecto o aprobadas por la secretaría en los cuales la compactación podrá ser menor que la fijada.

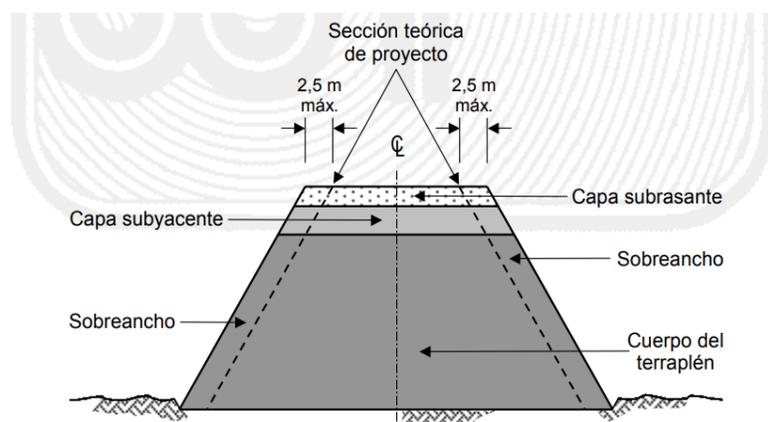


FIGURA 1.- Sección transversal de un terraplén

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

-A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la secretaría como parte final del terraplén se construirán la capa subyacente y por último la capa subrasante, como se muestra en la figura 1 de esta norma, con los espesores, materiales y grados de compactación que establezca el proyecto o apruebe la secretaría

-Cuando el proyecto o la secretaría indiquen que la construcción de la capa subrasante se ejecute directamente bajo el nivel del piso de un corte y los materiales en este sitio satisfacen las características establecidas como se indica en la fracción D.1 de esta norma, dicha capa se formará sin necesidad de una excavación adicional, escarificando y compactando la cama del corte, con el espesor y grado de compactación que establezca el proyecto o apruebe la secretaría

#### TENDIDO Y CONFORMACIÓN DE MATERIAL COMPACTABLE

-Para el cuerpo del terraplén, la capa subyacente y la capa subrasante, el material compactable se extenderá en todo el ancho del terraplén en capas sucesivas con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar al grado indicado en el proyecto o aprobado por la secretaría, y se conformará de tal manera que se obtenga en una capa de material sin compactar de espesor uniforme.

-Para la ampliación de las coronas y el tendido de los taludes de terraplenes existentes y previamente excavados, los escalones de liga en los taludes, el material compactable se extenderá en todo el ancho de la ampliación y se conformará como se indica en el párrafo anterior

-Cuando el proyecto o la secretaría indiquen que se ejecute una excavación adicional abajo del nivel del piso de un corte para alojar la capa subrasante, esta se formará extendiendo el material en todo lo ancho de la excavación y conformándolo.

### COMPACTACIÓN

Cada capa de material compactable tendida y conformada se compactará hasta alcanzar el grado indicado en el proyecto o aprobado por la secretaría.

La compactación se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes, y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.

### TOLERANCIAS

**TABLA 1.- Tolerancias para líneas y niveles**

Unidades en cm	
Característica	Tolerancia
Línea de proyecto de los taludes:	
• Con material compactable	+ 30
• Con material no compactable	+ 75
Nivel de la superficie en cada punto nivelado, respecto al de proyecto:	
• En cuerpo de terraplén	± 5
• En capa subyacente	± 5
• En capa subrasante	± 3

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

### **2.2.6 RIEGO DE IMPREGNACIÓN**

Se aplicará riego de impregnación, en el subtramo y ancho indicado en el plano de secciones constructivas, y se procederá como a continuación se describe.

Una vez alcanzado al grado de compactación de la capa de base hidráulica, se aplicará un riego de impregnación con emulsión asfáltica ECI-60 o similar que recomiende el fabricante. Deberá contener un máximo de 60% de residuo asfáltico, determinado en laboratorio en proporción de 0.8 a 1.5 lts/m<sup>2</sup>., según la textura que presente la superficie de la capa de la base hidráulica. Se debe evitar el encharcamiento de emulsión. En el caso de no aplicar la emulsión al término de la compactación, la humedad deberá mantenerse con riegos de agua en la capa impidiendo la acción intemperizante de los agentes atmosféricos, y la pérdida de las propiedades de compactación aplicada.

El material debe cumplir con lo establecido en la norma N-CMT-4-05-001.

### **2.2.7 RIEGO DE LIGA**

Se aplicará riego de liga, en el subtramo y ancho indicado en el plano de secciones constructivas, y se procederá como a continuación se describe.

La superficie impregnada debe reposar un mínimo de 24 hrs. Si es necesario utilizarla para la circulación de vehículos se cubrirá con una capa de arena en

proporción de 3 a 5 lts/m<sup>2</sup>. Previo a la aplicación del riego de liga, se barrerá enérgicamente la superficie para eliminar la arena sobrante, polvo o materias extrañas. En el caso de presentar deterioros motivados por la circulación e intemperización o por la aplicación deficiente del riego de impregnación, se reparará la superficie de la base impregnada.

Una vez libre de materiales y polvo se procede a la aplicación de un riego de liga con emulsión asfáltica catiónica de rompimiento rápido tipo ECI-65 en proporción de 0.4 a 1.0 lts/m<sup>2</sup>.

El material debe cumplir lo establecido en la norma N-CMT-4-05-001.

#### **2.2.8 CARPETA ASFÁLTICA**

Se colocará carpeta asfáltica en el subtramo y ancho indicado en el plano de secciones constructivas, y se procederá como a continuación se describe.

Una vez fraguado el riego de liga, se construirá una capa de concreto asfáltico de 7 cm de espesor en el ancho total de la corona del camino de 6.10 m, en una longitud total de 6,980.00 m del kilómetro. 2+020 al kilómetro 9+000, tendiendo la capa con máquina pavimentadora tipo “finisher”. La mezcla de concreto asfáltico elaborado en caliente y compactado al 95 % de su peso volumétrico máximo MARSHALL, será tendida a una temperatura de 120° a 140°C, con materiales pétreos de tamaño máximo de 19.0 mm (3/4”).

El concreto deberá ser elaborado con cemento asfáltico. La dosificación de la mezcla será la que resulte del diseño MARSHALL determinada en el laboratorio. La capa de concreto asfáltico será compactada, con temperatura entre 110 y 120°C, empleando rodillo metálico tipo tándem y compactador neumático autopulsado. Es necesario también cumplir con los requerimientos establecidos en el pliego de requisitos de la Norma Oficial N-CMT-4-05-003.

### DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

El asfalto es un material bituminoso de color negro, constituido principalmente por asfaltenos, resinas y aceites, elementos que proporcionan características de consistencia, aglutinación y ductilidad; es sólido o semisólido y tiene propiedades cementantes a temperaturas ambientales normales. Al calentarse se ablanda gradualmente hasta alcanzar una consistencia líquida.

Los materiales asfálticos se emplean en la elaboración de carpetas, morteros, riegos y estabilizaciones, ya sea para aglutinar los materiales pétreos utilizados, para ligar o unir diferentes capas del pavimento; o bien para estabilizar bases o subbases. También se pueden usar para construir, fabricar o impermeabilizar otras estructuras, tales como algunas obras complementarias de drenaje, entre otras.

Los materiales asfálticos se clasifican en cementos asfálticos, emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados, dependiendo del vehículo que se emplee para su incorporación o aplicación, como se indica en la Tabla 1 de esta Norma y se detalla a continuación.

**TABLA 1.- Clasificación de los materiales asfálticos**

<b>Material asfáltico</b>	<b>Vehículo para su aplicación</b>	<b>Usos más comunes</b>
Cemento asfáltico	Calor	Se utiliza en la elaboración en caliente de carpetas, morteros y estabilizaciones, así como elemento base para la fabricación de emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados.
Emulsión asfáltica	Agua	Se utiliza en la elaboración en frío de carpetas, morteros, riegos y estabilizaciones.
Asfalto rebajado	Solventes	Se utiliza en la elaboración en frío de carpetas y para la impregnación de subbases y bases hidráulicas.

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

## CEMENTOS ASFÁLTICOS

Los cementos asfálticos son asfaltos obtenidos del proceso de destilación del petróleo para eliminar solventes volátiles y parte de sus aceites. Su viscosidad varía con la temperatura y entre sus componentes, las resinas le producen adherencia con los materiales pétreos, siendo excelentes ligantes, pues al ser calentados se licúan, lo que les permite cubrir totalmente las partículas del material pétreo.

Según su viscosidad dinámica a sesenta (60) grados Celsius, los cementos asfálticos se clasifican como se indica en la Tabla 2 de esta Norma, donde se señalan los usos más comunes de cada uno.

Cuando en el mercado no esté disponible el asfalto AC-30, el Residente de la obra podrá solicitar a la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría, la autorización para sustituirlo por AC-20, haciendo los ajustes correspondientes al precio unitario del producto.

## EMULSIONES ASFÁLTICAS

Las emulsiones asfálticas son los materiales asfálticos líquidos estables, constituidos por dos fases no miscibles, en los que la fase continua de la emulsión está formada por agua y la fase discontinua por pequeños glóbulos de cemento asfáltico. Se denominan emulsiones asfálticas aniónicas cuando el agente emulsificante confiere polaridad electronegativa a los glóbulos y emulsiones asfálticas catiónicas, cuando les confiere polaridad electropositiva.

**TABLA 2.- Clasificación de los cementos asfálticos según su viscosidad dinámica a 60°C**

Clasificación	Viscosidad a 60°C Pa·s (P <sup>[1]</sup> )	Usos más comunes
AC-5	50 ± 10 (500 ± 100)	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 1 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen para riegos de impregnación, de liga y poreo con arena, así como en estabilizaciones.</li> </ul>
AC-10	100 ± 20 (1 000 ± 200)	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 2 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 1 en la Figura 1.</li> </ul>
AC-20	200 ± 40 (2 000 ± 400)	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 3 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 2 en la Figura 1.</li> </ul>
AC-30	300 ± 60 (3 000 ± 600)	<ul style="list-style-type: none"> <li>En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 4 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zonas 3 y 4 en la Figura 1.</li> <li>En la elaboración de asfaltos rebajados en general, para utilizarse en carpetas de mezcla en frío, así como en riegos de impregnación.</li> </ul>

[1] Poises

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

Las emulsiones asfálticas pueden ser de los siguientes tipos:

- De rompimiento rápido, que generalmente se utilizan para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos, a excepción de la emulsión ECR-60, que no se debe utilizar en la elaboración de éstas últimas.
- De rompimiento medio, que normalmente se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos en la mezcla es igual que dos (2) por ciento o menor, así como en trabajos de conservación tales como bacheos, renivelaciones y sobrecarpetas.

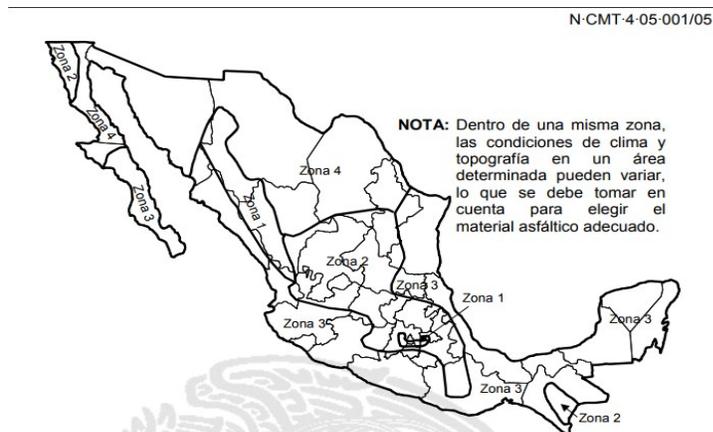


FIGURA 1.- Regiones geográficas para la utilización de asfaltos clasificados según su viscosidad dinámica a 60°C. (Ver Tabla 2)

- De rompimiento lento, que comúnmente se utilizan para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas.
- Para impregnación, que particularmente se utilizan para impregnaciones de subbases y/o bases hidráulicas.
- Superestables, que principalmente se emplean en estabilizaciones de materiales y en trabajos de recuperación de pavimentos.

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

Según su contenido de cemento asfáltico en masa, su tipo y polaridad, las emulsiones asfálticas se clasifican como se indica en la Tabla 3 de esta Norma.

## ASFALTOS REBAJADOS

Los asfaltos rebajados, que regularmente se utilizan para la elaboración de carpetas de mezcla en frío, así como en impregnaciones de bases y subbases hidráulicas, son los materiales asfálticos líquidos compuestos por cemento asfáltico y un solvente, clasificados según su velocidad de fraguado como se indica en la Tabla 4 de esta Norma.

**TABLA 3.- Clasificación de las emulsiones asfálticas**

Clasificación	Contenido de cemento asfáltico en masa %	Tipo	Polaridad
EAR-55	55	Rompimiento rápido	Aniónica
EAR-60	60		
EAM-60	60	Rompimiento medio	
EAM-65	65		
EAL-55	55	Rompimiento lento	
EAL-60	60		
EAI-60	60	Para impregnación	
ECR-60	60	Rompimiento rápido	Catiónica
ECR-65	65		
ECR-70	70	Rompimiento medio	
ECM-65	65		
ECL-65	65	Rompimiento lento	
ECI-60	60	Para impregnación	
ECS-60	60	Sobrestabilizada	

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

**TABLA 4.- Clasificación de los asfaltos rebajados**

Clasificación	Velocidad de fraguado	Tipo de solvente
FR-3	Rápida	Nafta, gasolina
FM-1	Media	Queroseno

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

REQUISITOS DE CALIDAD PARA EMULSIONES ASFÁLTICAS TABLA 5:

N-CMT-4-05-001/05

**TABLA 5.- Requisitos de calidad para cemento asfáltico clasificado por viscosidad dinámica a 60°C**

Características	Clasificación			
	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30
<b>Del cemento asfáltico original:</b>				
Viscosidad dinámica a 60°C; Pa s (P <sup>[1]</sup> )	50 ± 10 (500 ± 100)	100 ± 20 (1 000 ± 200)	200 ± 40 (2 000 ± 400)	300 ± 60 (3 000 ± 600)
Viscosidad cinemática a 135°C; mm <sup>2</sup> /s, mínimo (1 mm <sup>2</sup> /s = 1 centistoke)	175	250	300	350
Viscosidad Saybolt-Furol a 135 °C; s, mínimo	80	110	120	150
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s; 10 <sup>-1</sup> mm, mínimo	140	80	60	50
Punto de inflamación Cleveland; °C, mínimo	177	219	232	232
Solubilidad; %, mínimo	99	99	99	99
Punto de reblandecimiento; °C	37 - 43	45 - 52	48 - 56	50 - 58
<b>Del residuo de la prueba de la película delgada:</b>				
Pérdida por calentamiento; %, máximo	1	0,5	0,5	0,5
Viscosidad dinámica a 60°C; Pa s (P <sup>[1]</sup> ), máximo	200 (2 000)	400 (4 000)	800 (8 000)	1 200 (12 000)
Ductilidad a 25°C y 5 cm/min; cm, mínimo	100	75	50	40
Penetración retenida a 25 °C; %, mínimo	46	50	54	58

[1] Poises

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

PARA LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS CATIONICAS TABLA 6:

REQUISITOS DE CALIDAD PARA ASFALTOS REBAJADOS TABLA 6:

N-CMT-4-05-001/05

**TABLA 6.- Requisitos de calidad para emulsiones asfálticas aniónicas**

Características	Clasificación						
	EAR-55	EAR-60	EAM-60	EAM-65	EAL-55	EAL-60	EAI-60
<b>De la emulsión:</b>							
Contenido de cemento asfáltico en masa; %, mínimo	55	60	60	65	55	60	60
Viscosidad Saybolt-Furol a 25°C; s, mínimo	5	---	---	---	20	20	5
Viscosidad Saybolt-Furol a 50°C; s, mínimo	---	40	50	25	---	---	---
Asentamiento en 5 días; diferencia en %, máximo	5	5	5	5	5	5	5
Retenido en malla N° 20 en la prueba del tamiz; %, máximo	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Pasa malla N° 20 y se retiene en malla N° 60 en la prueba del tamiz; %, máximo	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Cubrimiento del agregado seco; %, mínimo	---	---	90	90	90	90	---
Cubrimiento del agregado húmedo; %, mínimo	---	---	75	75	75	75	---
Miscibilidad con cemento Portland; %, máximo	---	---	---	---	2	2	---
Carga eléctrica de las partículas	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Demulsibilidad; %	60 mín	50 mín	30 máx	30 máx	---	---	---
<b>Del residuo de la destilación:</b>							
Viscosidad dinámica a 60°C; Pa·s (P <sup>[1]</sup> )	50 ± 10 (500 ± 100)	100 ± 20 (1 000 ± 200)	50 ± 10 (500 ± 100)	100 ± 20 (1 000 ± 200)	50 ± 10 (500 ± 100)	100 ± 20 (1 000 ± 200)	50 ± 10 (500 ± 100)
Penetración a 25°C, en 100 g y 5 s; 10 <sup>-1</sup> mm	100-200	50-90	100-200	50-90	100-200	50-90	150-250
Solubilidad; %, mínimo	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5
Ductilidad a 25°C; cm, mínimo	40	40	40	40	40	40	40

[1] Poises

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

## TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES ASFÁLTICOS

Con el propósito de evitar la alteración de las propiedades de los materiales asfálticos antes de su utilización en la obra, ha de tenerse cuidado en su transporte y almacenamiento, atendiendo los siguientes aspectos:

N-CMT-4-05-001/05

**TABLA 7.- Requisitos de calidad para emulsiones asfálticas catiónicas**

Características	Clasificación						
	ECR-60	ECR-65	ECR-70	ECM-65	ECL-65	ECI-45	ECS-60
<b>De la emulsión:</b>							
Contenido de cemento asfáltico en masa; %, mínimo	60	65	68	65	65	60	60
Viscosidad Saybolt-Furol a 25°C; s, mínimo	---	---	---	---	25	5	25
Viscosidad Saybolt-Furol a 50°C; s, mínimo	5	40	50	25	---	---	---
Asentamiento en 5 días; diferencia en %, máximo	5	5	5	5	5	10	5
Retenido en malla N° 20 en la prueba del tamiz; %, máx	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Pasa malla N° 20 y se retiene en malla N° 60 en la prueba del tamiz; %, máximo	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Cubrimiento del agregado seco; %, mínimo	---	---	---	90	90	---	90
Cubrimiento del agregado húmedo; %, mínimo	---	---	---	75	75	---	75
Carga eléctrica de las partículas	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Disolvente en volumen; %, máximo	---	3	3	5	---	15	---
Índice de ruptura; %	< 100	< 100	< 100	80 – 140	> 120	---	> 120
<b>Del residuo de la destilación:</b>							
Viscosidad dinámica a 60°C; Pa·s (P <sup>[1]</sup> )	50 ± 10 (500 ± 100)						
Penetración <sup>[2]</sup> a 25°C, en 100 g y 5 s; 10 <sup>-1</sup> mm	110–250	110–250	110–250	100-250	100-250	100-400	100-250
Solubilidad; %, mínimo	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	---
Ductilidad a 25°C; cm, mínimo	40	40	40	40	40	40	---

[1] Poises

[2] En climas que alcancen temperaturas iguales o mayores de 40°C, la penetración en el residuo de la destilación de las emulsiones ECR-65, ECR-70, ECM-65 y ECL-65, en el proyecto se puede considerar de 50 a 90 × 10<sup>-1</sup> mm.

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

## TRANSPORTE DE MATERIALES ASFÁLTICOS

Los materiales asfálticos se transportarán desde el lugar de adquisición hasta el de almacenamiento, utilizando pipas, carros-tanque de ferrocarril o buques-tanque, que cuenten con los equipos que permitan calentar el producto cuando así se requiera. Los tanques serán herméticos, y tendrán tapas adecuadas para evitar fugas y contaminaciones. El transporte se hará observando las Normas Oficiales Mexicanas aplicables, sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

**TABLA 8.- Requisitos de calidad para asfaltos rebajados**

Características	Grado	
	FM-1	FR-3
<b>Del asfalto rebajado:</b>		
Punto de inflamación Tag; °C, mínimo	38	27
Viscosidad Saybolt-Furol a 50°C; s	75 - 150	---
Viscosidad Saybolt-Furol a 60°C; s	---	250 - 500
Contenido de solvente por destilación a 360°C, en volumen; %		
Hasta 225°C	20 máx	25 mín
Hasta 260°C	25 - 65	55 mín
Hasta 315°C	70 - 90	83 mín
Contenido de cemento asfáltico por destilación a 360°C, en volumen, %, mínimo	60	73
Contenido de agua por destilación a 360°C, en volumen, %, máximo	0,2	0,2
<b>Del residuo de la destilación:</b>		
Viscosidad dinámica a 60°C; Pa·s (P <sup>[1]</sup> ), máximo	200 ± 40 (2 000 ± 400)	200 ± 40 (2 000 ± 400)
Penetración a 25°C, en 100 g y 5 s; 10 <sup>-1</sup> mm	120 - 300	80 - 120
Ductilidad a 25°C; cm, mínimo	100	100
Solubilidad; %, mínimo	99,5	99,5

[1] Poises

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

Antes de cargar el material asfáltico, los tanques han de ser limpiados cuidadosamente, eliminando residuos de productos transportados anteriormente, grasas, polvo o cualquier otra sustancia que lo pueda contaminar. Una vez cargado el material asfáltico, las tapas y llaves del tanque se sellarán en forma inviolable.

Los sellos se retirarán en el momento de la descarga del material en el almacenamiento. No se aceptará el material en el caso de que los sellos hayan sido violados.

### ALMACENAMIENTO DE MATERIALES ASFÁLTICOS

Los materiales asfálticos se almacenarán en depósitos adecuadamente ubicados, con la capacidad suficiente para recibir cada entrega, que reúnan los requisitos necesarios para evitar la contaminación de los productos que contengan, que estén protegidos contra incendios, fugas y pérdida excesiva de disolventes o emulsivos y que cuenten con los equipos adecuados para calentar el producto cuando así se requiera, así como con los elementos necesarios para su carga, descarga y limpieza.

Antes de utilizar los depósitos, estos han de ser limpiados cuidadosamente, eliminando natas o residuos de otros productos, materiales extraños o materiales asfálticos de tipo diferente al que se va almacenar. Esta operación se repetirá cada vez que sea necesario para evitar la contaminación del producto.

En el caso de emulsiones asfálticas, se utilizarán tanques verticales equipados con dispositivos para la recirculación del material, para evitar lo más posible el asentamiento y la formación de natas.

Tratándose de emulsiones asfálticas, con el propósito de que no se contaminen con la nata que pudiera haberse formado sobre la superficie del material previamente almacenado, el llenado de los depósitos de almacenamiento ha de efectuarse desde el fondo de estos, evitando que el producto caiga sobre la superficie del material ya almacenado, rompiendo dicha nata.

Cada depósito de almacenamiento se identificará, indicando en un lugar visible, su capacidad, el tipo de material asfáltico que contiene y, cuando se trate de recipientes, origen del material y fecha de producción. Asimismo, para cada depósito, se llevará un registro en el que se indiquen las fechas y volúmenes de los suministros recibidos y de las salidas del material.

En el caso de emulsiones de rompimiento rápido, es importante que la temperatura de almacenamiento no sea mayor de ochenta (80) grados Celsius en el punto de contacto.

## CRITERIOS PARA ACEPTACIÓN O RECHAZO

Para que un material asfáltico sea aceptado por la Secretaría, antes de su utilización, el Contratista de Obra, o el proveedor cuando se trate de emulsiones asfálticas en obras por administración directa, entregará a la Secretaría un certificado de calidad por cada lote o suministro, que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en esta Norma, según el tipo de material asfáltico establecido en el proyecto autorizado por la Secretaría, expedido por su propio laboratorio o por un laboratorio externo. Además, con objeto de controlar la calidad del material asfáltico durante la ejecución de la obra, el Contratista de Obra realizará las pruebas necesarias, en muestras obtenidas como se establece en el Manual M·MMP·4·05·001 Muestreo de Materiales Asfálticos y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma, en el número y con la periodicidad que se establezca en el proyecto autorizado por la Secretaría, que verifiquen que las características indicadas en la Tabla 9 cumplan con los valores establecidos en esta Norma, entregando a la Secretaría los resultados de dichas pruebas.

**TABLA 9.- Características de calidad que se deben revisar en los materiales asfálticos durante la ejecución de la obra**

<b>Cementos asfálticos</b>	<b>Emulsiones asfálticas</b>	<b>Asfaltos rebajados</b>
<b>En el cemento asfáltico original:</b>	<b>En la emulsión:</b>	<b>En el asfalto rebajado:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viscosidad dinámica a 60°C</li> <li>• Punto de inflamación Cleveland</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido de cemento asfáltico en masa</li> <li>• Viscosidad Saybolt-Furol a 25 y 50°C</li> <li>• Cubrimiento del agregado seco y húmedo</li> <li>• Carga eléctrica de las partículas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Punto de inflamación Tag</li> <li>• Viscosidad Saybolt-Furol a 25 y 50°C</li> <li>• Contenido de solvente por destilación a 360°C</li> <li>• Contenido de cemento asfáltico por destilación a 360°C</li> </ul>
<b>En el residuo de la película delgada:</b>	<b>En el residuo de la destilación:</b>	<b>En el residuo de la destilación:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viscosidad dinámica a 60°C</li> <li>• Pérdida por calentamiento</li> <li>• Ductilidad a 25°C y 5 cm/min</li> <li>• Penetración a 25°C, 100 g, 5 s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viscosidad dinámica a 60°C</li> <li>• Ductilidad a 25°C y 5 cm/min</li> <li>• Penetración a 25°C, 100 g, 5 s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viscosidad dinámica a 60°C</li> <li>• Ductilidad a 25°C y 5 cm/min</li> <li>• Penetración a 25°C, 100 g, 5 s</li> </ul>

(REFERENCIA: NORMAS SCT)

### **2.2.9 OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE**

A. Previo a la ejecución de las obras para la construcción de los dos cuerpos de tres carriles cada uno, tomando en consideración lo señalado en las Normas Oficiales para SCT se construirán, reconstruirán y/o complementarán con los existentes, los elementos de las obras de drenaje que se indican, de acuerdo con lo que fije el proyecto.

Es importante iniciar las obras de capas rompedoras de capilaridad, cortes de ampliación y terraplenes de ampliación (escalones de liga), en un cuerpo completo, al iniciar la construcción. Una vez finalizado los trabajos preliminares, se procederá de la misma manera antes descrita, con el fin de prestar servicio a los usuarios del camino actual, sin obstruir ni interrumpir la circulación de los usuarios y las obras comprendidas en el pliego de requisitos.

En las obras de drenaje existentes que expresamente señale la Dependencia, se desazolvarán aguas arriba y aguas abajo, así como las que se anexan en los trabajos por ejecutar. El material producto del azolve se deberá depositar en el lugar que exclusivo, cuidando que no obstruya la circulación de aguas pluviales o que corra el riesgo de azolverse nuevamente. Se dará preferencia a las obras del cuerpo derecho, ya que se pretende dar el servicio de circulación lo antes posible a los usuarios.

Como se ha descrito en el presente capítulo, las capas de la vialidad tienen que apegarse a la normatividad vigente en la materia, establecida por la SCT. Asimismo, se deben tener en cuenta los pasos del proceso constructivo, como se discute en el siguiente apartado.

## CUNETAS

Las cunetas son zanjas que se construyen adyacentes a los hombros de la corona en uno o en ambos lados con el objeto de interceptar el agua que escurre sobre la superficie de la corona, de los taludes de los cortes, o del terreno contiguo, conduciéndola a un sitio donde no haga daño a la carretera o a terceros.

## MATERIALES

-Los materiales que se utilicen en la construcción de cunetas cumplirán con lo establecido en las normas aplicables del libro CMT. Características de los materiales, salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la secretaría.

-No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en la fracción anterior, ni aún en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el contratista de la obra.

-Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica previamente, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra los corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

### .Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de cunetas, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria siendo responsabilidad del contratista de obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la

secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra, corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen serán imputables al contratista de obra.

### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra. Se sujetarán, en lo que corresponda a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes. Los residuos producto de la excavación se cargarán y transportarán al sitio o banco de desperdicios que apruebe la secretaría, en vehículos con cajas cerradas y protegidos con lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen. Cuando se trate de materiales que no vayan a ser aprovechados posteriormente y que hayan sido depositados en un almacén temporal serán trasladados al banco de desperdicio lo más pronto posible.

### EJECUCIÓN

Para la construcción de cunetas se considerará lo señalado en la cláusula D. de la norma N-LEG-3, ejecución de obras.

## CONFORMACIÓN

La conformación de las zanjas para formar las cunetas se efectuará mediante una excavación de acuerdo con las secciones, niveles, alineación y acabados establecidos en el proyecto o aprobados por la secretaría, realizado conforme lo establecido en la norma N-CTR-CAR-1-01-005, excavación para canales.

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la secretaría, la pendiente de la cuneta será la misma que la del camino.

Cuando la sección de camino pase de corte a terraplén, la cuneta se prolongará la longitud necesaria en diagonal, siguiendo la conformación del terreno, para desfogar el agua en terreno natural, en la obra de drenaje más cercana o hasta lo establezca el proyecto o apruebe la secretaría.

## REVESTIMIENTO

Cuando así lo indique el proyecto o lo apruebe la secretaría, una vez terminada la conformación se revestirá la cuneta mediante un zampeado para protegerla contra la erosión, conforme lo establecido en la norma N-CTR-CAR-1-02-002, zampeado.

## BORDILLOS

Los bordillos son elementos que interceptan y conducen al agua que por el efecto del bombeo corre sobre la corona del camino, descargándola en los lavaderos, para evitar erosión a los taludes de los terraplenes que están conformados por material erosionable. Los bordillos pueden ser de concreto hidráulico, concreto asfáltico o de suelo cemento. En todos los casos se considerarán obras provisionales en tanto el talud sea vegete y se proteja por sí mismo o sea protegido mediante otro procedimiento, momento en que deben ser removidos y retirados.

## MATERIALES

-No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en el párrafo anterior, ni aún en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el contratista de obra.

-Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la secretaría los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como lo indica la norma anterior, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra los corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

## EQUIPO

El equipo que se utilice para la utilización de bordillos extruídos será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del contratista de obra su selección. Dicho equipo será mantenidos en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duré la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador.

Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

## TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad del contratista de obra y los realizará de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta lo establecido en las normas aplicables del título materiales para concreto hidráulico de materiales para estructuras del libro CMT, características de los materiales, así como las normas N-CMT-4-04, materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas, N-CMT-4-05-003, calidad de mezcla para carreteras. Se sujetarán en lo que corresponda a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

## LOCALIZACIÓN

Los bordillos solo se construirán en los terraplenes mayores de 1.5m de altura, conforme a las dimensiones y características definidas en el proyecto o aprobadas por la secretaría.

Los bordillos se ubicarán longitudinalmente en ambos lados en los terraplenes que se encuentren en tangente, sólo en el acotamiento interno de los terraplenes en curva horizontal y en la zona de terraplén de las secciones de corte en balcón.

Se colocarán en el lado exterior del acotamiento y a una distancia de 20cm del hombro del camino. No se construirán bordillos y lavaderos en tramos de carretera sin pendiente longitudinal.

En los tramos en tangente se dejará un espacio libre para la descarga del escurrimiento hacia los lavaderos ubicados a una distancia de entre 50 y 100m, a menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la secretaría.

## COLOCACIÓN

A menos que el proyecto indique otra cosa así lo apruebe la secretaría, los bordillos tendrán forma trapezoidal con base inferior de 16cm, base superior de 8cm y altura de 12cm, los bordillos se colocarán para cada tipo lo siguiente:

-BORDILLOS DE CONCRETO HIDRÁULICO: cuando son colados en sitio, se utilizarán moldes rígidos sobre el terreno, colocando varillas a cada metro de tal manera que permanezcan anclados al terreno natural. Cuando se empleen elementos precolados, el proyecto indicará el procedimiento de fabricación, colocación, tipo de anclaje y tratamiento de las juntas.

-BORDILLOS DE CONCRETO ASFÁLTICO: cuando los bordillos sean colados utilizando molde en el sitio, se utilizarán moldes colocados verticalmente o con un talud 1/3 :1, rellenándose con el concreto asfáltico en capas de 6 cm de espesor ligeramente apisonadas.

-BORDILLOS DE SUELO-CEMENTO: se elaborarán con el proporcionamiento indicado en el proyecto o aprobado por la secretaría y se construirán mediante el procedimiento de extrusión con una maquina especial autopropulsada. Para lograr una consistencia estructural adecuada, se tendrá especial cuidado con el control de la velocidad de avance de la máquina.

## CAPITULO 3.GENERALIDADES DEL PROCEDIMIENTO DE LA OBRA

### 3.1 TRABAJOS PRELIMINARES

La empresa realizó primeramente el levantamiento topográfico con ayuda de herramientas como la estación total, los estadales y las cintas. Para ello se empleó al personal debidamente calificado para hacer el trabajo. Se hicieron así las actividades relacionadas para obtener las medidas correspondientes, con el propósito de respetar las especificaciones del proyecto y la normatividad en que se basa éste.

Como resultado se logró tanto el alineamiento como la nivelación de la carretera, observado que sus anchos y alturas eran variables, especialmente en curvas y columpios. Los trabajos de nivelación, fueron verificados para tramitar y cobrar las estimaciones respectivas, apegándose a los volúmenes reales que se realizaron en el sitio de construcción.

### 3.2 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

En el proceso de construcción se tuvieron eventualidades, como la presencia de lluvia en exceso, ya que en el municipio de Jiquipilco, el agua es un factor importante que no se había considerado en la planeación de la obra.

Las afectaciones revelaron inmediatamente que el drenaje era muy superficial e insuficiente para darle salida a la cantidad total de agua que caía en esa zona. Básicamente, el líquido fluía y dañaba el material de la carretera, apareciendo zonas inestables y baches.

Para solucionar el lugar de inestabilidad, fue necesario sacar el material que estaba dañado e incorporar material de banco no compactable (piedra) para que trabajara como una capa rompedora de capilaridad. Así, el agua no dañaría la capa de inferior, que es el terraplén donde se apoya la vialidad.

Una vez superado este problema se continuaron los trabajos, incluidos la excavación para estructuras, rellenos, formación de capa por capa para dejar una estructura de pavimento buena y resistente. Para ello, fue necesario tomar en cuenta los resultados de las pruebas de laboratorio, realizadas mediante muestreos aleatorios. Este proceso permitió detectar e eliminarlas zonas inestables, cuidando espesores, porciones de riegos y las cantidades de material tendido.

Más aun, como en la gran mayoría de las obras, en la carretera no había disponibilidad de traslado por parte del Sindicato de Transportistas que se encuentran en Jiquipilco, motivando retrasos de entre 20 y 25 días. El argumento fue que la empresa contratista no estaba cumpliendo con lo acordado en cuanto a la salida y llegada de material, por lo que dejaron de suministrar y sacar el material de la obra.

### 3.3 DOCUMENTACIÓN A ELABORAR

El autor, en su calidad de Residente de Obra, tomó como referencia la normatividad oficial, para dar seguimiento y cumplimiento a lo que las leyes aplicables indican.

Primero fue necesario saber a qué programa pertenecía la obra, es decir, si el recurso autorizado y el asentado en contrato eran federal o estatal o de ambas. Con esa información se puede saber en qué Ley y Reglamento se apoyará, ya sea la *Ley de Obras Públicas y Servicios relacionadas con las mismas*, en caso que se trate de recurso federal, el *Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios relacionadas con las mismas*, el *Reglamento del Libro Décimo Segundo del Código Administrativo del Estado de México* si el recurso es estatal.

En este caso, la obra derivaba de un programa federal por lo que el autor tenía que basarse en la *Ley y en el Reglamento de Obras Públicas y Servicios relacionados con las mismas*, siendo necesario hacer las notificaciones correspondientes mediante oficios de todo el proceso de la obra, a todos los involucrados.

Así se elaboraron los oficios de inicio a través de un formato ya establecido, en el cual aludía a la Directora General, al Director de área, al representante de finanzas y de la Contraloría, informándoles que con cierta fecha se comenzarían a ejecutar los trabajos de la obra. En paralelo se envió copia tanto a la Residencia Regional como a la empresa contratista.

Quien redacta estas líneas elaboró el oficio de inicio, oficio de término y entrega de minutas de campo, que son requeridas en la obra tomando en cuenta las incidencias que se presentaron en la construcción.

Después también fue necesario llevar una bitácora electrónica para asentar cómo se desarrolla el procedimiento constructivo de la obra, que es lo que la empresa

contratista ha hecho, y si hay algún inconveniente en obra. En caso de haber incidencias, se genera un registro y se procede con las modificaciones al contrato, con los volúmenes adicionales si se requieren, con la autorización de conceptos fuera de catálogo y con los ajustes en las estimaciones, tomando como marco normativo la Ley vigente.

Así, en la Bitácora se asentó el inicio de la obra, los trabajos con los que inició el contratista, los periodos de sus actividades, el volumen requerido en algunos conceptos, el asfalto, la emulsión, calhidra y pedraplén y, la entrega de las estimaciones que se tuvieron que hacer, en este caso fueron 13, para el cobro de los trabajos de la obra. De manera similar se asentó la fecha de término de los trabajos.

En general, el proceso fluyó con tranquilidad ya que no hubo mayores incidentes que reportar. En todo momento el municipio de Jiquipilco apoyó en el desarrollo de la obra, y se mantuvo contacto constante con el H. Ayuntamiento y las Delegadas contribuyeron a la culminación exitosa del proyecto. Adicionalmente los habitantes del lugar brindaron oportunamente la autorización para realizarlo.

Con estas ideas en mente, se procede en el siguiente capítulo a la descripción de los trabajos ejecutados, comentando con detalle los aspectos que el lector puede encontrar relevantes en caso de realizar un proyecto similar al presentado.

## CAPÍTULO 4. PROCESO CONSTRUCTIVO Y ADMINISTRATIVO

### 4.1 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS E INCIDENCIAS

La obra dio inicio con trabajos de topografía detallada, que consiste en hacer el levantamiento, sacar los niveles correctos establecidos en el proyecto, medir y obtener los cadenamientos y estaciones a lo largo de la carretera. Una vez terminada, se continuó con los trabajos de corte del ancho de corona de la carretera y excavación para las siguientes estructuras: cunetas, lavaderos y bordillos en puntos específicos (donde más se necesitaba). Las *Figura 2* y *3* muestran las condiciones en que se encontraba la carretera en ese momento.



*Figura 2. Estado de la carretera antes de iniciar la obra, elaboración propia como residente*



*Figura 3. Estado de la carretera antes de iniciar la obra, elaboración propia como residente*

En cuanto el corte referido, se hizo de 1m de profundidad, para dejar la estructura del pavimento que marcaba el proyecto de 20 cm de pedraplén, 30 cm de terraplén, 30 cm de subrasante y 20 cm de base. Con este espesor se minimizaron los problemas con las tuberías de agua potable y drenaje, ya que solo en los tramos 2+460, 3+400, 3+800, 4+780 hubo rupturas del sistema de abastecimiento de agua que de inmediato se repararon. En las *Figuras 4 y 5* se ilustra la situación prevaleciente en el proceso de corte.



*Figura 4. Corte de material y acamellonado del mismo, elaboración propia como residente*



*Figura 5. Corte de material y acamellonado del mismo, elaboración propia como residente*

En cuanto a la excavación para las estructuras controladoras del agua, se cumplió con las dimensiones acordadas entre el autor y la empresa contratista, usando como criterio de construcción a las zonas donde se percibía la necesidad de tenerlas con base en las primeras lluvias registradas en Jiquipilco durante la obra.

Así, se marcó una pendiente de bombeo de 3%, para asegurar el flujo de agua y que no hubiera estancamientos. En las *Figuras 6 y 7* se muestra el acabado de las obras mencionadas.



*Figura 6. Lavaderos y cunetas construidos en la obra para desahogar la carpeta, elaboración propia como residente*



*Figura 7. Lavaderos y cunetas construidos en la obra para desahogar la carpeta, elaboración propia como residente*

Como ya se adelantó en los capítulos anteriores, durante la construcción de las capas de la estructura de pavimento se tuvieron problemas con el Sindicato de Transportistas, que no estaba cumpliendo con el número de viajes correspondiente.

En los trabajos que tenía que hacer la empresa, una vez que se terminó la excavación, se prosiguió con la compactación del terreno hasta el nivel de desplante obtenido y el mejoramiento de las zonas inestables donde así fue requerido.

La motoconformadora empezó con el tendido de material capa por capa. La primera capa de pedraplén fue extendida a la totalidad de la longitud de los trabajos. Aproximadamente al día se tendían 180.0 ml, donde así se requirió. En

las Figuras 8 y 9 se observa el tamaño de las piedras que integran esta capa, conformando la rompedora de capilaridad.



*Figura 8. Capa rompedora de capilaridad, elaboración propia como residente*



*Figura 9. Capa rompedora de capilaridad, elaboración propia como residente*

Este proceso fue repetitivo ya que se trabajaba capa por capa pero a un solo cuerpo, para permitir el paso del flujo vehicular y que este no dañara los trabajos, lo cual hubiera producido volver a hacer los trabajos de cambio de material.

Para el material de terraplén, se utilizó material procedente de banco, con el fin de obtener el nivel de subrasante de proyecto, ampliar la corona, cimentar estructuras, formar bermas y bordos y tender taludes; esta capa se dio en un espesor de 30 cm y fue compactado al 95 % AASHTO. Las *Figuras 10 y 11* muestran esta parte del proceso.



*Figura 10. Terraplén para dar nivel a la carretera, elaboración propia como residente*



*Figura 11. Terraplén para dar nivel a la carretera, elaboración propia como residente*

Para la siguiente capa subbase o subrasante, el espesor fue de 30.0cm con material procedente de banco y un grado de compactación de 95% AASHTO. En este caso, el material que se utilizó fue una especie de greña, mezcla de grava de un bajo tamaño y arenas. En las *Figuras 12 y 13* se observan los materiales empleados en el subrasante.



*Figura 12. Capa subbase estabilizada de la carretera, elaboración propia como residente*



*Figura 13. Capa subbase estabilizada de la carretera, elaboración propia como residente*

En la última capa, el material que procede de bancos es en su mayoría finos para alcanzar un espesor de 20.0cm con un grado de compactación de 100% AASHTO. Las *Figuras 14 y 15* muestran esta evidencia de la etapa del proceso.



*Figura 14. Capa base estabilizada, última capa de terracería de la obra, elaboración propia como residente*



*Figura 15. Capa base estabilizada, última capa de terracería de la obra, elaboración propia como residente*

En cuanto a los trabajos de tendido de la carpeta asfáltica se tuvo un problema al inicio que fue la emulsión, ya que venía con una temperatura menor a  $160^{\circ}\text{C}$ , que es la que marcaba el procedimiento. Entonces, lo que se hizo fue regresar el

camión y que regulará la temperatura para evitar problemas con el proceso constructivo.

Una vez atendido lo anterior, el tendido de la carpeta marcaba un espesor de 7 cm pero se tenía que tender con 8.1 cm. Aproximadamente para que durante la compactación quedará el espesor solicitado. Aquí el autor tuvo un rol protagonista, ya que cuidó en todo momento que se cumpliera con la medida que trae el escantillón.

El tendido de la carpeta era de aproximadamente 270.0 ml. por día, trabajando un cuerpo a la vez, ya que la prioridad como ya se ha insistido era para mantenerla la fluidez del tránsito vehicular.

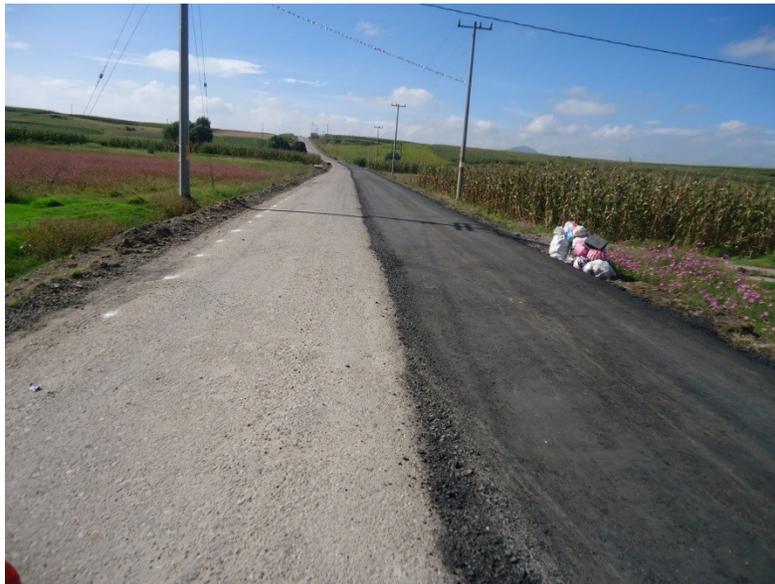
El procedimiento llevado a cabo fue primero con una pipa de agua, para humedecer la capa de base y llegar a la humedad óptima del suelo. Después se tiraba la emulsión 2r-2k a una temperatura de 160°C con una dosificación de 1 a 1.5lts/m<sup>2</sup>.

Una vez terminado este paso, se procedió a colocar las paladas de la misma mezcla asfáltica a lo largo de todo el tramo. Esto, con la finalidad de proteger la superficie; enseguida el procedimiento es tirar emulsión a la misma temperatura pero en una dosificación menor de 0.8 a 1 lts/m<sup>2</sup>, para que sirva de adherente para la mezcla asfáltica. El acabado final se logra con una finisher wirtgen w 250, que tiene un ancho de 3.50 m cubriendo los trabajos de un carril a la vez.

Entonces, se tiraba el asfalto y uno de los trabajadores, como así se le indicó previamente, revisaba con el escantillón el espesor tendido, para asegurarse que

fuera de 8.1 u 8.2. En este ejercicio, el autor enfatizó la importancia de cuidar dicho espesor, porque así lo establecía el procedimiento constructivo.

Se revisaban los espesores y después se compactaba con el vibrocompactador, para darle el espesor final a la carpeta. Asimismo, se pasaba el neumático para que quedará bien nivelado el tendido y en las esquinas donde no alcanzaba a pasar bien fue necesario utilizar un neumático más pequeño. Las *Figuras 16 y 17* ilustran esta parte del proceso.



*Figura 16. Tendido de carpeta asfáltica de 7cm de espesor, elaboración propia como residente*



*Figura 17. Tendido de carpeta asfáltica de 7cm de espesor, elaboración propia como residente*

El último de los trabajos fue la colocación de señalamientos y dispositivos de seguridad. Estos incluían, las marcas en el pavimento que constan de la pintura en línea central y líneas a ambos lados de la carretera en su total longitud. Aquí la empresa contratista tuvo muchos problemas ya que las personas que habían contratado se retrasaron demasiado con los trabajos porque comentaban que no encontraban la dirección de la obra. Por esta razón el atraso fue de 20 días para que pintaran las líneas de la carretera. La *Figuras 18 y 19* muestran el resultado final obtenido.



*Figura 18. Pintura en línea central y a ambos lados de la carretera, elaboración propia como residente*



*Figura 19. Pintura en línea central y a ambos lados de la carretera, elaboración propia como residente*

Para la colocación de dispositivos de seguridad se hizo un barrido para analizar cuantas piezas eran las que se podían pagar con el monto disponible en el

presupuesto restante del proyecto. En ese evento, se podían comprar 10 piezas, que llevaban leyendas de “ALTO”, “VUELTA A LA IZQUIERDA”, “VUELTA A LA DERECHA”, “NO ESTACIONARSE” y “CARRILES DE AMBOS FLUJO VEHICULAR”. Todas respetando la normatividad que marca la SCT en cuanto a dimensiones.

### 3.2. DOCUMENTACIÓN CORRESPONDIENTE

Se generaron varios documentos en la obra. El primero de los apartados especificaba que la Residencia Regional de Toluca realizó un oficio en el cual instruían al autor, encargado de la obra, con el puesto de Residente. Este punto es necesario por normatividad, y para delegar la gestión de los trámites correspondientes.

Se incluyeron también distintos oficios, donde indicaba como día del comienzo de los trabajos el 8 de junio del 2016, correspondiente con la fecha del periodo contractual. También se incluyen los oficios de asignación de superintendente por parte de la empresa contratista, el oficio de asignación de residente por parte de la dependencia y una incidencia que contiene datos como nombre de la obra, número de contrato, periodo de contrato y monto. Estos oficios van dirigidos al

Director de Infraestructura Carretera de la Junta de Caminos Estado de México, al Director de la Contraloría Interna de la Junta de Caminos del Estado de México, al Director de la Unidad de Planeación y Tecnologías de la Información y Comunicación de la Junta de Caminos del Estado de México y por último al Secretario de Infraestructura del Estado de México.

Lo consiguiente es enviar al Director de Infraestructura Carretera de la Junta de Caminos un oficio donde se le solicita gire sus instrucciones al personal que corresponda para que se haga la apertura de la bitácora en tiempo y forma. De igual manera se solicita que tanto al Superintendente, como al Residente, se les brinden las claves de acceso para hacer las notas correspondientes del proceso constructivo de la obra. En la *Figura 20* se muestra una imagen del sitio electrónico donde se lleva la bitácora de la obra.



*Figura 20. Bitácora electrónica, elaboración propia como residente*

Ya en el proceso de la obra, el Residente, iba a supervisar la obra, verificaba los trabajos realizados, volúmenes de catálogo, suministro de material, al personal, tomaba fotos de avances de los trabajos para después hacer una gráfica que nos representaba el grado de avance en porcentajes de cada concepto. Con esto se puede verificar si la empresa contratista iba en tiempo de acuerdo a su programa, como se señala en las Figuras 21 y 22.

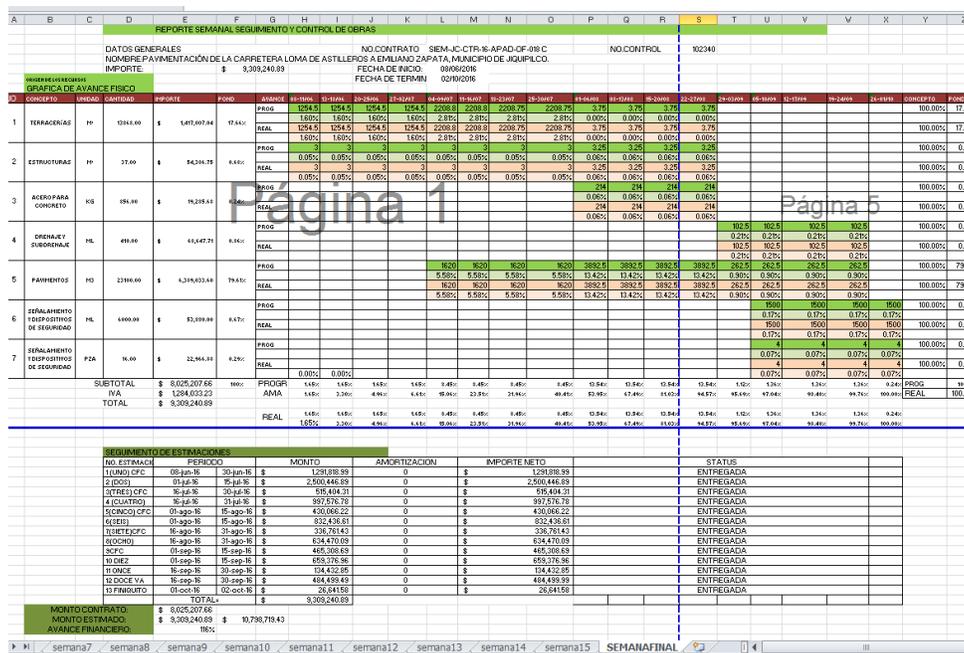


Figura 21. Gráficas para llevar control de obra, elaboración propia como residente

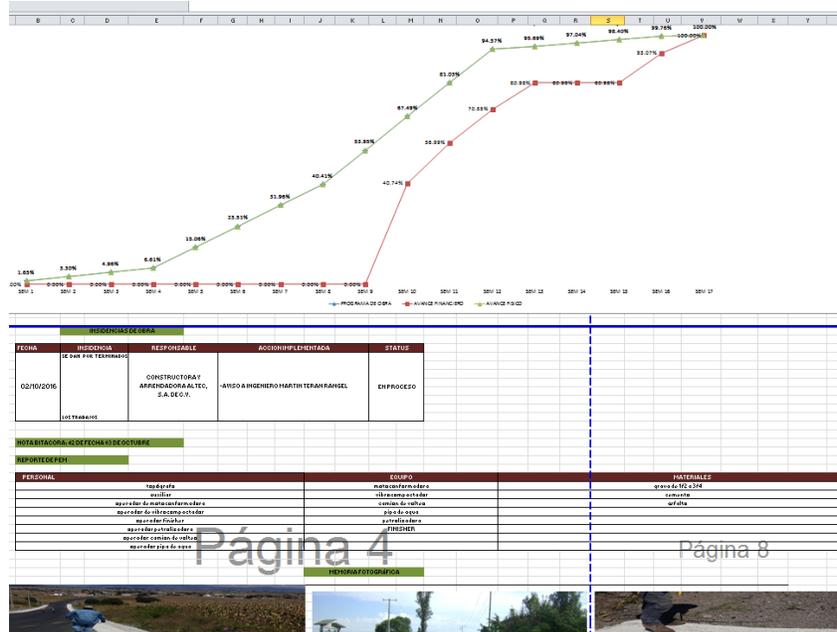


Figura 22. Gráficas para llevar control de obra, elaboración propia como residente

Adicional a ello, se generaron unas fichas técnicas, una ficha en presentación de PowerPoint, un resumen en Word semanal, que contiene información como el avance de obra semanal, fotos actualizadas, tiempos de los trabajos realizados, avance financiero, estimaciones ingresadas, montos, lugar y croquis de localización de obra. Todo, con la finalidad de llevar un control de la obra adecuado, como se demuestra en la siguiente *Figura 23*.

**Obra: PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA LOMA DE ASTILLEROS A EMILIANO ZAPATA, MUNICIPIO DE JIQUIPILCO.**

**Problemática:**

- Persisten las lluvias en el lugar
- ESTIMACIÓN 13 FINIQUITO ENTREGADAS

**Seguimiento y principales pendientes.**

1.- SE TERMINAN LOS TRABAJOS DE LA OBRA

<b>Inversión: 9309240.89 MDP</b>		
<b>Estatral</b>	<b>Federal</b>	<b>Privada</b>
	9309240.89	
	MDP	
<b>Longitud</b>		
6980 m	1500 CAMINO B	
<b>Aforo</b>		
<b>Empresa</b>		
CONSTRUCTORA Y ARRENDADORA ALTEC, S.A DE C.V.		

<b>Avance físico</b>	
Programado	Real
100%	100%
<b>Avance financiero</b>	
Programado	Real
100%	100%
<b>Periodo de ejecución</b>	
08-06-16	
02-10-16	

**Trabajos a realizar**

- .- COLOCACIÓN DE MATERIAL ENCIMA DE LA CARPETA EXISTENTE
- .- ESCARIFICACION DE MATERIAL
- .- DOSIFICACIÓN DE CEMENTO EN UN 5%
- .- TENDIDO DE CARPETA ASFÁLTICA EN UN ESPESOR DE 7 CM

*Figura 23. Gráficas para llevar control de obra, elaboración propia como residente*

Cabe mencionar que de los documentos importantes por la forma que se realiza en el trámite, son las estimaciones.

El autor, en su calidad de Residente revisó volúmenes realizados y los comparó con los volúmenes de proyecto y los del catálogo de conceptos. Los tres tienen que coincidir, y si hay discrepancias rige el que se construyó, aunque en ocasiones se tienen que ampliar los presupuestos para cubrir esos trabajos.

Entonces una vez revisada estas cantidades, la contratista entrega su volumetría y el Residente las compara con las cantidades medidas en campo. Si todo cumple y coincide, las firman directamente para su trámite.

Teóricamente esta es la forma en la que se tienen que revisar las estimaciones, pero hay ocasiones en que los superiores del Residente o los dueños de las empresas, dan instrucciones de pasar rápido las estimaciones para que ellos cobren y se capitalicen. Esto, porque como tienen muchas obras con la Junta, el recurso que van teniendo es el que usan para financiar sus obras, ya que no hay anticipos, y para salir en tiempo con los trabajos, para que al final del año o de la administración, tanto la Junta como la contratista queden en tiempo y forma con los trabajos.

Una vez cumplido con esta requisición y después del análisis, se integran los documentos a través de un formato que utiliza la Junta. Quedando de la siguiente manera:

1. Un *checklist*: documento que indica todos los documentos que contiene la estimación, para que quien los reciba verifique las hojas que se incluyen.

2. Oficio de Residencia: usa un formato establecido para indicar que el Residente Regional y el autor, enviaron una estimación por cierto monto, por cierto periodo y por cierta fecha.

3. Oficio de la Contratista: es una hoja donde la empresa contratista menciona la obra que tiene, el número de contrato, el monto de la estimación y el periodo de duración de los trabajos.

4. Factura: es una hoja que nos menciona el importe de los trabajos realizados y que se van a cobrarán en la estimación.

5. Cuerpo de la estimación: es el formato de la Junta en el cual se mencionan datos como el nombre de la obra, número de contrato, periodo, fecha que la contratista y el Residente entregarán la estimación, importe de la estimación sin IVA, conceptos que se están cobrando en la estimación mencionando volúmenes, importes y sumatoria, oficio de autorización de recursos, oficio de asignación de recurso, firmas de la contratista, del Residente Regional, jefes de departamento, Director de Infraestructura Carretera, Director de Estimaciones y Concursos.

6. Números generadores: es la cantidad de volúmenes a cobrar en la estimación mostrada cuantitativa y gráficamente.

7. Larguillo de obra: es el documento que mediante una gráfica nos muestra la longitud total de la obra, los conceptos y en relación a ambos, permite marcar el avance de cada concepto y el cadenamiento hasta el cual se llevan los trabajos y su sumatoria.

8. Croquis de localización: es la hoja que muestra una imagen vista en planta desde Google Maps, de la localización de los trabajos de la obra.

9. Pruebas de laboratorio: en este documento indica que las muestras del material que se llevan al laboratorio cumplen los rangos especificados, de no ser así, hay que retirar el material y mejorarlo.

10. Secciones topográficas: este documento muestra los cortes en cada cadenamiento y/o estación de la longitud total de la obra

11. Bitácora: es el documento electrónico que sirve para anotar todo lo ocurrido durante la obra y su proceso constructivo.

12. Minutas de campo: a través de este documento se menciona si hay alguna incidencia en la obra que no se especifica en el proyecto o la normatividad o si existe algún conflicto social.

Acto seguido se realizan los oficios de término de los trabajos, los cuales deben enviarse, a más tardar, con la fecha de término del periodo contractual.

Estos oficios se envían a las oficinas centrales para dar aviso a la Directora General, al Director del área de Infraestructura Carretera, al Director de la Contraloría, al Director de Estimaciones y Concursos de Obra y al Residente Regional de la culminación de las labores. Se hacen en una hoja membretada de la empresa contratista, donde se informan que han terminado los trabajos, junto con una hoja membretada de la Residencia Regional para informar igualmente el

término, y datos propios de la obra, como nombre, tipo y número de contrato y plazo de obra.

Acto seguido lo que procede es revisar los trabajos ejecutados y terminados.

Por normatividad, en este caso se usa la *Ley de Obras Públicas y Servicios relacionados con los mismos*. Esta indica que a partir de que se dan por terminados los trabajos, el Residente de Obra tiene un plazo de máximo 15 días para la revisión, verifica que todo terminó bien hecho. En caso contrario, si existen deficiencias o algo que no esté bien, habrá que hacérselo saber a la contratista y acordar con ella un tiempo determinado para que los corrija. Una vez cumplido esto, se genera una minuta de campo donde se aclaren los trabajos que tenían que ser corregidos.

Una vez teniendo esta información y documentación, se dispone a programar el acta entrega recepción, 10 días hábiles a partir de los 15 días que se tuvieron para revisar los trabajos. Esta acta contiene los datos propios de la obra, los volúmenes e importes de las estimaciones tramitadas, y las firmas del Residencia Regional, del Residente de Obra, del Contratista y del H. Ayuntamiento (que es a quien se le entrega la obra). Esta acta tiene que enviarse a las oficinas centrales de la Junta de Caminos para hacerlo de su conocimiento.

El último de los trámites son las Actas de Finiquito y Extinción de derechos y obligaciones.

Son documentos donde la residencia y la contratista informan de todo lo realizado en la obra, estimaciones, oficios y tiempos. Esta información se analiza y si existe

un saldo en importe a favor o en contra para la contratista, se hace la respectiva devolución o pago para dejar en \$0 el contrato.

Habiendo descrito el proceso constructivo de la carretera, en el siguiente apartado se presentan las lecciones aprendidas por el autor durante el desarrollo del proyecto de construcción.

## CAPÍTULO 4. APRENDIZAJE

### 4.1 ASPECTOS PRÁCTICOS

Una obra se lleva a cabo con base en una normatividad establecida en una Ley y/o Reglamento dependiendo el tipo como se ha mencionado y tomando como referencia un proyecto ejecutivo.

En cuanto al trabajo de campo, lo que aprendí es la forma en la que se da el procedimiento constructivo. En carreteras, lo que hacíamos era revisar los planos de la obra para saber las dimensiones que tenían las carreteras, respetar los anchos mínimos de calzada, los anchos de acotamientos en caso de las carreteras, las guarniciones y las banquetas. En esencia, que todo coincida tanto en campo como en proyecto, ya que este es el que manda para realizar los trabajos.

A partir de conocer estos datos, fue interesante hacer los cortes con la dimensión que corresponde y saber la cantidad de capas que se va a utilizar. Lo que yo hacía para verificar la cantidad de material, era obtener las dimensiones de donde se iba

a tender, largo, ancho y espesor, y si coincidía con lo que traían los camiones contando el factor de abundamiento, autorizaba el volumen requisitado para posteriormente cobrarlo.

Una vez que estuviera tendido el material, verificaba con un flexómetro el espesor para ver si este cumplía con el del proyecto y así evitar tener problemas con el laboratorio.

Además hay que revisar que el material de banco para la construcción de las diferentes capas sea el adecuado, el que se había solicitado al banco de materiales desde un inicio ya que en ocasiones, como me ocurrió a mí, nos estaban mandando un material demasiado gravoso para el material de base. Este no cumplía con las especificaciones del proyecto y hubiera provocado ondulaciones.

Después de esto, me agradó realizar la verificación de la dosificación del riego de impregnación. Así, tuve que revisar que ésta cumpliera con la cantidad requerida por metro cuadrado que indicaba el proyecto, que es de 1lts/m<sup>2</sup> a 1.5lts/m<sup>2</sup>. Lo que hice fue que calcular la cantidad de litros de emulsión que trae la petrolizadora y los metros cuadrados que abarcaba.

En este caso, la obra tenía 24,000m<sup>2</sup> de superficie y una petrolizadora cubría 6,666.67m<sup>2</sup> entonces dio un total de 3.59 petrolizadoras, 4 para abarcar el suministro de emulsión para toda la obra en la dosificación correcta.

Una vez terminada esta acción, siguió el tendido de una pequeña capa de arena de poreo de 2cm para cubrir y dar protección a la estructura de pavimento hasta

que se tendiera como tal la capa de asfalto. En este caso y lo que comúnmente se hace, es tirar una capa de la propia mezcla asfáltica en el mismo espesor de 2cm para cubrir. A este procedimiento se le llama manto; este trabajo es mejor por que hacemos que la capa de asfalto y la capa de abajo que igualmente es asfalto en menor cantidad hagan una mezcla homogénea monolítica.

Los trabajos que continuaron fue el tendido de la capa de asfalto. Teníamos un espesor de 7cm de espesor de proyecto. Como ya quedó documentado en el capítulo previo, me involucré de forma importante en este proceso para garantizar el espesor.

El trabajo del tendido de la carpeta, así como las demás capas, las manejamos por cuerpos, es decir, trabajábamos un carril, lo terminábamos y continuábamos con el siguiente en tramos de longitud de aproximadamente 280.0 ml. Y se trabajó así para detener lo menos posible el tránsito vehicular el cual es abundante. Todo esto se llevó a cabo con las normas de señalización correspondientes para dar seguridad a los trabajadores y a las personas que pasaban por la carretera.

Los trabajos de pintura se hicieron en 5 días y en ese mismo lapso se colocó la señalización correspondiente conforme a la normatividad. En las siguientes *Figuras 24, 25 y 26* se ilustra el término de la obra.



*Figura 24. Término de la obra, elaboración propia como residente*



*Figura 25. Término de la obra, elaboración propia como residente*



*Figura 26. Término de la obra, elaboración propia como residente*

Al final quedé muy satisfecho con el resultado, pues comprendí todo el trabajo en equipo que existe detrás de una carretera. A partir de entonces, cuando circularé en alguna de las vialidades de México, estoy consciente del esfuerzo empleado por los ingenieros civiles, que como yo, han tenido la oportunidad de aportar un granito de arena en el desarrollo del país. Las siguientes *Figuras* son evidencia de la obra concluida.



*Figura 27. Término de la obra elaboración propia como residente*



*Figura 28. Término de la obra, elaboración propia como residente*

#### 4.1 ASPECTOS TEÓRICOS

En cuanto a los aspectos teóricos, lo que he aprendido en el tiempo que he estado trabajando en la Junta de Caminos y que lo he aplicado en esta obra, así como las demás en las que he sido Residente de Obra, es:

Primero observar la normatividad aplicable, teniendo la información de dónde proviene el recurso para hacer las obras. Es posible definir en qué Ley y/o Reglamento nos vamos a basar para la tramitología y ejecución de la obra.

He aprendido qué hacer en muchos casos que se presentan accidentes en obra, o atrasos u obras inducidas, porque es algo que nos da la Ley. Indicarnos qué hacerlo y cómo hacer cuando tengamos un problema en obra. De hecho, también menciona como actuar si nos equivocamos y como corregirlo. Así, procedo al establecimiento de las conclusiones del trabajo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los objetivos establecidos al inicio de este documento, se ha llegado a las siguientes conclusiones generales:

- Se cumplió el objetivo principal, es decir, documentar la manera en que se resolvieron los problemas y contratiempos que surgieron durante el desarrollo de las obras presentadas, poniendo especial énfasis en las soluciones que el autor propuso para agilizarla. Dichas soluciones se dividieron en dos tipos: técnicas y administrativas.
- Se puntualizó la importancia de seguir rigurosamente las especificaciones de diseño, normas, indicaciones, planos y reglamentos de cada área del proyecto. Aquí es importante justificar plenamente las causas de cambios en los diseños, o la alteración de especificaciones; para evitar observaciones por parte del Órgano Superior de Fiscalización del Estado de México (OSFEM) y la Contraloría Interna del Estado
- También es relevante resaltar que es fundamental hacer los estudios preliminares pertinentes, antes de dar inicio con el diseño, y por supuesto con la construcción (estudios de mecánica de suelos, hidrológicos, climatológicos, topográficos, y edafológicos, por mencionar algunos). Lo anterior es vital, ya que los resultados de esos estudios proveen los parámetros para el diseño, y el proceso constructivo.

- El conocer y aplicar las herramientas con las que se cuenta para administrar adecuadamente un proyecto, ya sean empíricas o teóricas, es también un aspecto que no se debe descuidar. No sólo eso, es necesario darles seguimiento a las técnicas, para lograr los resultados esperados después de su uso.
- La necesidad de llevar al corriente la bitácora de obra y asentar en ella todos los movimientos como: visitas, supervisiones, circunstancias, y avances, puede llegar a ser fundamental cuando se requiere aclarar algún aspecto.

Con base en estas conclusiones, se recomienda:

- Conocer plenamente el lugar donde se edificará la obra en cuanto a sus características físicas, e históricas. También es recomendable atender a las sugerencias de la población, y tomarlas en cuenta durante las etapas de estudios preliminares y especificaciones de diseño, para mejorar la solución propuesta con base en la información recolectada.
- Identificar los requerimientos y necesidades de la obra durante la fase de inicio. Así, hay que realizar los estudios de gabinete correspondientes para prevenir las situaciones adversas que se pudieran presentar durante la ejecución del proyecto (cotizaciones, análisis de materiales, proveedores, cuantificación de insumos, maquinaria, personal, y sueldos).
- Concientizar a los involucrados en el proyecto, que la responsabilidad de las decisiones que se tomen en la obra recaerán en el residente, por lo que éstas se deben meditar minuciosamente. No sólo eso, si se cuenta con el tiempo para organizar reuniones con todos los integrantes del equipo de trabajo, para acordar

una solución en grupo, se debe promover la participación de todos los integrantes en la toma de decisiones, pues cada uno de ellos tiene conocimientos en diferentes especialidades, lo que contribuye a mejorar las elecciones hechas.

- Usar adecuadamente la bitácora de obra, y siempre mantenerla al corriente con las notas correspondientes, para registrar todo tipo de cambios. Esto resulta una herramienta de utilidad para la justificación de cambios en los diseños o para justificar el por qué se dejó de cumplir alguna norma o especificación.

De esta forma, se espera que el presente documento sea de utilidad e interés para los lectores y fomente una cultura de planeación y seguimiento en los proyectos de ingeniería civil en los que les toque coordinar las actividades, o simplemente participar. Se cree firmemente que las lecciones aprendidas reportadas aquí, pueden ser el punto de partida para que las prácticas en la entidad se mejoren, en materia de la gestión de proyectos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Google Maps (2017). Municipio de Jiquipilco. Recuperado de <https://www.google.com.mx/maps/place/Jiquipilco,+Estado+de+M%C3%A9xico/@19.5560941,-99.6160854,15z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x85d26c4949120c99:0x2e685a96a297da92!8m2!3d19.5573493!4d-99.6067531>
2. Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (2000, 4 enero). México: Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión. Última Reforma DOF 13-01-2016. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/56\\_130116.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/56_130116.pdf)
3. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras (2013, 20 diciembre). México: Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Recuperado de <http://www.sct.gob.mx/normatecaNew/manual-de-proyecto-geometrico-de-carreteras/>
4. Municipio de Jiquipilco (2017). México: Gobierno Municipal de Jiquipilco. Recuperado de <http://www.jiquipilco.gob.mx/municipio.html>

5. Normativa para la Infraestructura del Transporte-SCT. México: Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Recuperado de <http://normas.imt.mx/>
  
6. Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (2010, 28 julio). México: Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión. Recuperado de [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/118472/REGLAMENTO\\_DE\\_LA\\_LOPSRM.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/118472/REGLAMENTO_DE_LA_LOPSRM.pdf)
  
7. Reglamento del Libro Décimo Segundo del Código Administrativo del Estado de México (2003, 15 diciembre). México: Gobierno del Estado de México. Recuperado de <http://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/rgl/vig/rglvig104.pdf>