



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO
EN INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA
AUTOPISTA MÉXICO-TUXPAN
ENTRONQUE TEJOCOTAL-NUEVO NECAXA”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL - CONSTRUCCIÓN

P R E S E N T A

ALEJANDRO PÉREZ MENDOZA



DIRIGIDA POR: ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO

MÉXICO, D.F.,

NOVIEMBRE 2006



JURADO ASIGNADO:

Presidente: M. en I. Fernando Favela Lozoya

Secretario: Dr. Hugo Jesús Meza Puesto

Vocal: Ing. Carlos Manuel Chavarri Maldonado

1er. Suplente: M. en I. Octavio García Domínguez

2do. Suplente: M. en C. Esteban Figueroa Palacios

Lugar donde se realizó la tesis:

Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.

TUTOR DE TESIS:

ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO





AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por todas las cosas buenas que me ha dado y por haberme permitido llegar hasta el día de hoy para cumplir con esta meta personal.

A mi Mamá y mi Hermano, quienes son las dos personas más importantes en mi vida, y a quienes con profundo cariño les dedico esta tesis por su apoyo incondicional para cumplir mis metas enseñándome a seguir adelante aún en momentos difíciles.

A mis Abuelos ya que con su ejemplo y consejos me ayudaron a ser lo que ahora soy; y a quienes dedico en su memoria esta tesis.

A mis familiares y amigos, quienes a lo largo de mi vida me han apoyado moralmente para cumplir mis metas.

A la Universidad Nacional Autónoma de México en especial a mi querida Facultad de Ingeniería a quien espero honrar por siempre.

Al Ing. Carlos M. Chavarri a quien no solo considero un gran profesor si no también estimo y debo gran parte de lo que ahora soy.



*A los sinodales de esta tesis, el M. en I. Fernando Favela,
El Dr. Hugo Meza, el M. en I. Octavio García y el
M. en C. Esteban Figueroa, a quienes agradezco
haber participado en mi educación.*

*A mis demás profesores quienes contribuyeron con sus conocimientos
a mi aprendizaje y que han sido un gran ejemplo para mi.*

*A los Ingenieros Jorge de la Madrid,
Oscar Alonso y Jorge Colonia, por
su apoyo en la realización de esta tesis.*

***A DIOS Y A TODOS USTEDES
ESPERO
NO DEFRAUDARLOS
NUNCA!***



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA AUTOPISTA MÉXICO-TUXPAN, ENTRONQUES: TEJOCOTAL NUEVO NECAXA

ÍNDICE

	Pag.
INTRODUCCIÓN	I
I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO	1
I. 1. NATURALEZA DEL PROYECTO.....	1
I. 2. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	8
I. 3. INGENIERÍA DEL TRAMO	9
I. 4. BANCOS DE MATERIALES	10
1. 4. 1. BANCOS DE DESPERDICIO	11
1. 4. 2. BANCOS DE PRESTAMO	20
I. 5. ASPECTOS FINANCIEROS Y DE CONTRATO	27
II. PLANEACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN	33
II. 1. PROGRAMA GENERAL DE LA OBRA	33
II. 2. COSTO ESTIMADO DE PROYECTO	45
II. 3. MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO	52
II. 4. ORGANIZACIÓN DE LA OBRA	58
II. 5. SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	60
III. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN	67
III. 1. CONSTRUCCIÓN DE TERRACERÍAS	69
III. 2. PROBLEMAS GEOTÉCNICOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	79
III. 2. 1. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES	79



III . 2 . 2 .	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS BLANDOS MEDIANTE LA INCRUSTACIÓN DE PIEDRA Y GEOTEXILES SEPARADORES	86
III . 2 . 3 .	INESTABILIDAD DE LOS MATERIALES ARCILLOSOS "SENSIBLES" DURANTE SU TRASLADO Y VERTIDO A LOS BANCOS DE DESPERDICIO	91
III . 3 .	CONSTRUCCIÓN DE SUB-BASES Y BASES	92
III . 4 .	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS	96
III . 5 .	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DRENAJE	102
III . 5 . 1 .	OBRAS DE DRENAJE MAYOR	103
III . 5 . 2 .	OBRAS DE DRENAJE MENOR	111
III . 5 . 2 . 1 .	CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES	114
III . 5 . 2 . 2 .	CONSTRUCCIÓN DE DRENES TRANSVERSALES DE PENETRACIÓN	116
III . 5 . 2 . 3 .	MICRODRENES EN CORTES ESTABILIZADOS CON CONCRETO LANZADO	118
III . 5 . 2 . 4 .	CONSTRUCCIÓN DE LAVADEROS DE CONCRETO HIDRÁULICO	118
IV .	COMENTARIOS Y CONCLUSIONES	120



LISTA DE IMÁGENES

	Pag.
<i>Imagen 1.- Localización del proyecto</i>	<i>1</i>
<i>Imagen 2.- Sección hueca del Puente Texcapa</i>	<i>3</i>
<i>Imagen 3.- Sección hueca de las dovelas del Puente Huayatlaxco</i>	<i>5</i>
<i>Imagen 4.- Geometría del proyecto</i>	<i>6</i>
<i>Imagen 5.- Valores de precipitación media anual</i>	<i>7</i>
<i>Imagen 6.- Valores de temperatura promedio mensual</i>	<i>7</i>
<i>Imagen 7.- Localización en planta de algunos de los bancos de tiro</i>	<i>17</i>
<i>Imagen 8.- Organizaciones relacionadas al proyecto</i>	<i>27</i>
<i>Imagen 9.- Proceso general de la obra</i>	<i>43</i>
<i>Imagen 10.- Proceso de ejecución de la obra para los accesos y obras complementarias</i>	<i>44</i>
<i>Imagen 11.- Sección tipo en terraplenes</i>	<i>67</i>
<i>Imagen 12.- Sección tipo en balcón</i>	<i>68</i>
<i>Imagen 13.- Sección tipo en corte</i>	<i>68</i>
<i>Imagen 14.- Cantidades de corte en los frentes 1, 2, 3 del tramo de 3.1 km</i>	<i>73</i>
<i>Imagen 15.- Cantidades de corte y terraplén en el frente 4 del tramo de 6 km</i>	<i>74</i>
<i>Imagen 16.- Cantidades de corte y terraplén en el frente 5 del tramo de 6 km</i>	<i>74</i>
<i>Imagen 17.- Cantidades de corte y terraplén en el frente 6 del tramo de 6 km</i>	<i>75</i>
<i>Imagen 18.- Bóvedas de drenaje</i>	<i>103</i>
<i>Imagen 19.- Sección geométrica de una bóveda de drenaje</i>	<i>104</i>
<i>Imagen 20.- Representación de las bóvedas</i>	<i>104</i>
<i>Imagen 21.- Procedimiento de compactación alrededor de las bóvedas</i>	<i>105</i>



LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pag.
Fotografía 1.- Pasos Inferiores vehiculares (PIVs)	2
Fotografía 2.- Puente Texcapa	3
Fotografía 3.- Puente Tejocotal	4
Fotografía 4.- Puente Huayatlxco	5
Fotografía 5.- Banco de tiro	18
Fotografía 6.- Revestimiento de los taludes de los bancos de tiro	19
Fotografía 7.- Condición final de los bancos de tiro	19
Fotografía 8.- Explotación de un banco de préstamo	26
Fotografía 9.- Proceso de excavación	38
Fotografía 10.- Construcción de bóvedas	38
Fotografía 11.- Excavación para la formación de terraplenes	39
Fotografía 12.- Compactación de la capa de base	40
Fotografía 13.- Colocación de la carpeta asfáltica	41
Fotografía 14.- Obras complementarias (cunetas)	41
Fotografía 15.- Límites del derecho de vía	42
Fotografía 16.- Equipo utilizado (Cargador frontal)	54
Fotografía 17.- Equipo utilizado (Motoconformadora)	54
Fotografía 18.- Equipo utilizado (Pipas con agua)	55
Fotografía 19.- Equipo utilizado (Rodillo pata de cabra)	55
Fotografía 20.- Equipo utilizado (Hoyas revolvedoras)	56
Fotografía 21.- Equipo utilizado (Camión de carga y Grúa)	56
Fotografía 22.- Equipo utilizado (Tractor D8R)	57
Fotografía 23.- Equipo utilizado (Tractor D6R)	57
Fotografía 24.- Equipo utilizado (Retroexcavadora)	58
Fotografía 25.- Concreto lanzado en la zona de los PIVs	64
Fotografía 26.- Vivero forestal (Plantación de pies de sepa)	65
Fotografía 27.- Vivero forestal (Cuidado de árboles de reforestación)	66
Fotografía 28.- Formación de terraplenes	70
Fotografía 29.- Obras de drenaje en terraplenes	71
Fotografía 30.- Cuerpo de terraplenes	71
Fotografía 31.- Proceso de corte en los frentes de trabajo	75
Fotografía 32.- Proceso de corte terminado en los frentes de trabajo	76
Fotografía 33.- Proceso de formación de terraplenes	77
Fotografía 34.- Escalones de liga en terraplenes	78
Fotografía 35.- Geomalla biodegradable	81



Fotografía 36.-	Colocación de pasto en taludes	81
Fotografía 37.-	Revestimiento de taludes con pasto	82
Fotografía 38.-	Concreto lanzado en la zona de los PIVs	83
Fotografía 39.-	Colocación de muros gavión	84
Fotografía 40.-	Vista trasera de los muros gavión	85
Fotografía 41.-	Muros Alcancía de concreto armado	86
Fotografía 42.-	Presencia de colchoneo	87
Fotografía 43.-	Utilización de geotextil separador	88
Fotografía 44.-	Proceso de encapsulado con el geotextil	88
Fotografía 45.-	Encapsulado de tezontle	89
Fotografía 46.-	Compactación de pedrapelenes	90
Fotografía 47.-	Pedraplenes de sustentación en las bóvedas	90
Fotografía 48.-	Corte de material de desperdicio	91
Fotografía 49.-	Retención de material en los bancos de desperdicio	92
Fotografía 50.-	Formación de capa de base hidráulica	94
Fotografía 51.-	Proceso de trituración de material	95
Fotografía 52.-	Almacenamiento de material triturado	96
Fotografía 53.-	Planta portátil para concreto asfáltico	100
Fotografía 54.-	Patios de almacenamiento de material para asfalto	101
Fotografía 55.-	Transporte del concreto asfáltico	101
Fotografía 56.-	Colocación de carpeta asfáltica	102
Fotografía 57.-	Cimbra metálica para bóvedas	106
Fotografía 58.-	Desviación del cauce de ríos	107
Fotografía 59.-	Colocación del material con bandeo	108
Fotografía 60.-	Colocación de acero de refuerzo en bóvedas	109
Fotografía 61.-	Construcción de muros en bóvedas	109
Fotografía 62.-	Colado de bóvedas	110
Fotografía 63.-	Desplante de las obras de drenaje menor	112
Fotografía 64.-	Hoyas revolvedoras para transportar concreto	113
Fotografía 65.-	Colado de las obras de drenaje menor	114
Fotografía 66.-	Tubos de albañal perforados para subdrenes	115
Fotografía 67.-	Construcción de subdrenes	116
Fotografía 68.-	Perforaciones para los drenes transversales de penetración	117
Fotografía 69.-	Drenes transversales de penetración	118
Fotografía 70.-	Lavaderos de concreto hidráulico	119



LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1.- Comparativa entre la Carretera Federal y la Autopista México-Tuxpan	8
Tabla 2.- Bancos de tiro del proyecto	12
Tabla 3.- Características de los bancos de tiro del proyecto	13
Tabla 4.- Características de los nuevos bancos de tiro	16
Tabla 5.- Características del Banco Tejamaniles	20
Tabla 6.- Características del Banco Los Reyes	21
Tabla 7.- Características del Banco La Mina	21
Tabla 8.- Características del Banco CMLyFC	22
Tabla 9.- Características del Banco Ahuacatlan ó Garrido	23
Tabla 10.- Características del Banco La Mina	23
Tabla 11.- Características del Banco Zempoala II	24
Tabla 12.- Características del Banco Texcapa ó el Sifón (primer tramo)	24
Tabla 13.- Características del Banco Texcapa ó el Sifón (segundo tramo)	25
Tabla 14.- Características del Banco Ahuacatlán	26
Tabla 15.- Montos totales	31
Tabla 16.- Programa de personal	36
Tabla 17.- Precios unitarios para conceptos de obra para desmonte	45
Tabla 18.- Precios unitarios de conceptos de obra para despalmes	46
Tabla 19.- Tarifas propuestas	46
Tabla 20.- Salarios de los trabajadores	47
Tabla 21.- Costo de materiales	50
Tabla 22.- Costo Indirecto	51
Tabla 23.- Resumen del factor del Costo Indirecto	52
Tabla 24.- Equipo y maquinaria utilizada	53
Tabla 25.- Características del material de base hidráulica	94
Tabla 26.- Características de perfil y alineamiento en la carpeta de pavimento	99



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA





RESUMEN

El contenido de este trabajo de investigación consiste en dar a conocer primeramente las características y ubicación de este proyecto que es la construcción de la Autopista México-Tuxpan en su entronque Tejotocal-Nuevo Necaxa, posteriormente se plantea la planeación de los trabajos de construcción tomando en cuenta el tiempo, costo y las restricciones que se tienen, además se describe el procedimiento constructivo a nivel general que se llevo a cabo para la realización de esta Autopista debido a tres problemas principales que se presentaron durante su construcción, así también se dan a conocer las soluciones constructivas que se han utilizado para resolver estos tres principales problemas, los cuales son:

En primer lugar se tiene la inestabilidad de taludes que se ha resuelto utilizando diferentes técnicas por ejemplo el revestimiento de taludes con pasto en terraplenes, la utilización de hidrosiembra en cortes y terraplenes, la colocación de concreto lanzado en zonas críticas (la zona de los PIVs) y finalmente la utilización de muros gavión y muros alcancía de mampostería o concreto en zonas de posibles derrumbes.

Otro de los problemas principales es la inestabilidad de suelos blandos, se ha resuelto utilizando una técnica a base de la incrustación de piedra y de geotextiles separadores, la cual consiste en hacer un encapsulado de tezontle dentro del geotextil (comúnmente llamado "en tamal") para romper la capilaridad en el suelo y posteriormente colocar sobre este encapsulado las capas subsecuentes para formar la superficie de rodamiento.

Finalmente la inestabilidad de los materiales arcillosos "sensibles" durante su traslado y vertido a los bancos de desperdicio, ha implicado un gran sobre costo para este proyecto pero se ha resuelto haciendo una mezcla de estos materiales con cal, en una proporción cercana al 8 %, la cual se mezcla con el material una vez que este es depositado en el banco de tiro.

Cabe mencionar que estos problemas no solo se han presentado en este proyecto, si no que son recurrentes en otros proyectos de infraestructura carretera de nuestro país, por consiguiente las técnicas que se plantean en este trabajo de investigación pueden aplicarse a otros proyectos con características similares.



INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 20 años, la construcción de una vía rápida que conecte a la Capital del País con el Puerto de Tuxpan, en el Estado de Veracruz, se ha convertido en una prioridad de comunicación de la sociedad, y de una necesidad de transporte y comercialización de los sectores productivos del norte veracruzano, como también del oeste de Hidalgo, norte de Puebla y sur de Tamaulipas,

Fue por ello que en 1993 el Gobierno Federal y Banco Nacional de México, (BANAMEX), decidieron llevar a cabo, el proyecto para la construcción de la Autopista México-Tuxpan, mediante un esquema Fiduciario-Concesionario. Este esquema, otorga la concesión a una institución fiduciaria, y el fideicomiso se encarga de explotar la autopista concesionada y obtener el financiamiento para su construcción.

Es pertinente apuntar que la construcción de la Autopista México-Tuxpan, es por sus implicaciones, más que una obra de infraestructura carretera, un verdadero instrumento de progreso y de transformación local y regional social para el país. Esto debido a la gran importancia que tiene el Puerto de Tuxpan con respecto al comercio internacional.

Este proyecto una vez licitado fue otorgado para su construcción a la constructora ICA (Ingenieros Civiles Asociados), con un contrato que tiene por objeto la construcción de tres cadenamientos para completar el tramo Tejocotal – Nuevo Necaxa, el cual es parte integrante de la Autopista México–Tuxpan, estos tres cadenamientos integran un total de 17.1 Kms. Cabe mencionar que dichos trabajos se ejecutarán en un plazo de 19 meses, para el Fideicomiso Autopistas y Puentes del Golfo Centro (FAPGC).

En el año de 2003 ICA recibió la asignación para la construcción del primer cadenamiento ó tramo con una longitud aproximada de 3.1 km, por un monto de \$314.7 millones, posteriormente, en el año 2004 ICA obtuvo un nuevo tramo con una longitud aproximada de 6.0 km, por un monto aproximado de \$445.6 millones; y finalmente en el año de 2005 obtuvo el contrato del último tramo con una longitud de 8 kms, por un monto de \$634.8 millones aproximadamente.



Con la contratación de este tramo de 17.1 kms, ICA estará trabajando en una longitud desde el Entronque Tejocotal hasta el Entronque Nuevo Necaxa. Con la ejecución total de este tramo, se habrá construido y modernizado el 75% de los 264 km. de la autopista México–Tuxpan.

Esta carretera de alta tecnología se convertirá más adelante en la Autopista México-Tuxpan-Tampico, hasta conectarse con la frontera del país, además de que servirá para tender un puente de comunicación entre el Océano Pacífico y el centro del país con el Golfo de México, por otra parte se tiene calculado que tendrá una longitud de 295 kilómetros y representa una inversión de 8 mil millones de pesos.

La construcción de la autopista México-Tuxpan estará terminada en los principales tramos a mediados de 2006 y en su totalidad para 2008, lo que convertirá al puerto de Tuxpan en una fuerte opción para la importación y exportación de mercancías.

Es por esto, que aún cuando la terminación total del proyecto se estima para 2008, pues quedará pendiente un tramo de 40 kilómetros, la carretera podrá usarse, proporcionando una disminución de tiempo para hacer un recorrido de tan sólo dos horas entre Tuxpan y la ciudad de México, con entrada por la zona industrial de Ecatepec.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

I. 1. NATURALEZA DEL PROYECTO.

El proyecto “Autopista México-Tuxpan, tramo Tejocotal Nuevo Necaxa” consiste en una Autopista de altas especificaciones que une a las poblaciones de la Ciudad de México y la de Tuxpan en el Estado de Veracruz, sin embargo esta tesis hace referencia solamente al tramo que se encuentra localizado entre los estados de *Hidalgo* y *Puebla*, en una zona topográficamente accidentada con importantes depresiones y terrenos blandos difíciles de utilizar.

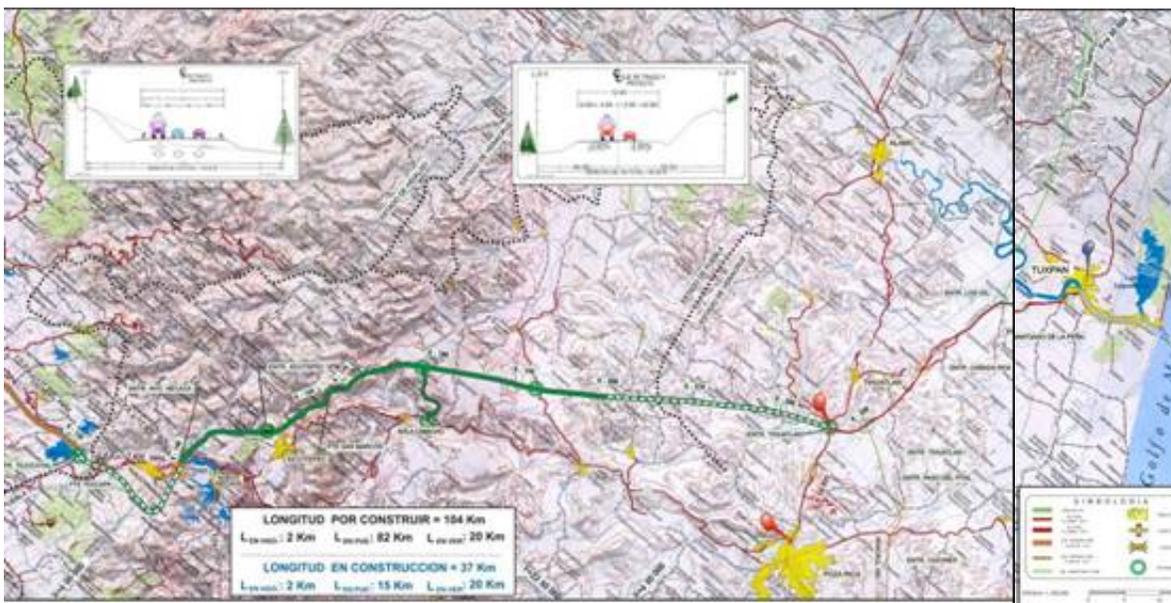


Imagen 1: Localización del proyecto

Las características relevantes del proyecto autorizado por la SCT y de su ejecución son las siguientes:

- Tiene una longitud aproximada de 17.1 kilómetros y consta de tres tramos, el primero de 3.1 km, el segundo de 6 km y el tercero de 8 km.
- Consta de 2 carriles de 3.50 metros de ancho y acotamiento de 2.50 metros y de 1.00 metro.
- Dispondrá de 12 cruces para vehículos y personas (PIVs).



Fotografía 1: Pasos Inferiores vehiculares (PIVs)

- Se excavarán en cortes 7 millones de m^3 , de los cuales se desperdiciarán 6 millones de m^3 , debido a la mala calidad del material excavado.
- Será necesario obtener 3.0 millones de m^3 de bancos de materiales de préstamo.
- Los 14 sitios en donde se depositarán los materiales que deberán desperdiciarse, se encuentran alejados con accesos complicados.
- Se trasladarán materiales por vías de comunicación angostas con un importante tránsito vehicular.
- Será necesaria la construcción de cimentaciones especiales para los terraplenes y las obras de drenaje a base de roca fragmentada.
- Se requiere de la construcción de 5 puentes, 3 de los cuales tienen características especiales, con procedimientos constructivos complejos y lentos, que requerirán cimbras especiales.
- El principal de estos puentes especiales es el Texcapa, tiene las siguientes características: una longitud de 365 metros y 19 metros de ancho. Está apoyado en 2 estribos y 2 pilas de distinta altura, una de las pilas es de 85 metros y la otra de 107 metros con una superestructura denominada doble voladizo, a base de dovelas.



- Para la construcción de su cimentación (zapatas) fue necesaria la excavación de $85,000 \text{ m}^3$
- Se necesitó estabilizar las paredes de los taludes en la zona cercana a las pilas utilizando 855 m^3 de concreto lanzado y anclas de fijación.
- La construcción de las pilas fue a base de cimbra trepadora, colándose en secciones de 3.4 metros.
- Los claros entre los estribos y las pilas son de 97 metros, mientras que el claro intermedio (entre las 2 pilas) es de 171 metros.
- Las dovelas son de sección hueca y lleva la costilla por la parte superior de la rasante.



Imagen 2: Sección hueca del Puente Texcapa



Fotografía 2: Puente Texcapa



- El segundo puente en importancia es el Puente Tejocotal, el cual tiene las siguientes características: consta de una cimentación a base de pilotes, tiene 4 claros de 50 metros de largo cada uno.
 - El montaje de las secciones intermedias se hará con grúa mientras que las 2 otras secciones se colocarán transversalmente.



Fotografía 3: Puente Tejocotal.

- El tercero de los puentes especiales es el Puente Huayatlaxco, el cual tiene una longitud total de 193 metros de longitud y 19 metros de ancho; y esta apoyado en 2 estribos y 2 pilas de distinta altura, y también presenta una superestructura de doble voladizo a base de dovelas, pero en este caso son de sección variable, es decir que van aumentando de sección en cuanto se van acercando a las pilas (*Imagen 3*), sin embargo este puente presenta la costilla por debajo de la rasante, como se puede observar en la (*Fotografía 4*).
 - La altura de la primera es de 36 metros y de la segunda es de 40 metros.
 - Los claros entre los estribos y las pilas son de 49 metros, mientras que el claro intermedio (entre las 2 pilas) es de 95 metros.



Imagen 3: Sección hueca de las dovelas del Puente Huayatlaxco.



Fotografía 4: Puente Huayatlaxco

Geometría del proyecto

El proyecto tiene una geometría en planta como la que se muestra en la siguiente imagen, en donde aparece, su localización con respecto a la carretera federal y con respecto a las poblaciones más importantes cercanas al proyecto; así como la localización de las 5 principales estructuras que pertenecen al proyecto (Puente Texcapa, Puente Tejocotal, Puente Huayatlaxco, Puente Acuntitla y el Puente Achacuntla).

Es importante mencionar que dentro de la imagen que se presenta a continuación también se puede observar los tres tramos que comprenden a este proyecto con sus respectivos cadenamientos, así como la longitud total respectiva para cada uno de ellos. Además de esto al final del tercer tramo podemos observar la localización del entronque Nuevo Encasa que el punto donde terminará este proyecto.

Por otra parte en la imagen siguiente y finalmente, aparecen algunos bancos de préstamo propuestos en el proyecto, como son: La mina, Ahuacatlan, El sifón y los reyes.

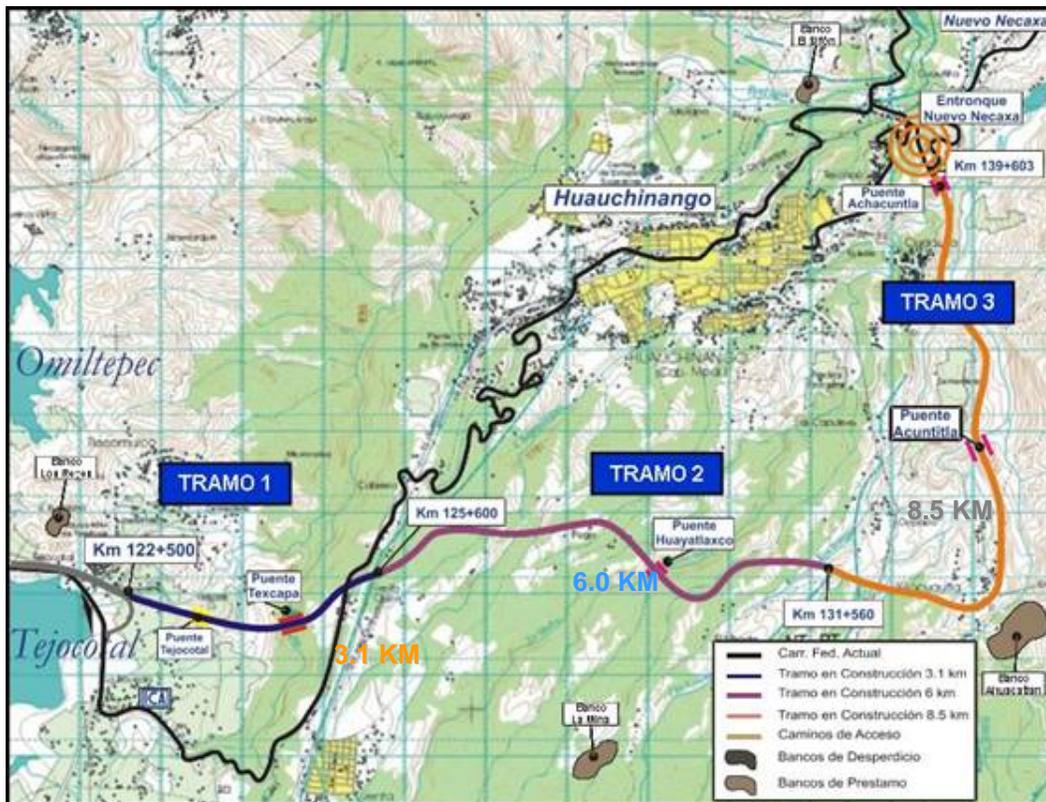


Imagen 4: Geometría del proyecto

Clima

La zona del proyecto se encuentra en una región con abundantes lluvias a lo largo del año y con una precipitación media que varía entre los 500 y 1000 mm, por otra parte además de los problemas de retraso que provocan las constantes lluvias, se tienen problemas de neblina, lo que también retrasa el avance en la construcción de la autopista debido a la poca o nula visibilidad para transitar por algunos tramos en construcción.

Por otra parte en las siguientes dos imágenes se muestran los valores de la precipitación media anual que se tiene (Imagen 5); y la temperatura promedio mensual (Imagen 6) que prevalecen en la zona cercana al proyecto

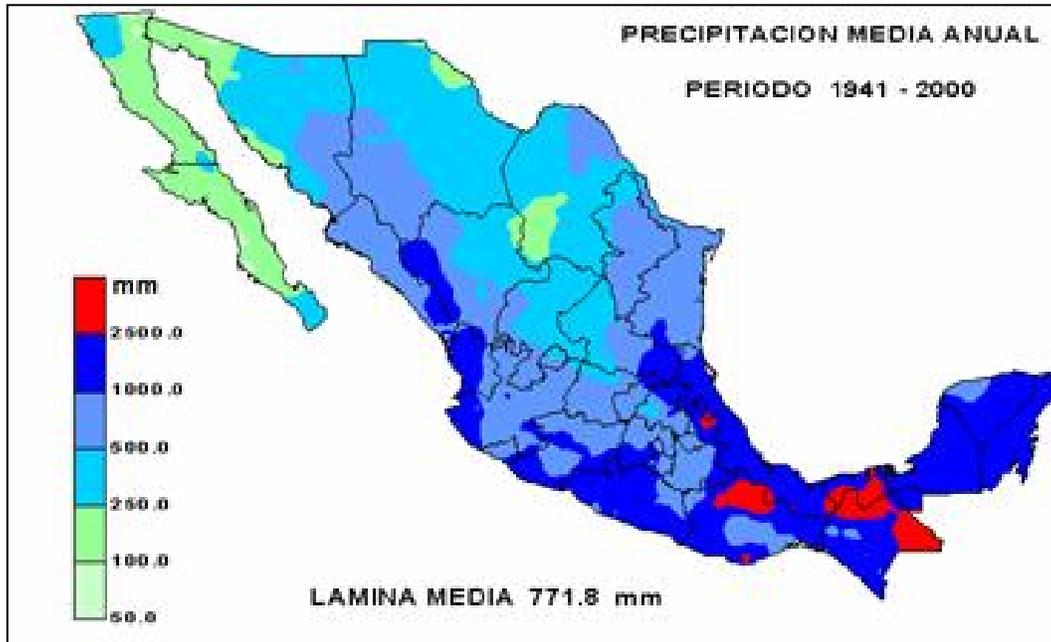


Imagen 5: Valores de precipitación media anual.

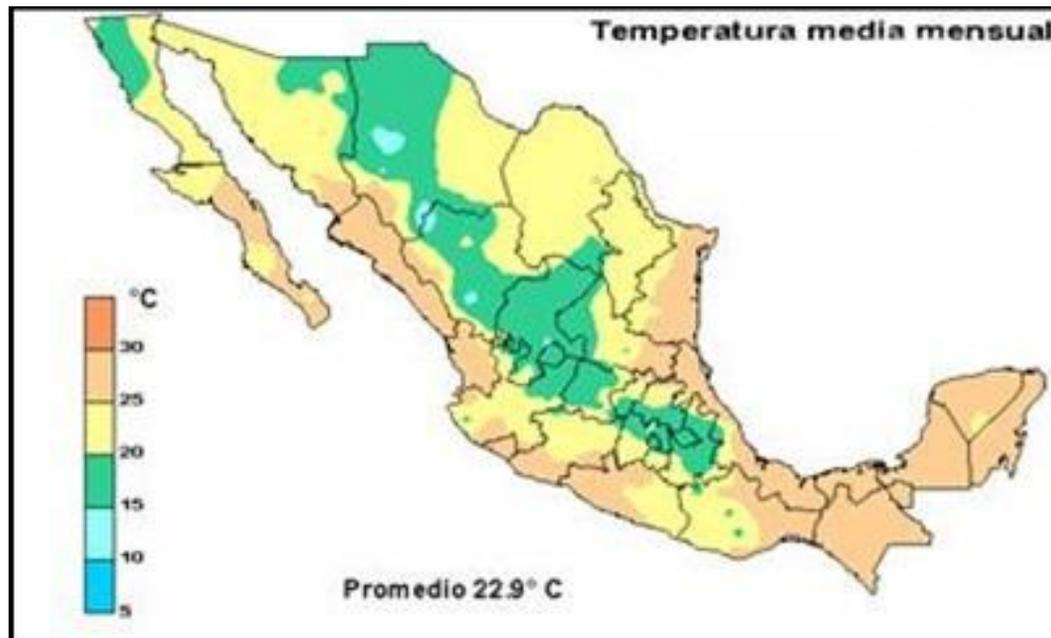


Imagen 6: Valores de temperatura promedio mensual



I. 2 . OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

La justificación del proyecto se basa en el hecho de que la infraestructura carretera existente antes de la ejecución de este proyecto no permitía una comunicación adecuada entre la Ciudad de México y la de Tuxpan en el Estado de Veracruz, ya que las vías existentes, además de ser de bajas especificaciones, únicamente comunicaban a determinadas poblaciones; dificultando así sustancialmente el tránsito vehicular que se presenta en la zona. Con este proyecto, de altas especificaciones se brinda la infraestructura que demanda la región para impulsar y fortalecer el desarrollo económico con una mayor seguridad, menores tiempos de recorrido y menores costos de operación para el usuario.

Los principales beneficios que proporcionará la construcción de esta autopista para el país son:

- Superará la barrera geográfica de la Sierra Madre Oriental.
- Operará con eficiencia, seguridad y economía para los usuarios.
- Conectará el Altiplano con el Golfo en 2 horas 30 minutos, lo que reducirá el tiempo de recorrido. En dos horas con treinta minutos

<i>Características</i>	<i>Carretera Federal</i>	<i>Autopista México-Tuxpan</i>	<i>Ahorro</i>
Longitud (Km)	300	264	36
Tiempo de recorrido	4 hrs. 45 min.	2 hrs. 30 min.	2 hrs. 15 min.
Velocidad (km/hr)	59	80-110	

Tabla 1: Comparativa entre la Carretera Federal y la Autopista México-Tuxpan.

- Reducirá los costos de operación vehicular.
- Integrará un nuevo corredor del TLC: México-Tuxpan-Tampico-Matamoros, Chicago-Toronto.
- Además comunicará poblaciones importantes de los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz, entre las que se encuentran: Tulancingo, Tlaxcala, Huachinango, Xicotepec, Poza rica y el Puerto de Tuxpan.



- Como uno de los puntos más importantes es que se reducirán los accidentes vehiculares, debido a las altas especificaciones con que se construirá la autopista.
- Además la SCT tiene programado prolongar la Autopista a Tampico y Matamoros, con lo cual será la ruta mas corta hacia la región fronteriza con los Estados Unidos, país con el que México tiene su principal intercambio de comercio exterior.
- Ofrecerá la conexión mas corta entre el altiplano y el mercado de Estados Unidos/Canadá.
- La Autopista le ofrecerá a PEMEX un derecho de vía de altas especificaciones para transportar productos derivados del petróleo y mejorará el acceso a la cuenca petrolera de chicontepec.
- El país contará con una vía moderna para detonar el desarrollo del norte del Golfo de México y de importantes regiones del altiplano.

Por otra parte los principales beneficios que se provocarán para los estados involucrados con la construcción de la Autopista son:

- En Veracruz, detonará el desarrollo del puerto de Tuxpan y el del norte del estado.
- La Autopista convertirá a Hidalgo en centro logístico estratégico con conexiones a todo el país.
- La Autopista proporcionará a Puebla una conexión directa al puerto de Tuxpan y a la frontera y contribuirá al desarrollo del norte del estado.
- La Autopista mejorará la accesibilidad a Tamaulipas y facilitará su comunicación con el centro del país.

1.3. INGENIERÍA DEL TRAMO.

Este proyecto en realidad esta formado por 6 contratos: 3 contratos de terracerías y 3 contratos de estructuras, sin embargo para el objetivo de este trabajo de tesis sólo se tomara en cuenta los contratos que corresponden a la construcción de terracerías para lo cual se realizará en tres tramos



o etapas que consisten en la planeación, administración y trabajos para realizar las actividades concernientes a su construcción con las siguientes características:

- La construcción de terracerías, obras de drenaje, pavimentos y obras complementarias del km 122+500 al km 125+600, (contrato de obra N° CMT-TN-01-2003-C). Dentro de este cadenamiento además se cuenta con la construcción de 3 estructuras, 4 pasos a desnivel (PIV's), 1 paso inferior de tuberías de PEMEX (PIT), 1 paso inferior para personas y ganado (PIPG), 2 bóvedas, 4 muros de contención y obras de drenaje menor.
- La construcción de terracerías, obras de drenaje, pavimentos y obras complementarias del km 125+600 al km 131+560, (contrato de obra N° CMT-TN-01-2004-C). Dentro de este cadenamiento además se cuenta con la construcción de 3 pasos a desnivel (PIV's), 6 bóvedas y 10 obras de drenaje menor.
- La construcción de terracerías, pavimentos, obras de drenaje y obras complementarias del km 131+560 al km 139+603, (contrato de obra N° CMT-TN-03-2004-C). Dentro de este encadenamiento además se cuenta con la construcción de 2 estructuras, 2 pasos a desnivel (PIV's), 3 bóvedas, 4 muros de contención y obras de drenaje menor.

I. 4. BANCOS DE MATERIALES

Los bancos de materiales necesarios para llevar a cabo la construcción de las terracerías y pavimentos, para los rellenos de excavaciones, para la construcción de estructuras, para la construcción de las obras de drenaje y para la fabricación de los concretos hidráulicos, así como los bancos de depósito para los materiales de desperdicio, deberán contar con todos los arreglos requeridos para su adquisición y cubrir las regalías, cargos, indemnizaciones y demás gravámenes necesarios para su explotación o utilización.

Los bancos de préstamo y de depósito de materiales de desperdicio deberán cumplir con las siguientes disposiciones:

- Deberá estar fuera del derecho de vía de la autopista.
- Deberá de atender y cumplir las indicaciones de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- No podrán estar dentro de cuencas hidrológicas o zonas de escurrimiento aguas arriba de la zona de obra.



Para destinar el material como aprovechable para la formación de los terraplenes o desperdicio y considerando las humedades reales es necesario llevar a cabo un control preciso de las calidades de los materiales extraídos de los cortes; cabe mencionar que se deberá extremar precauciones respecto al drenaje durante la construcción, evitando acumular material de desperdicio en cortes y despalmes cercano a los cerros de construcción y en la zona del derecho de vía, se deberá de canalizar siempre el agua hacia la obra de drenaje más cercana, con un estricto control, evitando encharcamientos, erosiones y en general errores en el manejo del drenaje que pudiesen causar problemas, tanto a los taludes de los cortes como a los terraplenes.

Acarreos de materiales

Para el caso de que se transite por caminos secundarios, revestidos o pavimentados, se deberá de obtener el permiso de las autoridades de la comunidad para transitar por dichos caminos, obligándose al termino de los acarreos a dejar en las condiciones similares a como estaban originalmente, para lo cual se deberá de elaborar un expediente fotográfico y de video, certificado por un notario.

Asimismo, y como caso especial para el acarreo de material del banco Tonalapa y el Arenal localizados en los km 114+900 y 116+000 respectivamente, de la autopista en operación tramo Asunción-Tejocotal, el circuito de acarreos será: los camiones cargados transitarán por la Autopista únicamente por el acotamiento y el regreso de los camiones vacíos será por la carretera federal. Para así evitar daños a la infraestructura.

Para poder iniciar el acarreo de los bancos Tonalapa y el Arenal por la Autopista y la carretera federal (cargados y vacíos respectivamente), se deberá de implementar un sistema informativo, preventivo, restrictivo y de seguridad en base al Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras de la SCT, incluyendo bandereros, para ambas carreteras, que a su vez se presentará para su revisión y aprobación ante CAPUFE y la SCT, en dicho sistema se deberá respetar el circuito establecido para los acarreos, además, de la seguridad integral de los usuarios que transitan por las dos vías de comunicación.

1.4.1 Bancos de desperdicio

Los bancos de desperdicio del proyecto se identificaron mediante copias de fotos aéreas a escala 1:20,000 entregadas por la Dirección General de Carreteras Federales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, validados en la curva masa que indican las plantas de kilómetro. Cabe señalar que el banco de desperdicio localizado en el km 131+742 D/I 1,100 metros no fue identificado por la DGCF de la SCT, por tal motivo se buscaron otros bancos, a fin de remplazar el indicado, en el proyecto para un volumen aproximado de 800,000 m³.



Asimismo, la capacidad de los bancos de proyecto, fue proporcionada por la DGCF/SCT, y fueron ratificadas en las plantas de kilómetro.

A continuación se presenta la relación de bancos de tiro, capacidades y volúmenes que están indicados en el proyecto.

No.	Ubicación	Zona de influencia	Volumen/Proy.	Capacidad/SCT
4'	Km 116+000 D/D 200 m	126+028 - 128+ 760	1'061,669	1'100,000
5	Km 128 + 700 D/I 100 m.	128+812 - 129+062	150,003	150,000
6	Km 128 + 764 D/I 70 m.	128+ 760 - 128+812	49,997	50,000
7	Km 131 +380 D/I 200 m	129+062 - 129+212	350,005	350,000
8	Km 131 +380 D/I 800 m.	129+212 - 129+620	100,002	100,000
8'	Km 131 + 742 A/L 1,100 m	129+620 - 133+388	1'479,989	1'500,000
9	Km 133+677 D/D 150 m.	133+388 - 133+744	250,000	250,000
10	Km 134+240 D/I 70 m.	133+744 - 134+584	200,000	200,000
11	Km 136+240 D/I 900 m.	134+584 - 134+780 636+793 - 638+433	69,997 603,113	700,000
12a	Km 639 + 750 D/D 500 m.	135+640 - 636+793	249,997	150,000
12b				100,000
13	Km 639 + 750 D/I 350 m.	638+433 - 639+320	120,001	120,000

Tabla 2: Bancos de tiro del proyecto

Como parte integral del dictamen técnico de los bancos de tiro indicados en el proyecto, y para saber si estos en realidad contaban con las facilidades para ser utilizados para el desperdicio del material de corte que no fuera aprovechable para la construcción de los terraplenes se realizaron las siguientes actividades:

- En primer lugar se hizo una validación de la ubicación de los bancos de proyecto, tomando en cuenta la capacidad de estos para ser tomados como bancos de tiro.
- Después se analizó la existencia de caminos de acceso francos al sitio, desde el eje de la autopista por construirse, para ver las condiciones de estos y en dado caso de accesos complicados ver la posibilidad de mejorar estos accesos.
- Finalmente se realizo una descripción del sitio y conclusiones en materia ambiental, tomando en cuenta las mejores condiciones en las que se debía de entregar el predio al dueño una vez que fuera utilizado como banco de tiro, y tratando de no afectar y alterar demasiado las condiciones originales y así causar los menores daños al ambiente.



A continuación se presenta un resumen de las características de los bancos

<i>No.</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Capacidad Aprox. m³</i>	<i>Acceso</i>	<i>Descripción Del sitio</i>
5	Km 128 + 700 D/I 100 m.	80,000	No existe camino, se podría construir acceso sobre la zona De cultivo temporal	Zona de cultivo en ladera poco profunda
6	Km 128 + 764 D/I 70 m.	105,000	No existe camino, se podría construir acceso sobre la zona De cultivo	Barranca, zona de cultivo
7	Km 131 +380 D/I 200 m	350,000	No existe camino, se podría construir acceso sobre la zona de cultivo de temporal	Barranca, bosque perturbado
8	Km 131 +380 D/I 800 m.	361,600	Existe camino secundario transitable sin revestir, sin embargo para llegar al sitio se tendría que construir acceso con tala de árboles	Barranca, se extiende arrollo al lado del bosque (poco factible)
8'	Km 131 + 742 A/L 1,100 m	1'500,000	Existe camino secundario transitable sin revestir, para el tránsito de los camiones se tendría que revestir	Barranca, zona de cultivo lado derecho, del lado izquierdo la SCT no lo identificó
9	Km 133+677 D/D 150 m.	150,000	Existe camino secundario transitable local a la parte superior del banco	Barranca, bosque perturbado
10	Km 134+240 D/I 70 m.	74,500	No existe camino, se podría construir acceso sobre la zona de cultivo de temporal	Zona de cultivo temporal
11	Km 136+240 D/I 900 m.	420,000	Existe camino transitable no completo en zona de cultivo, se tendría que construir camino para llegar al eje, con tala de algunos árboles	Zona de cultivo temporal
12a 12b	Km 639 + 750 D/D 500 m.	150,000 100,000	No existe camino completo, se puede transitar por el eje o construir caminos por zonas de cultivo, al final carretera pavimentada	Zona de cultivo temporal
13	Km 639 + 750 D/I 350 m.	120,000	No existe camino completo, se puede transitar por el eje o construir caminos por zonas de cultivo, al final carretera pavimentada	Zona de cultivo temporal

Tabla 3: Características de los bancos de tiro del proyecto



Búsqueda de nuevos bancos de desperdicio

El objetivo de la búsqueda de nuevos bancos de tiro, es tener alternativas viables para el depósito del material de corte que será destinado al desperdicio, adicionalmente a los indicados en el proyecto.

A continuación se presenta un resumen de algunos de los bancos de tiro propuestos adicionales a los ya planteados, donde podemos observar algunas características como son: su ubicación con respecto al eje de la autopista, su capacidad en m³, las condiciones de su acceso y una descripción del sitio.

<i>No.</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Capacidad Aprox. m³</i>	<i>Acceso</i>	<i>Descripción Del sitio</i>
8	Km 126 + 368 D/D 1,100 m.	100,000	Existe camino secundario transitable sin revestir, para el tránsito de los camiones se tendría que revestir y mejorar el acceso	Zona de cultivo temporal
9	Km 126 + 810 D/D 700 m.	200,000	Existe camino secundario transitable sin revestir, para el tránsito de los camiones se tendría que revestir y mejorar el acceso	Zona de cultivo temporal
10	Km 126 + 780 D/D 150 m	50,000	No existe camino, pero se puede construir en la zona de cultivo	Zona de cultivo temporal
11	Km 126 + 850 D/D 60 m.	22,500	No existe camino, pero se puede construir en la zona de cultivo	Zona de cultivo temporal
12	Km 126 + 850 D/D 200 m	41,350	Existe camino secundario transitable posiblemente angosto se tendría que ampliar y posible tala de algunos árboles	Zona de cultivo temporal
13	Km 127 + 100 D/I 100 m.	120,000	No existe camino, se podría construir debido a la cercanía del sitio, posible tala de algunos árboles	Barranca, bosque perturbado
14	Km 127 + 687 D/D 500 m.	200,000	Existe camino secundario revestido transitable	Zona de cultivo temporal
15	Km 128 + 200 D/D 200 m.	350,000	No existe camino completo,	Barranca, zona de cultivo



			se puede construir debido a la cercanía del sitio, sin tala de árboles	de temporal
16	Km 128 + 500 D/I 100 m.	30,000	No existe camino, se podría construir debido a la cercanía del sitio	Barranca, bosque perturbado
17	Km 128 + 720 D/D 200 m.	142,000	Existe camino secundario revestido transitable	Zona de cultivo y bosque perturbado
18	Km 128 + 800 D/I 500 m.	460,450	Existe camino secundario sin tránsito, se tendría que mejorar sin afectar árboles	Zona de cultivo y bosque perturbado
19	Km 129 + 200 D/D 200 m.	115,350	Existe camino secundario sin revestir transitable	Zona de cultivo y bosque perturbado
20	Km 131 + 380 D/I 500 m.	163,000	Existe camino secundario sin revestir transitable, se tendría que mejorar	Zona de cultivo, manantial al final del banco
21	Km 130 + 400 D/D 400 m.	280,000	Existe camino secundario transitable no completo, el resto se tendría que construir, posible tala de árboles	Zona de cultivo y bosque perturbado
22	Km 130 + 400 D/D 400 m.	250,000	Existe camino secundario transitable no completo, el resto se tendría que construir, posible tala de árboles	Barranca, zona de cultivo y bosque perturbado
23	Km 127 + 200 D/D 700 m.	336,000	Existe camino secundario sin revestir transitable	Barranca, bosque talado y perturbado
24	Km 132 + 250 D/D 1,700 m.	140,000	Existe camino secundario revestido transitable	Barranca, bosque talado y perturbado
25	Km 132 + 250 D/D 1,750 m.	195,700	Existe camino secundario revestido transitable	Barranca, bosque talado, perturbado y cultivo
26	Km 130+120 D/D 1,700 m	330,000	Existe camino secundario sin revestir, se tendrá que mejorar para el tránsito de los camioneros.	Barranca, zona de cultivo y bosque perturbado
27	Km 130+120 D/D 1,400 m	100,000	Existe camino secundario sin revestir, se tendrá que mejorar para el tránsito de los camioneros.	Zona de cultivo barranca



28	Km 130+120 D/D 1,000 m	150,000	Existe camino secundario sin revestir, se tendrá que mejorar para el tránsito de los camioneros.	Zona de cultivo barranca
29	Km 131 + 742 D/D 1,100 m	500,000	Existe camino transitable sin revestir, se tendrá que mejorar para el tránsito de los camioneros.	Barranca, zona de cultivo y bosque perturbado
30	Km 132 + 200 D/I 1,200 m	200,000	No existe camino, se deberá de ejecutar sin afectar árboles	Barranca, zona de cultivo y bosque perturbado
31	Km 132 + 500 D/I 100 m	70,000	No existe camino, se deberá de ejecutar en zona de cultivo	Zona de cultivo de temporal
32	Km 134+500 D/D 100 m	110,000	No existe camino, se deberá de ejecutar en zona de cultivo	Barranca, zona de cultivo
33	Km 135+400 D/D 150 m	275,000	No existe camino, se deberá de ejecutar en zona de cultivo	Zona de cultivo de temporal
34	Km 136+850 D/I 300 m	800,000	Existe camino no completo, el resto se deberá de ejecutar, posible tala de algunos árboles	Zona de cultivo de temporal
35	Km 136+500 D/D 200 m	350,000	No existe camino, se deberá de ejecutar en zona de cultivo	Zona de cultivo de temporal
36	Km 637 + 800 D/D 150 m	100,000	No existe camino, se deberá de ejecutar en zona de cultivo	Zona de cultivo de temporal
37	Km 638 + 800 D/D 100 m	250,000	No existe camino, se deberá de ejecutar en zona de cultivo	Zona de cultivo de temporal
38	Km 638 + 900 D/I 250 m	180,000	No existe camino, se deberá de ejecutar en zona de cultivo posible tala de algunos árboles	Zona de cultivo de temporal
39	Km 639 + 300 D/D 50 m	75,000	No existe camino, se deberá de ejecutar en zona de cultivo	Zona de cultivo de temporal

Tabla 4: Características de los nuevos bancos de tiro.

En la imagen 7, que se presenta a continuación se puede observar la localización en planta de algunos de los bancos de desperdicio que fueron propuestos en el proyecto, con respecto al eje de la autopista.

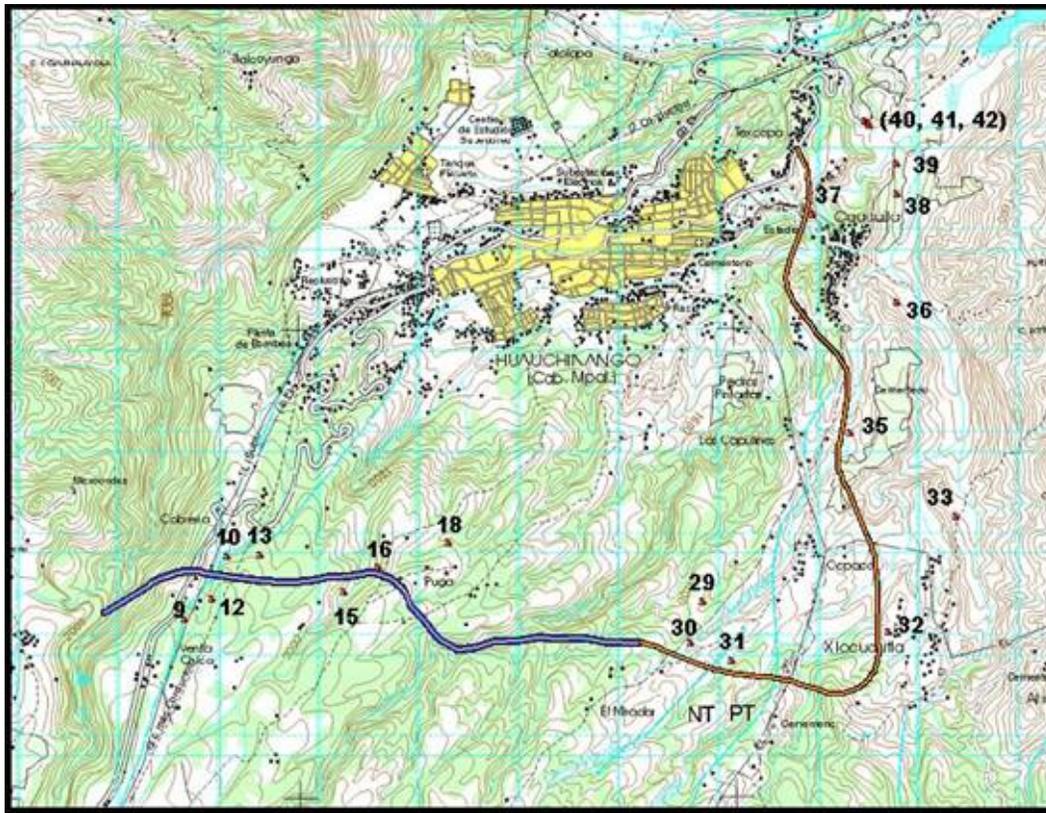


Imagen 7: Localización en planta de algunos de los bancos de tiro

Criterios de decisión para la aceptación de los bancos de desperdicio

Los criterios para definir las condiciones de uso de los diferentes sitios propuestos para bancos de desperdicio se dieron con base en factores restrictivos tales como el tipo de vegetación y la existencia de cuerpos de agua y arroyos, y fueron los siguientes:

- *Factible*.- Cuando las condiciones de uso como banco de desperdicio son propicias y no existen factores de restricción.
- *Moderadamente factible*.- Existen factores restrictivos de baja importancia.
- *Poco factible*.- Los factores de restricción son importantes
- *No factible*.- Los factores restrictivos son sumamente importantes por lo que no permiten el uso del sitio como banco de desperdicio.



Se deberá realizar además una habilitación y restauración ecológica de bancos de desperdicio para los materiales de depósito, almacenes temporales y patios de maniobra.

Para esta restauración ecológica de los bancos utilizados se deberá realizar las siguientes actividades:

- Se tenderán los taludes de los bancos de materiales y los sitios utilizados (excepto cuando se trate de frentes de roca) para que queden con la proporción de 1.5:1 o más tendidos, para evitar que se conviertan en un peligro para personas o animales.
- Se colocará y extenderá el despalme en el fondo y taludes de la excavación de bancos o sitios utilizados.
- Se drenarán, a menos que el dueño del terreno prefiera el almacenamiento de agua.
- Se revestirán los taludes de pasto para evitar caídos.



Fotografía 5: Banco de tiro.



Fotografía 6: Revestimiento de los taludes de los bancos de tiro



Fotografía 7: Condición final de los bancos de tiro



I. 4. 2 Bancos de préstamo

Como primera etapa se realizó la exploración de sitios posibles para la obtención de materiales para la formación de terracerías y pavimentos y en gabinete se localizaron en fotografías aéreas y cartas topográficas. Posteriormente se obtuvieron muestras de materiales con respecto a las Normas para la Construcción e Instalaciones de la SCT. Adicionalmente, analizando el sitio se calculó aproximadamente su potencialidad. Cabe señalar que una vez que se obtuvo la opinión verbal de su factibilidad por parte de la SEMARNAT, se procedió a realizar la segunda etapa, que consistió en la ejecución de sondeos profundos para obtener con mayor precisión el volumen de material que se podría extraer de cada banco en particular.

- El único banco de préstamo para la construcción de terracerías que se utilizó en el primer tramo (del km 122+500 – 125+600) fue el siguiente:
 - Banco No. 1: “Tejamaniles”, en la siguiente tabla se muestran sus características mas importantes

Nombre del Banco	“Tejamaniles”
Ubicación	3.8 Km. del poblado Tejamaniles
Acceso	Existe camino vecinal desde el banco hasta el poblado de Tejamaniles de una longitud aproximada de 3.8 Km., el cual se encuentra en buenas condiciones para el tránsito vehicular de los transportistas, solo se dará el manteniendo para la adecuada circulación.
Descripción del sitio	Frente atacado, bosque perturbado
Descripción del material	Extracción de roca volcánica
Tratamiento	-
Utilización	Formación subrasante
Superficie calculada aproximada	1.4 ha
Capacidad calculada aproximada	70, 000 m ³
Coordenadas UTM de referencia	X=592,788.08 Y=2218´,686.47

Tabla 5: Características del Banco Tejamaniles.

- Los bancos de préstamo para la construcción de terracerías del segundo tramo (del km 125+600 – 131+560) son los siguientes:
 - Banco No. 1: “Los Reyes”, en la tabla 6, se muestran sus características más importantes.



- Banco No. 2: “La Mina”, en la tabla 7 se presentan sus características mas importantes.

Cabe mencionar que este banco se utilizo también para la construcción de las terracerías del tercer tramo, sin embargo la diferencia entre la tabla 7 y la tabla 10 es la cantidad de m³ de material que se utilizo para cada tramo.

Nombre del Banco	“Los Reyes”
Ubicación	En el poblado de Los reyes
Acceso	Por la carretera federal México- Tuxpan , hacia el camino intermunicipal que comunica a la población de Montemar y la presa Omilteme.
Descripción del sitio	Frente atacado, bosque perturbado
Descripción del material	Lino arenoso
Tratamiento	-
Utilización	Formación de terraplenes
Superficie calculada aproximada	2.8 ha
Capacidad calculada aproximada	1200000m ³
Coordenadas UTM de referencia	X=590409 Y= 2227805

Tabla 6: Características del Banco Los Reyes.

Nombre del Banco	“La Mina”
Ubicación	Km 131 + 370 D/D 6,700 m
Acceso	Existe camino vecinal desde el banco hasta el eje de la autopista, aproximadamente 3 km se encuentran revestidos, el resto se tendrá que revestir para una mejor circulación de los transportistas.
Descripción del sitio	Frente atacado, bosque perturbado
Descripción del material	Toba muy intemperizada
Tratamiento	Disgregado
Utilización	Formación de terracerías hasta subrasante
Superficie calculada aproximada	5.0 ha
Capacidad calculada aproximada	850,000 m ³
Coordenadas UTM de referencia	X = 596,176 Y = 2,224,207

Tabla 7: Características del Banco La Mina



- Los bancos de préstamo para la construcción de terracerías del tercer tramo (del km 131+560 – 139+600) son los siguientes:
 - Banco No. 1: “CMLyFC”, en la tabla 8, se muestran sus características mas importantes.
 - Banco No. 2: “Ahuacatlan ó Garrido”, en la tabla 9, se muestran sus características mas importantes.
 - Banco No. 3: “La Mina” en la tabla 10, se muestran sus características mas importantes.
 - Banco No. 4: “Zempoala II” en la tabla 11, se muestran sus características mas importantes.

Nombre del Banco	“CMLyFC”
Ubicación	Km. 146+000 Desviación derecha de la carretera México Tuxpan en el municipio de Juan Galindo.
Acceso	A 100 metros del camino de terracería que comunica la población de Necaxaltepec con la carretera Federal México–Tuxpan.
Descripción del sitio	Bosque de pino perturbado
Descripción del material	Roca sedimentaria (caliza)
Tratamiento	-
Utilización	Formación de terracerías hasta subrasante
Superficie calculada aproximada	1.04 ha
Capacidad calculada aproximada	500000m ³
Coordenadas UTM de referencia	-

Tabla 8: Características del Banco CMLyFC.



Nombre del Banco	“Ahuacatlan ó Garrido”
Ubicación	Km 636 + 815 desviación derecha 400m
Acceso	Por un camino de Terracerías localizado a un lado del banco.
Descripción del sitio	Pastizales y área abierta a la agricultura de temporal, pendientes superiores al 100%
Descripción del material	Roca sedimentaria
Tratamiento	-
Utilización	Formación de terraplenes
Superficie calculada aproximada	4 ha
Capacidad calculada aproximada	800,000 m ³
Coordenadas UTM de referencia	X= 602480 Y= 2229601

Tabla 9: Características del Banco Ahuacatlan ó Garrido.

Nombre del Banco	“La Mina”
Ubicación	Km 131 + 370 D/D 6,700 m
Acceso	Existe camino vecinal desde el banco hasta el eje de la autopista, aproximadamente 3 km se encuentran revestidos, el resto se tendrá que revestir para una mejor circulación de los transportistas.
Descripción del sitio	Frente atacado, bosque perturbado
Descripción del material	Toba muy intemperizada
Tratamiento	Disgregado
Utilización	Formación de terracerías hasta subrasante
Superficie calculada aproximada	5.0 ha
Capacidad calculada aproximada	750,000 m ³
Coordenadas UTM de referencia	X = 596,176 Y = 2,224,207

Tabla 10: Características del Banco La Mina



Nombre del Banco	“Zempoala II”
Ubicación	Por el trazo de la pista en el km. 132+560 desviación derecha 4700m
Acceso	Se ubica en el predio Tabacomila de la localidad de Tepehuaquila en el municipio de Huauchinango, Estado de Puebla.
Descripción del sitio	Bosque de pino, encino- aile con presencia de áreas abiertas a cultivos anuales.
Descripción del material	Arena
Tratamiento	-
Utilización	Formación de terraplenes
Superficie calculada aproximada	4.5 ha
Capacidad calculada aproximada	800,000 m ³
Coordenadas UTM de referencia	X= 2,222,982.13 Y= 599,683.47

Tabla 11: Características del Banco Zempoala II

- El único banco de préstamo para la construcción de pavimentos que se utilizó en el primer tramo (del km 122+500 – 125+600) fue el siguiente:
 - Banco No. 1: “ Texcapa ó El Sifón”, en la siguiente tabla se muestran sus características mas importantes

Nombre del Banco	“Texcapa ó el Sifón”
Ubicación	Km 133 + 900 D/I 1,500 m
Acceso	Existe camino franco desde el eje de la autopista hasta el sitio, cierta parte del camino se encuentra pavimentado y el resto revestido. El camino es utilizado para el transporte de materiales
Descripción del sitio	En el cauce del río
Descripción del material	Grava arena de río
Tratamiento	Trituración total y cribado
Utilización	Enrocamiento y cuerpo de pavimentación
Superficie calculada aproximada	4.0 ha
Capacidad calculada aproximada	40,000 m ³
Coordenadas UTM de referencia	X = 598,868 Y = 2,233,366

Tabla 12: Características del Banco Texcapa ó el Sifón (primer tramo)



Es importante mencionar que el banco de “Texcapa ó El Sifón” se utilizo también para la construcción de los pavimentos del segundo tramo, sin embargo la diferencia entre la tabla 12 y la tabla 13 es la cantidad de m³ de material que se utilizo para cada tramo.

- El único banco de préstamo para la construcción de pavimentos que se utilizó en el segundo tramo (del km 125+600 – 131+560) fue el siguiente:
 - Banco No. 1: “ Texcapa ó El Sifón”, en la siguiente tabla se muestran sus características mas importantes

Nombre del Banco	“Texcapa ó el Sifón”
Ubicación	Km 133 + 900 D/I 1,500 m
Acceso	Existe camino franco desde el eje de la autopista hasta el sitio, cierta parte del camino se encuentra pavimentado y el resto revestido. El camino es utilizado para el transporte de materiales
Descripción del sitio	En el cauce del río
Descripción del material	Grava arena de río
Tratamiento	Trituración total y cribado
Utilización	Enrocamiento y cuerpo de pavimentación
Superficie calculada aproximada	4.0 ha
Capacidad calculada aproximada	60,000 m ³
Coordenadas UTM de referencia	X = 598,868 Y = 2,233,366

Tabla 13: Características del Banco Texcapa ó el Sifón (segundo tramo)

Finalmente

- El único banco de préstamo para la construcción de pavimentos del tercer tramo (del km 131+560 – 139+600) es el siguiente:



Nombre del Banco	“Ahuacatlán”
Ubicación	Km 133 + 900 D/I 1,500 m
Acceso	Existe camino revestido secundario franco desde el eje de la autopista al sitio, actualmente circula tránsito local y camiones de carga. La circulación será adecuada para el acarreo de los materiales
Descripción del sitio	Terreno de cultivo de temporal
Descripción del material	Roca caliza sana
Tratamiento	Trituración total y cribado
Utilización	Enrocamiento y cuerpo de pavimentación
Superficie calculada aproximada	4.0 ha
Capacidad calculada aproximada	500,000 m ³
Coordenadas UTM de referencia	X = 602,923 Y = 2,227,062

Tabla 14: Características del Banco Ahuacatlán



Fotografía 8: Explotación de un banco de préstamo.

I. 5. ASPECTOS FINANCIEROS Y DE CONTRATO

En el año de 1993 el Gobierno Federal y Banamex, decidieron llevar a cabo el proyecto para la construcción de la Autopista México-Tuxpan, mediante el esquema de concesionamiento de Autopistas de cuota de la S.C.T.

A través del esquema se otorga la concesión a una institución fiduciaria en este caso el fideicomiso, el cual se encarga de la construcción, explotación, operación, conservación y mantenimiento de la carretera concesionada.

Las organizaciones que participan en la construcción del proyecto aparecen en la siguiente imagen y son:

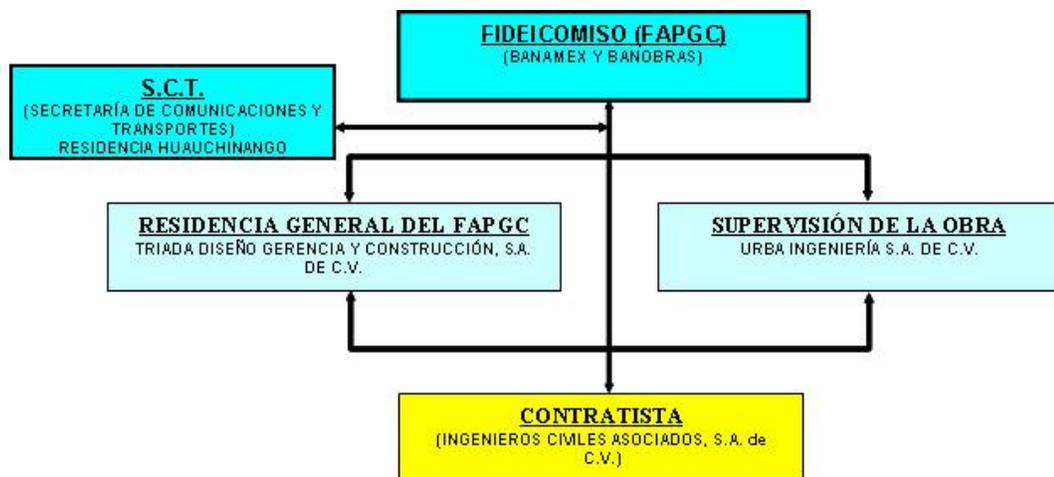


Imagen 8: Organizaciones relacionadas al proyecto

FIDEICOMISO “FAPGC” (BANAMEX Y BANOBRAS)

Es el promovente del proyecto, quien solicitó y obtuvo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), una concesión para la construcción operación y mantenimiento de varios tramos de autopistas de cuota en la ruta México, D.F. – Tuxpan, Veracruz, dentro de los cuales se encuentra incluido el tramo Tejocotal – Nuevo Necaxa en los estados de Hidalgo y Puebla.



Durante la ejecución de los trabajos es quien paga el importe de las estimaciones correspondientes de acuerdo a las cláusulas contractuales y al finalizar, hará la recepción final del proyecto.

Controla el desarrollo presupuestal y cubrirá al contratista el importe de las estimaciones dentro de un plazo de 30 días hábiles contados a partir de la fecha en que las mismas sean aprobadas por el residente de la obra, es la responsable de autorizar las modificaciones al contrato y las estimaciones.

El Fideicomiso APGC obtuvo de Banamex y Banobras un financiamiento de largo plazo para atender la inversión que requiere este tramo (3,000 millones de pesos)

RESIDENTE DE LA OBRA: (Triada Diseño Gerencia y Construcción, S.A. de C.V.)

- a) Es la residencia general del Fideicomiso en el proyecto.
- b) Es quien vigila a través del supervisor de obra, la realización de los trabajos.
- c) Es quien mediante la coordinación con el Fideicomiso, da la solución técnica en caso de presentarse una controversia en el proyecto.
- d) Aprueba las estimaciones presentadas por el contratista y el supervisor.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT)

Es la promovente del proyecto ante las autoridades federales, estatales y municipales, coordina el desarrollo del proyecto a través del Fideicomiso.

SUPERVISIÓN DE LA OBRA: (Urba Ingeniería, S.A. de C.V.)

- a) Es quien verifica que las actividades se desarrollen apegadas al proyecto, especificaciones y referencias normativas.
- b) Toma las decisiones técnicas correspondientes y necesarias para la correcta ejecución de los trabajos, debiendo resolver oportunamente las consultas, aclaraciones, dudas o autorizaciones que presente la contratista, con relación al cumplimiento de los derechos y obligaciones derivadas del contrato.



- c) Da la apertura de la bitácora de obra, la cual queda bajo su resguardo y por medio de ella da las instrucciones pertinentes y recibe las solicitudes que formule el contratista.
- d) Vigila y controla el desarrollo de los trabajos en sus aspectos de calidad, costo, tiempo y apego a los programas de ejecución de los trabajos de acuerdo a los avances, recursos asignados, rendimientos y consumos pactados en el contrato.
- e) Vigila que previamente al inicio de la obra, se cuente con el proyecto ejecutivo, especificaciones generales, catalogo de conceptos con su análisis de precios unitarios y programa de ejecución.
- f) Informa periódicamente al cliente y residente de obra del avance y calidad de los trabajos, así como de los acontecimientos relevantes en el proyecto.
- g) Recibe, verifica y concilia volúmenes ejecutados y las estimaciones de los trabajos ejecutados por el contratista.

CONTRATISTA (Ingenieros Civiles Asociados, S.A de C.V.)

- a) Es el responsable de ejecutar los trabajos de acuerdo al proyecto, especificaciones y referencias normativas.
- b) Se obliga a que los materiales, equipos y maquinaria que se utilicen en los trabajos objeto de los contratos, cumplan con las normas de calidad establecidas.
- c) Entrega a la supervisión las estimaciones acompañadas de la documentación de soporte requerida.
- d) Esta comprometida a lograr e incrementar la satisfacción de su cliente, mediante el cumplimiento de requisitos contractuales, normativos y legales que intervengan en el desarrollo del proyecto, de acuerdo a lo señalado por el sistema de gestión de la empresa (SiGE).

Finalmente hay que mencionar que para la construcción del proyecto, la SCT se hace cargo de los siguientes aspectos:

- Proporciona el proyecto ejecutivo
- Se hace cargo de la liberación de los derechos de vía



- Obtiene la manifestación de impacto ambiental y el dictamen de autorización de la SEMARNAT.
- Tramita todos los permisos relacionados con otras instituciones y empresas ya sean federales, estatales o bien regionales, como son: INAH, IMSS, PEMEX, CFE, CNA, etc, que en muchas ocasiones esto provoca retrasos en la ejecución del proyecto.

Tipo de Contrato.

Para la realización de este proyecto se estableció que serian contratos a precios unitarios, los cuales permanecerán fijos hasta la terminación de la obra, pudiendo sólo ser ajustados cuando ocurra un incremento o decremento en el costo de los insumos; y cuya forma de pago será la siguiente:

- a) Estimaciones: Deberán ser mensuales y por unidad de obra terminada.
- b) Presentación de estimaciones: Serán presentadas por la Empresa Constructora a la Supervisión de la obra dentro de los cuatro días hábiles siguientes a la fecha de corte para la elaboración de las mismas (ultimo día del mes calendario).
- c) Aprobación de las estimaciones: La supervisión de obra verificará y conciliará las Estimaciones presentadas por la Empresa Constructora en un plazo de ocho días hábiles siguientes a la fecha en que sean entregadas por la Constructora .

La supervisión de la obra entregará a la residencia de la obra las estimaciones ya conciliadas con la constructora, para su aprobación o devolución para corrección en un plazo de tres días hábiles contados a partir de la fecha de entrega por el supervisor de la obra.

- d) Resolución de conflictos: En caso de diferencias técnicas o numéricas entre la supervisión y la Empresa Constructora, las partes tendrán dos días hábiles contados a partir del vencimiento del plazo señalado para la revisión de las estimaciones.

En caso de que no sea posible conciliar todas las diferencias, la supervisión de la obra tramitará para su aprobación y autorización la porción de la estimación con relación a la cual no existan diferencias y la porción pendiente, deberá resolverse por las partes e incorporarse en la siguiente estimación.

- e) Pago de las estimaciones: Las fechas de conciliación y aprobación deberán asentarse en la bitácora que al efecto se lleve por el supervisor de la obra.



El Fideicomiso cubrirá a la Empresa Constructora el importe de las estimaciones dentro de un plazo de 30 días hábiles, a partir de su aprobación por el R.O. y autorizadas por la Dirección técnica del Fideicomiso.

- f) Pagos en exceso: Se debe reintegrar al Fideicomiso las cantidades pagadas en exceso, más los intereses correspondientes calculados a la tasa que establezca para el Contrato.

La adjudicación de los presentes contratos se realizó mediante concurso por invitación; adjudicándose a la propuesta técnica y económica más viable, quien resulto ser la presentada por Ingenieros Civiles Asociados S.A. de C.V.

Los montos correspondientes, así como las fecha de inicio y terminación para cada tramo son los siguientes:

Tramo	Monto Total	Fecha de inicio	Fecha de terminación
Terracerías 1: del km 122+500 - 125+600	\$ 118'589,733.79	09 de Junio del 2003	31 de Enero del 2005
Terracerías 2: del km 125+600 - 131+560	\$ 377,717,677.15	01 de Abril del 2004	31 de Agosto del 2005
Terracerías 3: del km 131+560 - 139+603 Incluye entronque Nuevo Necaxa y ramal a Huauchinango	\$ 535,860,321.14	01 de Marzo del 2005	30 de Septiembre del 2006

Tabla 15: Montos totales

Anticipo

El Fideicomiso entregará el 20% del monto total más el I.V.A. de los contratos de: Terracerias 1, Terracerias 2, y el 13 % del monto total mas el I.V.A. del contrato de Terracerias 3, para:

- La construcción de oficinas, almacenes, bodegas y demás instalaciones indispensables para la realización de la obra.
- Gastos de traslado de maquinaria y equipos de construcción
- Inicio la obra.

El anticipo deberá ser amortizado mediante deducciones proporcionales que se hagan a cada una de las estimaciones. Y en dado caso del uso incorrecto de éste, se aplicará una pena convencional



equivalente a los intereses que se generen sobre las cantidades correspondientes, e incluso se podrá optar la rescisión del contrato.

Garantías de cumplimiento

La Empresa Constructora, deberá presentar al Fideicomiso una carta de crédito irrevocable del 20% para garantizar la correcta inversión y exacta amortización del anticipo de los contratos de: Terracerías 1, y Terracerías 2; Otra carta de crédito irrevocable del 13% para garantizar la correcta inversión y exacta amortización del anticipo del contrato de: Terracerías 3. Y finalmente una carta de crédito del 10% del monto total de contrato para garantizar el debido cumplimiento de las demás obligaciones que a cargo de la constructora se deriven de los contratos de obra de las Terracerías 1, Terracerías 2, y Terracerías 3.

La garantía otorgada para garantizar la correcta inversión, amortización del anticipo y cumplimiento de las demás obligaciones se cancelará cuando la Empresa Constructora haya entregado la obra en los términos del contrato de obra al Fideicomiso.

Subcontratación

La Empresa Constructora no podrá subcontratar la realización de la totalidad de la obra, o parte de la misma salvo en aquellos casos en que dicha Subcontratación se justifique a juicio del Fideicomiso y previa la autorización por escrito del Fideicomiso.

Finalmente cabe mencionar que El contrato de obra será regido y será interpretado de acuerdo con las leyes de los Estados Unidos Mexicanos.



II. PLANEACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN

II. 1. PROGRAMA GENERAL DE LA OBRA

La obra se realizará en una zona escarpada boscosa con vegetación abundante y algunos cultivos agrícolas, tomando en cuenta que en la zona se tiene precipitaciones anuales de 2,301 mm, y considerando que en la zona se cuenta con niebla y tormentas eléctricas, las cuales ocurren durante los meses de junio a septiembre, factores que inciden directamente en la planeación de los trabajos a ejecutar, se tomarán las acciones necesarias para no afectar el desarrollo de la obra y el medio ambiente, para lo cual se toma en cuenta políticas de calidad, así como un manual y procedimientos de aseguramiento de calidad, seguridad y medio ambiente certificados por las normas ISO 9001: 2000 y 14001-96, adicional a las condiciones solicitadas en las bases de licitación.

Preoperativos

Para la realización de esta obra se deberá identificar primeramente los marcos legales municipales, estatales y federales, con los que se tendrá que cumplir, por lo que se realizaran los tramites necesarios para la operación de las diferentes actividades en el proyecto, pudiendo contemplarse dentro del área de medio ambiente: explotación de bancos, estudios de impacto ambiental, uso de suelo, generación de residuos peligrosos, emisiones a la atmósfera, explotación de mantos acuíferos, almacenamiento de emulsiones, descargas de aguas residuales, etc., dentro del área de seguridad social y laboral se tendrá que cumplir con los lineamientos de dependencia como el CNA, SEMARNAT, IMSS, STPS y las que rigen localmente.

Para la ejecución de los trabajos se procurará contratar personal de la región, además en caso de requerirse campamentos para empleados, estos estarán instalados en las ciudades de Tulancingo, el poblado de Venta Grande y la Bóveda en el estado de Hidalgo; y en el poblado de Huauchinango en el estado de Puebla.

Las oficinas centrales estarán instaladas en el poblado de la Bóveda, en el estado de Hidalgo. Por ser un centro poblacional que cuenta con casi todos los servicios de infraestructura requeridos.

Los almacenes de materiales, partes, insumos y residuos estarán instalados en un lugar cercano al proyecto.



Se instalarán los almacenes de residuos sólidos y peligrosos, de acuerdo a las características de generación de la obra, así como al marco legal ambiental.

Para el seguimiento, control y administración de las diferentes actividades de este proyecto, se contará en el sitio de la obra con las instalaciones y equipos adecuados, así como talleres y plantas donde no interfieran con los trabajos a desarrollar.

El personal técnico con que se contará en sitio y las funciones que desempeñará cada uno de los responsables de disciplina se describen a continuación:

Gerente de proyecto.- Es el responsable directo del manejo del contrato del proyecto con el cliente, coordinará con el cliente los trabajos a realizar así como las modificaciones que haya que hacer al proyecto, además planeará con las áreas de construcción, control de calidad, control de proyectos, maquinaria y topografía, los procedimientos de ejecución de cada una de las actividades del proyecto.

Responsable de Aseguramiento de Calidad.- Es el responsable de la difusión de la estructura organizacional para la ejecución del proyecto, difundiendo los canales de comunicación y los mecanismos de coordinación establecidos.

Además coordinará las actividades de los departamentos de calidad, seguridad y medio ambiente en el proyecto, las cuales estarán a cargo de personal con experiencia en las funciones.

Y finalmente coordinará las actividades del responsable de control de documentos y registros relativos al proyecto ejecutivo y al contrato, mediante su recepción, registro, distribución y resguardo.

Superintendente de Construcción.- Será la persona encargada de planear detalladamente las actividades contempladas en el contrato en coordinación con el gerente de proyecto, supervisa, ejecuta y lleva un control de los trabajos en cada una de las áreas de producción como son: terracerías, obras de drenaje, trabajos diversos, bóvedas y pavimentos, debiendo programar, y coordinar sus actividades en base a la planeación que más adelante se describe a fin de evitar interferencias, que pudieran atrasar el programa de construcción.



Jefe de Obra.- Serán las personas encargadas de supervisar, ejecutar y llevar un control de los trabajos en cada uno de sus frentes asignados, debiendo programar y coordinar las actividades de su frente en base a la planeación integral del proyecto supervisado por el superintendente de construcción y gerente de proyecto.

Superintendente de Maquinaria.- será responsable de elaborar y dar seguimiento al programa de suministro de equipo y maquinaria del proyecto, el cual es elaborado en coordinación con el superintendente de construcción, basándose en: las necesidades de los frentes de construcción, el programa el mantenimiento preventivo y predictivo a la maquinaria y equipo asignado al proyecto así como la atención inmediata al equipo que requiere mantenimiento correctivo, y en el programa de seguridad tomando en cuenta los movimientos del equipo y maquinaria asignados al proyecto.

Superintendente de Control de Proyectos.- Es el responsable de integrar la información para elaborar el programa de obra, dar seguimiento al programa de obra en tiempo y costo para realizar informes que muestren la situación del proyecto.

Control de Calidad.- Para verificar que los materiales utilizados en la ejecución de la obra cumplan con las normas de calidad que rigen contractualmente, se contará con un Laboratorio de Control de Calidad, este servicio será subcontratado con empresas que están dentro del padrón de sub-proveedores confiables, asimismo que cuente con el certificado de calidad de servicios técnicos autorizado por la secretaria de comunicaciones y transportes y por entidad mexicana de acreditación.

Jefe de Topógrafos.- Es el responsable de realizar y verificar el trazo topográfico de las actividades del proyecto, así como controlar la información de avances obtenidos en campo para la elaboración de los generadores que respaldaran las estimaciones de cobro presentadas a la residencia de obra.

Jefe Administrativo y personal de apoyo.- Es el personal técnico-administrativo, encargado de apoyar a las áreas de proyectos y construcción, éstas áreas de apoyo son: compras, fletes, almacén, servicios y personal, estas son coordinadas por el jefe administrativo del proyecto.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO**



CATEGORÍA	No.	2003												2006								
		Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep		
GERENCIA DE PROYECTO																						
SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCIÓN	1																					
SECRETARIA	1																					
CONSTRUCCIÓN																						
JEFE DE OBRA TERRACERIAS	4																					
SOBRESTANTE TERRACERIAS	8																					
JEFE DE OBRA, OBRAS DE DRENAJE Y TRABAJOS DIVERSOS	1																					
SOBRESTANTE, OBRAS DE DRENAJE Y TRABAJOS DIVERSOS	2																					
JEFE DE OBRA, PAVIMENTOS	1																					
SOBRESTANTE, PAVIMENTOS	1																					
MAQUINARIA																						
SUPERINTENDENTE MAQUINARIA	1																					
JEFE DE OBRA MAQUINARIA	1																					
SOBRESTANTE MAQUINARIA	2																					
TOPOGRAFÍA																						
JEFE DE TOPOGRAFOS	1																					
TOPOGRAFO	4																					
CADENERO	8																					
AYUDANTE	8																					
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD																						
JEFE DE LABORATORIO	1																					
LABORATORISTA	2																					
AYUDANTE GENERAL	6																					
CHOFER	1																					
CONTROL DE PROYECTO																						
SUPERINTENDENTE DE CONTROL DE PROYECTO	1																					
JEFE DE OBRA ESTIMACIONES Y CONTROL DE PROYECTO	2																					
GERENCIA DE ASEG. CALID. SEG. Y MEDIO AMB.																						
SUPERINTENDENTE DE ASEG. CALID. SEG. Y MEDIO AMB.	1																					
JEFE DE SEGURIDAD	1																					
JEFE DE MEDIO AMBIENTE	1																					
CHOFER	1																					
PROCURACIÓN																						
JEFE DE COMPRAS	1																					
ADMINISTRACIÓN																						
JEFE ADMINISTRATIVO	1																					
SECRETARIA	1																					
MEDICO	1																					
CHOFER AMBULANCIA	1																					
AUXILIAR DE COMPRAS	1																					
JEFE DE ALMACEN	1																					
DESPACHADOR	2																					
CONTADOR	1																					
AUXILIAR DE CONTABILIDAD	2																					
CAJERO	1																					
JEFE DE PERSONAL	1																					
AUXILIAR DE PERSONAL	2																					
CHECADOR DE PERSONAL	2																					
JEFE DE SERVICIOS	1																					
CHOFER	1																					
AFANADORA	2																					

Tabla 16: Programa de personal



Descripción general

- a) La construcción de terracerías inicia después de los preoperativos, y consiste principalmente en:
 - Localización de instalaciones para oficinas de la obra, campamentos para personal técnico administrativo, contratación de servicios, etc.
 - Traslado de vehículos y maquinaria al sitio de la obra.
 - Localización de trazo de proyecto, bancos de nivel de proyecto, bancos de tiro para material producto de la excavación del corte y bancos de préstamo para utilizar como capas de terraplén, subyacente y subrasante, etc.
- b) Para dar inicio con la construcción de las terracerías, se requiere que la brigada de topografía realice el levantamiento topográfico del terreno natural y seccionamiento del mismo, el cual es recomendable llevarlo a cabo en conjunto con la residencia de supervisión para tener una conciliación de los volúmenes a ejecutar.
- c) Dadas las condiciones en que se encuentra el terreno natural; y donde ya no existen árboles dentro del derecho de vía y principalmente dentro de los “ceros de construcción”, no existe desmonte por ejecutar.
- d) Para el despalme del terreno natural o retiro de la capa vegetal, éste, se llevará acabo junto con la excavación del corte, debido principalmente a que el volumen de excavación de corte está considerado a desperdicio.
- e) La excavación del corte está considerada en su totalidad como desperdicio. Esta actividad principalmente se llevará acabo con retroexcavadora modelo 330 y/o 325 BL o similares, las cuales desempeñan la función de excavar y cargar a la vez. El material producto de la excavación se destinará en los bancos de tiro autorizados por la supervisión. Dicha excavación se llevará acabo mediante el sistema de banqueos desde el terreno natural hasta el nivel de subrasante y posteriormente la excavación en caja donde se alojarán las capas de mejoramiento como son la subyacente y subrasante.



Fotografía 9: Proceso de excavación

- f) En el proyecto existen obras de drenaje de alcantarillas de tubo de concreto reforzado y bóvedas. Dichas obras se llevarán a cabo donde indique el proyecto de cada una, consistiendo principalmente en excavación, colocación de plantilla para desplantar la tubería de concreto y bóvedas, posteriormente se juntan los tubos con mortero de cemento y las bóvedas se unen según proyecto autorizado en caso de ser prefabricadas, ambos se construyen o fabrican con concreto hidráulico, así también se construyen los cabezales y caja de captación del agua, las cuales funcionarán como alivió.



Fotografía 10: Construcción de bóvedas



- g) La formación de los terraplenes en esta obra, principalmente se realizarán donde existe sección en balcón y el volumen a ejecutar es mínimo, dado que en el proyecto los movimientos de curva masa no son compensados, debido principalmente a que la excavación es 100% a desperdicio por la mala calidad del material de corte.



Fotografía 11: Excavación para la formación de terraplenes.

- h) Los materiales a usar para la formación de los terraplenes están considerados en los bancos de préstamo propuestos en el proyecto, como son: el “Arenal” ubicado en el km 116 de la Autopista, el “Tejamaniles” ubicado en el km 112+500 desviación derecha a 13,000 metros, “La mina ubicado en el municipio de Teopancingo, “El Sifón” ubicado en los márgenes del río Texcapa y “Laguna Seca”, los cuales cumplen con las especificaciones de proyecto.
- i) Los pavimentos se llevarán acabo a partir de la capa de base hidráulica con espesor de 30 cm. y está considerada traerla del banco de Tepeapulco y Laguna Seca, el cual cumple con un equivalente de arena mínimo de 50 %.
- j) Esta capa de base hidráulica está contemplada ejecutarla con motoconformadora y su compactación se realizará con un compactador mixto.



Fotografía 12: Compactación de la capa de base.

- k) Se deberá aplicar a la base hidráulica un riego de impregnación con emulsión asfáltica del tipo RLI-2K, para proteger la capa de las lluvias y/o intemperismo.

- l) La carpeta asfáltica se colocará en una capa de 10 cm. de espesor mas el abundamiento y está contemplada traerla del banco de Xometla, el cual cumple con las especificaciones requeridas en el proyecto. Dicha capa se colocará con un pavimentador del tipo Demag y la compactación se realizará mediante los compactadores neumático y tándem.

En la siguiente fotografía se puede observar parte del proceso de colocación de la carpeta asfáltica, el cual consiste en el tendido de material, el esparcido de este material manualmente, y finalmente la compactación de esta capa para lograr el espesor requerido mediante el uso de un rodillo liso.

Es importante mencionar que este proceso de colocación de la carpeta asfáltica tiene que cumplir con un tiempo máximo para que se obtenga la calidad de resistencia requerida para esta capa.



Fotografía 13: Colocación de la carpeta asfáltica

- m) Una vez concluidos los trabajos de la pavimentación o previo a esta actividad, se procede a ejecutar las obras complementarias, las cuales consisten principalmente en bordillo, cuneta, contracuenta, cercado del derecho de vía, etc., dichas actividades se llevarán acabo donde lo indique el proyecto ejecutivo.



Fotografía 14: Obras complementarias (cunetas)



Fotografía 15: Límites del derecho de vía

- n) Concluidos los trabajos, se informa a la supervisión mediante bitácora de obra y/o mediante oficio de la terminación de los mismos y se procede a programar la recepción de la obra.

A continuación se presentan dos programas de trabajo, en el primer programa se muestra un aspecto general del proceso constructivo de la autopista, donde se puede dar seguimiento a el orden en que se llevaran a cabo las actividades constructivas que van desde la liberación del derecho de vía, hasta la revisión y entrega de la obra.

En el segundo programa se muestra un aspecto mas detallado de las actividades que integraran el proceso constructivo para construcción de las obras complementarias, que van desde la construcción accesos, la construcción de la carpeta asfáltica y la construcción de guarniciones, hasta la entrega de las obras al cliente.

Proceso general de la obra.

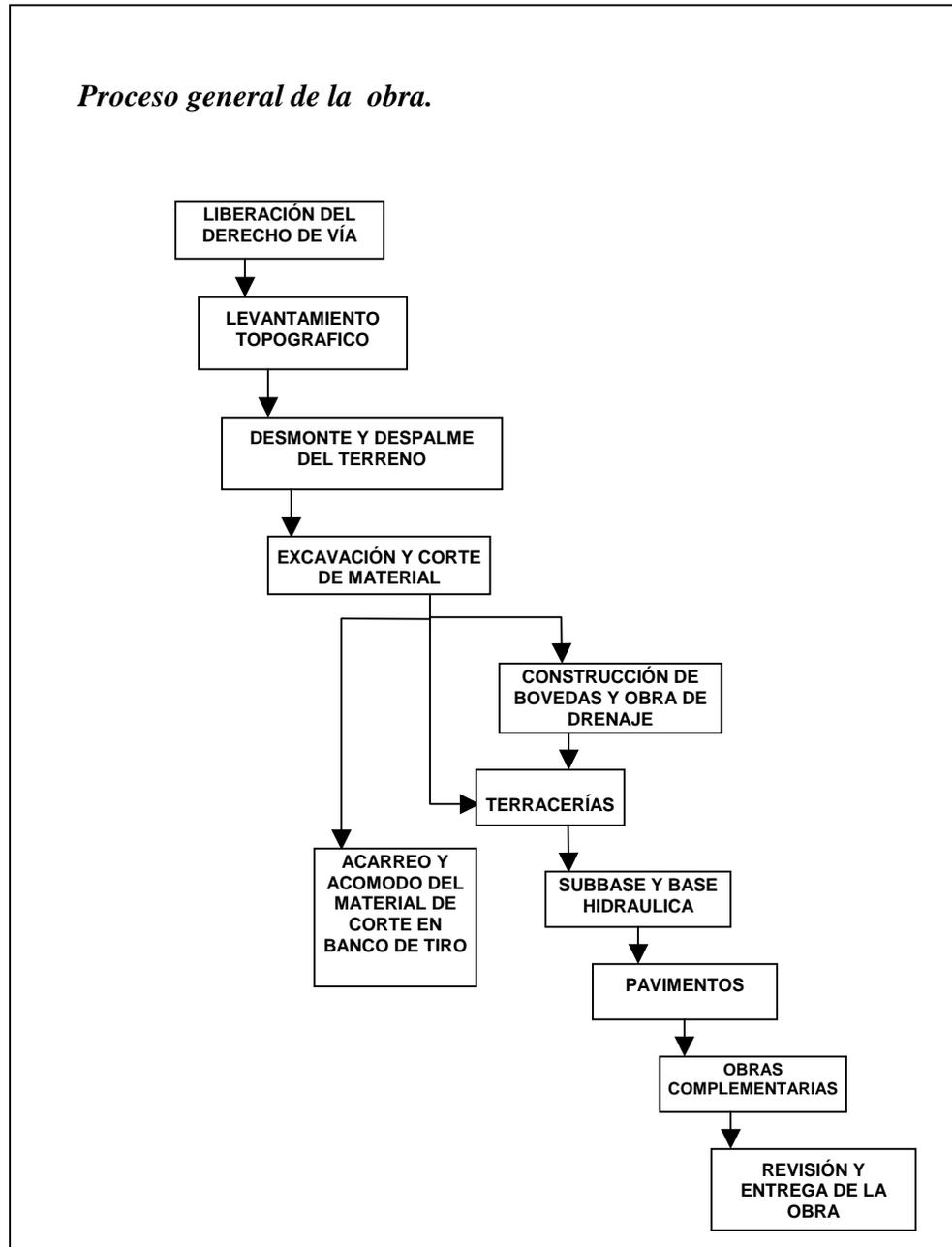


Imagen 9: Proceso general de la obra

Proceso de ejecución de la obra para los accesos y obras complementarias

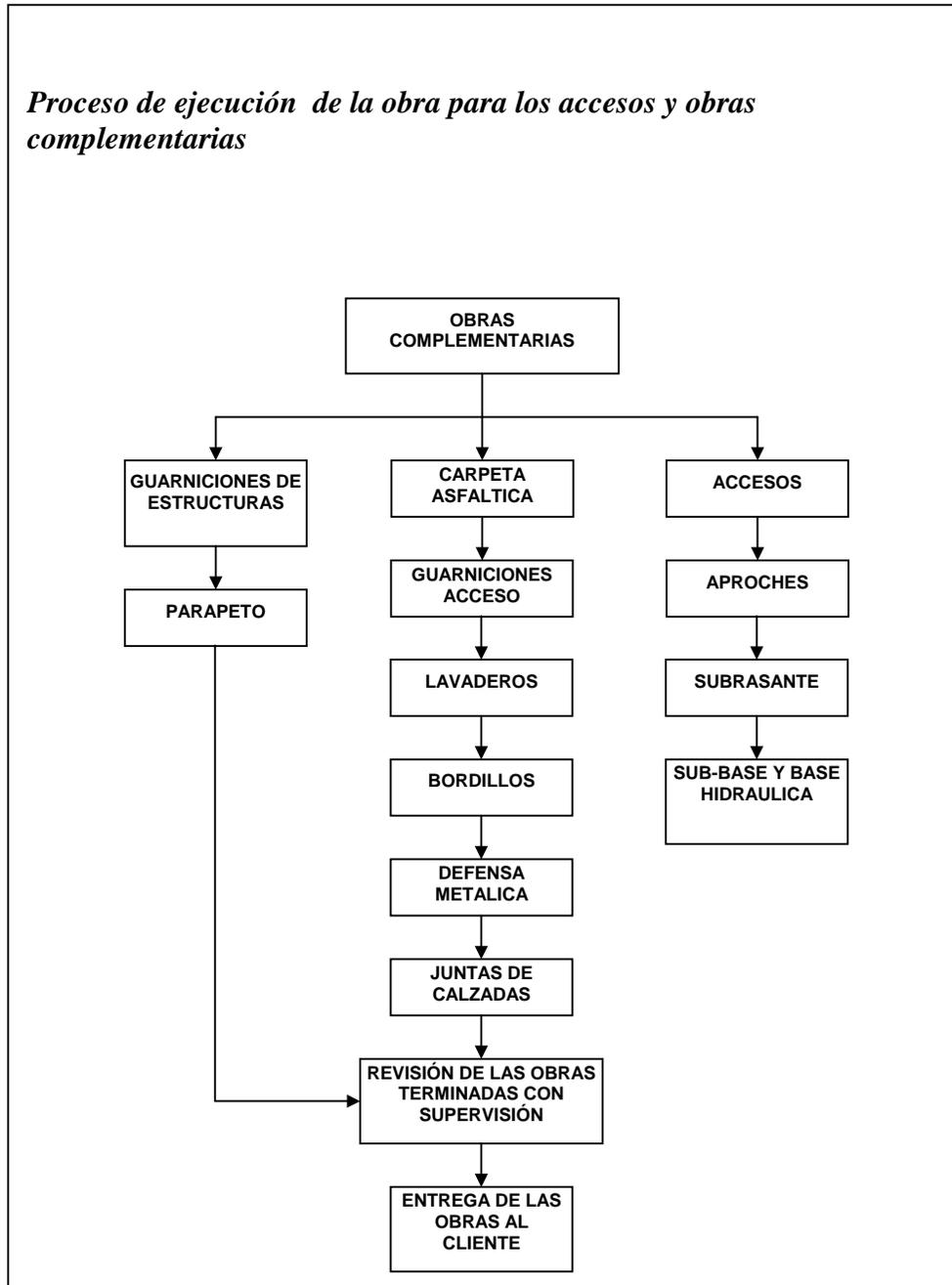


Imagen 10: Proceso de ejecución de la obra para los accesos y obras complementarias



II. 2. COSTO ESTIMADO DE PROYECTO

Para establecer el costo estimado del proyecto se deberá de tomar en cuenta todos los egresos que se tengan contemplados para los tres tramos tomando en cuenta el equipo, materiales y mano de obra que se necesitara para la realización del proyecto, para lo cual se tiene que hacer un análisis detallado de precios unitarios, salarios de los trabajadores, costos de materiales, así como el costo indirecto del proyecto.

TERRII01 CONCEPTO No. 13.01.01 TERRACERÍAS 009-C DESMONTE 009-C.02 Desmonte por Ha
Unidad de Obra terminada

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
	Mano de Obra				
MN105	AYUDANTE GENERAL	TNO	6.583552	\$ 282.67	\$ 1,860.97
MN099	CABO DE OFICIOS	TNO	0.241682	\$ 650.85	\$ 157.30
	Suma de Mano de Obra				\$ 2,018.27
	Equipo				
A740S	TRACTOR/ORU CAT D8R 37029K	HR	1.816791	\$ 1,004.19	\$ 1,824.40
C123D	CAMION PLATAFORMA 19 PIES	HR	1.816791	\$ 203.30	\$ 369.35
EM014	MOTOSIERRA MCCULLOCH 24"	HR	11.199488	\$ 7.47	\$ 83.66
	Suma de Equipo				\$ 2,277.42
	Costo Directo				\$ 4,295.69
	Indirectos			27.6800%	\$ 1,189.05
	Subtotal				\$ 5,484.74
	Financiamiento			0.3039%	\$ 16.67
	Subtotal				\$ 5,501.40
	Utilidad			5.2700%	\$ 289.92
	Subtotal				\$ 5,791.33
	Cargos Adicionales			0.0956%	\$ 4.11
					\$ 5,795.43
					PRECIO UNITARIO
					CINCO MIL SETECIENTOS NOVENTA Y CINCO PESOS 44/100 M.N.

Tabla 17: Precios unitarios para conceptos de obra para desmonte



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO



TERRII02 CONCEPTO No. 23.01.01 TERRACERÍAS 009-D CORTES 009-D.04 Despalmes m3
desperdiciando el material, por Unidad de Obra terminada

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Mano de Obra					
A740S	TRACTOR/ORU CAT D8R 37029K	HR	0.000455	\$ 1,004.19	\$ 0.46
A212AC	RETROEXC CAT 330L 2.75 YD3	HR	0.004000	\$ 665.06	\$ 2.66
A740E	TRACTOR S/O CAT D6R	HR	0.004545	\$ 685.94	\$ 3.12
Suma de Equipo					\$ 6.23
Costo Directo					\$ 6.23
Indirectos				27.6800%	\$ 1.73
Subtotal					\$ 7.96
Financiamiento				0.3039%	\$ 0.02
Subtotal					\$ 7.98
Utilidad				5.2700%	\$ 0.42
Subtotal					\$ 8.41
Cargos Adicionales				0.0956%	\$ 0.01
PRECIO UNITARIO					\$ 8.41
OCHO PESOS 41/100 M.N.					

Tabla 18: Precios unitarios de conceptos de obra para despalmes

Por otra parte se ha hecho una predicción de las tarifas que podrían ser aceptables en base al tránsito promedio para obtener un costo por kilómetro, en base a un estudio de asignación y de preferencia declarada.

TARIFA Y TRÁNSITO VEHICULAR			
DICIEMBRE 2004			
AUTOPISTA	TARIFA PROMEDIO PESOS	TRANSITO PROMEDIO DIARIO	COSTO / KM
MÉXICO - TUXPAN			
Tihuatlán-tuxpan y puente tuxpan	31.2	5218	0.84
Libramiento Cd. Tulancingo y Asunción Tejocotal	29.6	7190	0.72
Tejocotal - Nuevo Necaxa	15.0	3005	0.76
total		15413	

tarifas autorizadas por la SCT, a partir de Enero de 2005

Tabla 19: Tarifas propuestas.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO



CATEGORIA	SALARIO BASE	FACTOR	SALARIO REAL
Ayudante general	\$ 180.83	1.5632	\$ 282.67
Cabo de oficios	\$ 418.79	1.5541	\$ 650.84
Operador de retroexcavadora	\$ 253.66	1.5586	\$ 395.35
Operador de bulldozer A	\$ 262.18	1.5582	\$ 408.53
Oficial fierro	\$ 292.95	1.5571	\$ 456.15
Perforista	\$ 324.33	1.5561	\$ 504.69
Oficial carpintero en obra negra	\$ 231.87	1.5597	\$ 361.65
Oficial albañil	\$ 249.32	1.5588	\$ 388.64
Chofer de pipa de agua	\$ 255.07	1.5585	\$ 397.53
Operador de compresora	\$ 288.62	1.5572	\$ 449.44
Operador de tractocompactador	\$ 249.78	1.5588	\$ 389.36
Operador de trituradora	\$ 335.14	1.5588	\$ 522.42
Operador de bomba de agua	\$ 288.62	1.5572	\$ 449.44
Operador de track drill hidráulico	\$ 324.33	1.5561	\$ 504.69
Operador de vehic.c/grua	\$ 288.72	1.5572	\$ 449.59
Operador de compactador	\$ 249.78	1.5588	\$ 389.36
Chofer de camioneta	\$ 246.92	1.5589	\$ 384.92
Poblador	\$ 234.60	1.5595	\$ 365.86
Operador de planta de luz	\$ 288.62	1.5572	\$ 449.44
Oficial soldador	\$ 324.84	1.5561	\$ 505.48
Operador de motoconformadora A	\$ 509.04	1.5529	\$ 790.49
Chofer de camión	\$ 255.07	1.5585	\$ 397.53
Vibradorista	\$ 234.60	1.5595	\$ 365.86
Maniobrista	\$ 249.32	1.5588	\$ 388.64
Oficial electricista corriente A.	\$ 288.62	1.5572	\$ 449.44
Operador de bomba de concreto	\$ 304.46	1.5567	\$ 473.95
Operador de Traxc.neum. Y/o oruga A.	\$ 253.95	1.5586	\$ 395.81
Rastrillero	\$ 288.62	1.5572	\$ 449.44
Operador de maq. espec.	\$ 324.33	1.5561	\$ 504.69
Lanzador	\$ 304.46	1.5567	\$ 473.95
Oficial electricista c/directa	\$ 297.19	1.5569	\$ 462.70
Operador de maquina esp. Estabilizadora	\$ 324.33	1.5561	\$ 504.69
Operador de planta de asfalto	\$ 335.14	1.5558	\$ 521.41
Tomillero	\$ 288.62	1.5572	\$ 449.44
Calderero	\$ 288.62	1.5572	\$ 449.44
Operador de petrolizadora	\$ 288.62	1.5572	\$ 449.44
Operador planta concreto	\$ 335.14	1.5558	\$ 521.41
Operador de revolvedora	\$ 288.62	1.5572	\$ 449.44
Operador de barredora	\$ 250.48	1.5587	\$ 390.42

Tabla 20: Salarios de los trabajadores



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO



No.	Descripción del material	Unidad	Costo en el mercado	Costo puesto en obra
1	Alambrón de 1/4"	kg	\$ 3.45	\$ 3.45
2	Chaflán de madera de 3/4" X 8"	m	\$ 4.00	\$ 4.00
3	Canal mon-ten 8" X 1 1/4" cal. 10	kg	\$ 5.20	\$ 5.20
4	Tarifa acarreo 1er Km	m3s	\$ 6.50	\$ 6.50
5	Tarifa acarreo Km subsiguientes	m3s-km	\$ 2.50	\$ 2.50
6	Malla de 3" de 4 X 5'	pza	\$ 1,310.00	\$ 1,310.00
7	Malla electrosoldada de 6 X 6 10/10	m2	\$ 4.75	\$ 4.75
8	Muela fija primario 30 X 42"	pza	\$ 72,615.00	\$ 72,615.00
9	Tubo de PVC de 4"	ml	\$ 55.19	\$ 55.19
10	Godyne 300 1" X 8"	kg	\$ 26.77	\$ 26.77
11	Godyne 500 3" X 16"	kg	\$ 20.95	\$ 20.95
12	Anfomex atlas baja densid.	kg	\$ 5.16	\$ 5.16
13	Primacord reforzado	mt	\$ 3.86	\$ 3.86
14	E-cord primacord	mt	\$ 2.63	\$ 2.63
15	Mecha blanca	mt	\$ 1.92	\$ 1.92
16	Capsula fulminante No. 6	pza	\$ 1.35	\$ 1.35
17	Malla para gallinero	m2	\$ 5.00	\$ 5.00
18	Acero integral 7/8" x 800 mm 11-80-cm	pza	\$ 879.62	\$ 879.62
19	Acero integral 7/8" serie 11-160-cm	pza	\$ 1,088.71	\$ 1,088.71
20	Barra de extension 10' rope 1 1/2"	pza	\$ 2,183.70	\$ 2,183.70
21	Cople rope 1 1/2"	pza	\$ 383.77	\$ 383.77
22	Cople PVC de 2" diam. Línea hidráulica	pza	\$ 15.87	\$ 15.87
23	Manguera de descarga de 2" diam.	m	\$ 154.00	\$ 154.00
24	Alambre de puas	rollo	\$ 245.00	\$ 245.00
25	Acetileno	m3	\$ 59.95	\$ 59.95
26	Oxigeno	kg	\$ 13.62	\$ 13.62
27	Diesel	Lt	\$ 4.23	\$ 4.23
28	Hoja de triplay de 19 mm.	Hja	\$ 454.00	\$ 454.00
29	Clavo de 2 a 4"	kg	\$ 4.67	\$ 4.67
30	Tabique rojo recocido	pza	\$ 0.78	\$ 0.78
31	Barrote pino 3a. 2" x 4" x 8 1/4'	pza	\$ 24.50	\$ 24.50
32	Banda 36" 3 capas	m	\$ 447.74	\$ 447.74
33	Banda 24" 2 capas 3/16" x 1/16"	mt	\$ 298.00	\$ 298.00
34	Banda 30" 3 capas	mt	\$ 372.65	\$ 372.65
35	Banda radial 24"	pza	\$ 597.20	\$ 597.20
36	Tubo de concreto reforzado de 90 cm de diam.	m	\$ 934.61	\$ 934.61
37	Tubo de concreto reforzado de 120 cm de diam.	m	\$ 1,612.75	\$ 1,612.75
38	Tubo de concreto reforzado de f'c=350kg/cm2	m	\$ 2,428.00	\$ 2,428.00
39	Manguera p/agua 1" de diam.	m	\$ 48.55	\$ 48.55
40	Tanque de almacenamiento 40 m3	pza	\$ 33,717.00	\$ 33,717.00
41	Cemento asfáltico AC-20	kg	\$ 2.01	\$ 2.01
42	Anillo difusor 2" de diam.	pza	\$ 33.80	\$ 33.80
43	Acero de refuerzo	t	\$ 3,810.00	\$ 3,810.00
44	Aditivo acelerante sika sigunit-b	kg	\$ 9.00	\$ 9.00
45	Medio tubo de lamina de 61 cm de diam. Cal. 16	ml	\$ 154.00	\$ 154.00
46	Alambre recocido No. 18	kg	\$ 4.50	\$ 4.50
47	Emulsión cationica R LI.2 k	Lt	\$ 2.32	\$ 2.32
48	Aditivo fluidizante	Lt	\$ 11.35	\$ 11.35



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO



49	Aditivo reductor de agua	Lt	\$	11.35	\$	11.35
50	Arena	m3	\$	170.00	\$	170.00
51	Broca de cruz rope 1 1/2 x 3 "	pza	\$	1,545.00	\$	1,545.00
52	Boquilla para lanzado 2"	pza	\$	1,720.00	\$	1,720.00
53	Material granular para asiento de obras de drenaje	m3	\$	120.30	\$	120.30
54	Cemento a granel portland tipo I	Ton	\$	1,100.00	\$	1,100.00
55	Cemento a granel portland tipo III	Ton	\$	1,270.00	\$	1,270.00
56	Conector primacord	pza	\$	33.57	\$	33.57
57	Malla de No. 4 de 5 x 4'	pza	\$	703.00	\$	703.00
58	Canalon de lamina	m	\$	144.20	\$	144.20
59	Cono y tazón 489-s	Jgo	\$	86,283.00	\$	86,283.00
60	Cono y tazón 48-fc	Jgo	\$	70,833.00	\$	70,833.00
61	Cuerpo de agua 2"	pza	\$	1,442.00	\$	1,442.00
62	Cople 6" hd c/tornillo ajustable	pza	\$	769.70	\$	769.70
63	Cesto receptor diablo	pza	\$	3,417.30	\$	3,417.30
64	Cartón asfaltado 4.0 cm de esp.	m2	\$	4.43	\$	4.43
65	Cimbra para bóveda de 2 m	ml	\$	4,250.00	\$	4,250.00
66	Cimbra para bóveda de 3 m	ml	\$	6,599.00	\$	6,599.00
67	Cable manila de 1" de diámetro	m	\$	36.00	\$	36.00
68	Copolímero de acrílico	kg	\$	43.00	\$	43.00
69	Concreto premezclado f'c= 100 kg/cm2	m3	\$	700.00	\$	700.00
70	Concreto premezclado f'c= 150 kg/cm2	m3	\$	755.00	\$	755.00
71	Concreto premezclado f'c= 200 kg/cm2	m3	\$	800.00	\$	800.00
72	Concreto premezclado f'c= 250 kg/cm2	m3	\$	850.00	\$	850.00
73	Concreto premezclado f'c= 300 kg/cm2	m3	\$	1,098.40	\$	1,098.40
74	Discos y empaque p/lanzadora	Jgo	\$	515.00	\$	515.00
75	Desenclavante sika separol	Lt	\$	5.70	\$	5.70
76	Diablo tubo acero	pza	\$	1,428.80	\$	1,428.80
77	Duela de pino 3 y 3/4" x 10 " x 8 1/4'	pza	\$	55.00	\$	55.00
78	Pasto tepe	m2	\$	7.60	\$	7.60
79	Caja de gavión de 1 x 1 x 2 m	pza	\$	340.00	\$	340.00
80	Geotextil CL B no tejido de polipropileno o polietileno	m2	\$	4.45	\$	4.45
81	Geomalla biodegradable de 0.7 x 0.7 cm	m2	\$	5.00	\$	5.00
82	Geotextil tipo terramesh	m2	\$	20.00	\$	20.00
83	Tierra vegetal	m3	\$	6.30	\$	6.30
84	Viga IPR de 6" x 4" 13.39 kg/m	kg	\$	4.75	\$	4.75
85	Membrana de curado curafest rojo	Lt	\$	7.86	\$	7.86
86	Manguera de 1/4" de diámetro.	m	\$	6.08	\$	6.08
87	Malla electrosoldada 10 x 10	m2	\$	10.30	\$	10.30
88	Manguera p/aire A.P 3/4" de diámetro.	m	\$	52.93	\$	52.93
89	Madera cimbra polin 4" x 4" x 8' 1 1/2" x 3 1/2"	Pt	\$	5.39	\$	5.39
90	Madera barrote 2da. 22 x4" x 8' 1 1/2" x 3 x 1/2"	Pt	\$	24.50	\$	24.50
91	Malla de 3/4" de 7 x 4'	pza	\$	1,446.00	\$	1,446.00
92	Malla de 3/8" de 7 x 4'	pza	\$	1,257.00	\$	1,257.00
93	Manguera p/lanzado de 2" de diámetro.	m	\$	865.09	\$	865.09
94	Molote barredora autopropulsada	pza	\$	3,797.50	\$	3,797.50
95	Muela móvil primario de 30 x 42"	pza	\$	75,705.00	\$	75,705.00
96	Manguera final 6" x 12' HD	pza	\$	7,662.30	\$	7,662.30
97	Fibra de celulosa de madera 100% virgen color verde	m3	\$	120.00	\$	120.00



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO



98	Malla de triple torsion de 8*10*2.7 cal. 12 y 10 esc	m2	\$ 42.68	\$ 42.68
99	Manometro de 0-11 kg	pza	\$ 278.40	\$ 278.40
100	Grava-arena graduada para filtro	m3	\$ 80.00	\$ 80.00
101	Martillo de fondo de 2 1/2" de diam.	pza	\$ 22,000.00	\$ 22,000.00
102	Suministro de material para revestimiento	m3	\$ 32.00	\$ 32.00
103	Neopreno	dm3	\$ 100.00	\$ 100.00
104	Placa acero de 1/4"	kg	\$ 4.50	\$ 4.50
105	Polin pino 3a. 4" x 4" x 8 1/4"	pza	\$ 44.00	\$ 44.00
106	Piedra braza	m3s	\$ 151.90	\$ 151.90
107	Piedra para la estabilizacion de suelos blandos	m3	\$ 80.00	\$ 80.00
108	Poliducto de 1" de diam. Negro C 40	ml	\$ 4.30	\$ 4.30
109	Poliuretano	pza	\$ 95.00	\$ 95.00
110	Poste de concreto p/cercado de 0.15 x 0.15 x 1.80	pza	\$ 120.00	\$ 120.00
111	Reduccion de 2 1/4" a 1" negra	pza	\$ 27.33	\$ 27.33
112	Emulsion asf. RR-2k	Lt	\$ 1.98	\$ 1.98
113	Soldadura 7018 3/16"	kg	\$ 11.77	\$ 11.77
114	Sello de hule	ml	\$ 90.00	\$ 90.00
115	Semilla de pasto	kg	\$ 60.00	\$ 60.00
116	Semilla de leguminosa	kg	\$ 60.00	\$ 60.00
117	Material,acce,dere. Y ases. Dieño prefabricado	m2	\$ 270.40	\$ 270.40
118	Tanque de almacenamiento 8 m3	pza	\$ 10,843.00	\$ 10,843.00
119	Tubo perforado de PVC de 51mm (2") de diam	m	\$ 30.75	\$ 30.75
120	Tanque hidroneumatico	pza	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
121	Tubo para perforacion 3 m x 70 mm	pza	\$ 2,200.00	\$ 2,200.00
122	Tubo para perforacion 1.5 m x 10 mm	pza	\$ 2,600.00	\$ 2,600.00
123	Tubo de concreto reforzado e 105 cm de diam.	m	\$ 1,183.00	\$ 1,183.00
124	Tubo de concreto de 15 cm de diam.	ml	\$ 24.50	\$ 24.50
125	Tubo de concreto de 20 cm de diam.	ml	\$ 33.20	\$ 33.20
126	Union esp. P/lanzado 2"	pza	\$ 515.00	\$ 515.00
127	Valvula de 2" de diam. Globo 150 lbs	pza	\$ 692.00	\$ 692.00
128	Zanco I. Rand vii120 1 1/2"	pza	\$ 1,133.00	\$ 1,133.00
129	Nonel 30' m.s.	pza	\$ 29.06	\$ 29.06
130	Pago de regalías del agua	m3a	\$ 3.00	\$ 3.00
131	Pago de regalías de prestamos de banco "Sidney"	m3b	\$ 5.17	\$ 5.17
132	Pago de regalías de prestamos	m3b	\$ 10.00	\$ 10.00
133	Regalías banco de materiales	m3b	\$ 5.00	\$ 5.00
134	Regalía de banco de materiales para pavimentos	m3b	\$ 15.20	\$ 15.20
135	Pago de regalías banco desperdicio	m3b	\$ 3.00	\$ 3.00

Tabla 21: Costo de materiales



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO



				ADMINISTRACION			
				CENTRAL		OBRA	
1.- Honorarios, sueldos y prestaciones							
	11.- Personal directivo		\$	1,022,657.66		\$	-
	12.- Personal tecnico		\$	876,883.22		\$	12,993,905.19
	13.- Personal administrativo		\$	981,911.74		\$	4,061,496.24
	14.- Personal en transito		\$	813,291.92		\$	-
	15.- Cuota patronal de seguro social e impuesto adicional para remuneraciones pagadas para 11 a 14		\$	1,775,136.40		\$	1,266,702.17
	16.- Pasajes y viaticos		\$	1,074,852.41		\$	72,000.00
	17.- Consultores y asesores		\$	86,200.00		\$	591,263.23
	18.- Estudios e investigaciones		\$	236,505.29		\$	-
2.- Depreciacion, mantenimiento y rentas							
	2.1- Edificios locales		\$	649,341.56		\$	935,000.00
	2.2.- Camapamentos		\$	-		\$	1,240,845.35
	2.3.- Talleres		\$	-		\$	280,000.00
	2.4.- Bodegas		\$	-		\$	165,000.00
	2.5.- Instalaciones generales		\$	-		\$	1,451,125.00
	2.6.- Muebles y enseres		\$	671,401.53		\$	112,500.00
3.- Enseres							
	3.1- Depreciacion, renta, operaci3n y vehiculos		\$	385,757.17		\$	2,278,452.34
	3.2.- Laboratorio de campo		\$	-		\$	2,066,947.28
4.- Fletes y acarreos							
	4.1- De campamentos		\$	-		\$	53,000.00
	4.2.- De equipo de construccion		\$	-		\$	4,897,675.20
	4.3.- De plantas y elementos para instalaciones		\$	-		\$	-
	4.4.- de mobiliario		\$	-		\$	30,000.00
5.- Gastos de oficina							
	5.1- Papeleria y utiles de escritorio		\$	636,818.73		\$	1,134,000.00
	5.2.- Correos, telefonos, telgramas, radio		\$	1,382,665.40		\$	1,533,600.00
	5.3.- Situacion de fondos		\$	-		\$	9,000.00
	5.4.- Copias y duplicados		\$	619,097.04		\$	288,000.00
	5.5.- Luz, gas y otros consumos		\$	1,270,895.70		\$	437,400.00
	5.6.- Gastos de concurso		\$	2,000.00		\$	-
6.- Fianzas							
	6.1- Primas por fianzas		\$	-		\$	1,996,318.49
7.- Seguros							
			\$	-		\$	10,764,953.82
8.- Trabajos previos y auxiliares							
	8.1- Constit, y conserv de desviaciones y camiones de acceso		\$	-		\$	15,000,000.00
	8.2.- Montaje y desmontaje de equipo		\$	-		\$	225,000.00
	8.3.- Apoyo topografico		\$	-		\$	960,000.00
	8.4.- Letreros y señalizacion		\$	-		\$	167,000.00
	SUMA =		\$	12,485,415.77		\$	65,011,184.31
COSTO DIRECTO = CD							
			\$	279,908,837.25			
						FACTOR	
ADMINISTRACION CENTRAL =							
			\$	12,485,415.77	x 100 =	4.46 %	
			\$	279,908,837.25			
ADMINISTRACION EN OBRA =							
			\$	65,011,184.31	x 100 =	23.23 %	
			\$	279,908,837.25			
	SUMA =					27.69 %	1.2769

Tabla 22: Costo Indirecto



			FACTOR
Administracion central	4.46	%	
Adminsitracion de obra	23.23	%	
a) Suma : Cargo indirecto	27.69	%	12769
b) Cargo por financiamiento	0.3039	%	1003039
c) Cargo por utilidad	5.27	%	10527
d) Cargos adicionales (%del C.D)	0.0956	%	1000956
Factor del Costo indirecto (A xB xC) +D	34.92	%	1.3492

Tabla 23: Resumen del factor del Costo Indirecto

II. 3. MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO

En el caso de la maquinaria, el gerente del proyecto y la superintendencia de maquinaria, dan el seguimiento al programa de utilización del equipo, gestionando con la gerencia de maquinaria, que es la encargada de suministrar el equipo requerido en los proyectos, ya sea de manera directa o a través de arrendamientos.

Es importante mencionar que la gran mayoría del equipo utilizado para la realización de este proyecto, es rentado por la empresa constructora (ICA), ya que esta por el momento no cuenta con maquinaria pesada como son retroexcavadoras, pavimentadoras, grúas de gran capacidad, etc, que estén disponibles en estos momentos para realizar los trabajos necesarios para la construcción de esta Autopista.

Por otra parte debido a las condiciones sindicales que operan en la región del proyecto, se hace necesaria la utilización de camiones de volteo particulares con sus respectivos operarios, para la construcción de la Autopista. Estos camiones y operarios serán proporcionados por el sindicato de transportistas, para lo cual se deberá de llegar a un arreglo económico con los sindicatos respectivos para que estos puedan proporcionar el servicio necesario durante todo el tiempo requerido del proyecto.

En la siguiente tabla se muestra la mayoría del equipo necesario para la construcción de la Autopista, donde podemos observar algunas características, como son: su capacidad y tiempo de utilización



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO



NÚMERO DE UNIDADES	DENOMINACIÓN	TIPO DE MAQUINA	CAPACIDAD DE LA MAQUINA	TIEMPO DE UTILIZACIÓN
18	330 L	RETROEXC CAT 330L 2.75 YD3	2.75 YDS	19 Meses
4	966 G	CARGADOR S/NEUM CAT 966G DE 4.75 YD3	4.75 YD	13 Meses
2	928F	CARGADOR NEUM CAT 928F	2.25 YD3	13 Meses
2	416	RETRO CON CARGADOR CAT 416	1.25 YD3	14 Meses
5	DH550 S	PERF. HID TAM/ROCK DH550S 3.1/2"	3.1/2"	19 Meses
3	140 G	MOTOCONFORMADORA CAT 140G	15 TON	16 Meses
3	CS563-C	COMPACTADOR MIXTO CAT CS563-C	1800 VPM	19 Meses
3	DD22	COMPACTADOR TANDEM I.RAND DD22 2610K	4000 VPM	8 Meses
2	CB534B	COMPACTADOR TANDEM CAT CB534B	10 TON	1 Meses
2	PF300	COMPACTADOR NEUM CAT PF300 21000K	21 TONC/L	1 Meses
4	825-G	COMPACTADOR PATA CABRA CAT 825-G 32 TON	32.4 TON	14 Meses
2	696 540 TPH	ESTABILIZADORA PAV CEDARRAPIDS 696 540 PTH	250-545 TON/HR	2 Meses
4	1 A 30 X 42"	TRITURADORA TELSMITH 1 A 30 X 42"	127-200 TON/HR	13 Meses
4	2 A 489SG	TRITURADORA TELSMITH 2A 489SG	154-209 TON/HR	13 Meses
4	3A 48 FC	TRITURADORA TELSMITH 3A 48FC	50-163 TON/HR	13 Meses
4	SD716SM	PLANTA CRIBADO TELSMITH SD716SM	726 TON/HR	13 Meses
1	5000	PLANTA CONC ODISA 5000 50 M3/HR	50 M3/HR	13 Meses
1	MAXISWEEP 6000	BARREDORA MAXISWEEP 6000	6 M3/MIN	1 Meses
1	PTD 300	PLANTA ASF CMI PTD-300	300 TON	1 Meses
3	DF140C	PAVIMENTADORA DEMA G DF140C 7.5 M	0.3-7.5 M	2 Meses
1	250 KW	PLANTA DE LUZ DE 250 KW	250 KW	13 Meses
4	1000 KW	PLANTA DE LUZ DE 1000 KW	1000 KW	13 Meses
3	80 KW	PLANTA DE LUZ OLYMPIAN 80 KW	80 KW	1 Meses
2	545 KW	PLANTA DE LUZ CAT 545 KW	545 KW	1 Meses
3	600 PCM	COMPRESOR PORT I.RAND 600 PCM	600 PCM	19 Meses
3	P 375	COMPRESOR PORT I.RAND 600 PCM	375 PCM	19 Meses
3	AP XHP750	COMPRESOR PORT AP XHP750	750 PCM	11 Meses
13	D6R	TRACTOR S/O CAT D6R	18.19 TON	19 Meses
14	D8R	TRACTOR/ORU CAT D8R 37029K	U-7'4"	19 Meses
2	36" X 18 M	BANDA TRANSP 36" X 18 M	422-639 TPH	13 Meses
2	30" X 27 M RAD	BANDA RADIAL 30" X 27 M	410 TPH	13 Meses
3	30" X 18 M	BANDA TRANSP 30" X 18 M	300 PPM	13 Meses
5	24 X 18 M	BANDA TRANSP 24 X 18 M	300-400 TPH	13 Meses
1	BBAS 4. 1/2"	PERFOR/NEUM STENUICK BBAS 4.12" X 30 MT	1/2" X 30 MT	11 Meses
5	S-58	PERFORADORA NEUM PISO G DENVER S-58	118 PCM	19 Meses
5	PR 8	COMPACTADOR VIB DYNAPAC PR8H . 74 M	4400 VPM	9 Meses
1	R10	REVOLVERDORA CONC MIPS A R10 1 SACO	1 SACO	13 Meses
1	FORSA 7.5 M3	OLLA REV. CONC FORSA 7.5 M3 DINA	7.5 M3	13 Meses
2	25 M3	TOLVA RECEP 25 M3	25 M3	13 Meses
1	90 TON	SILO P/CEMENTO 90 TON	90 TON	13 Meses
1	BSA2110	BOMBA CONC PUTZMEISTER BSA2110 110M3H	110 M3H	14 Meses
3	ALIVA 260	LANZADORA CONC. ALIVA 260	4-6 M3/HR	1 Meses
1	SYCSA 450960	SOPLADOR PARA CEMENTO SYCSA 450960	4" DIA 15 PSI	13 Meses
3	BOSH 18600	VIBRADOR CONC BOSH 18600 2.25"	10800-12000 VPM	14 Meses
1	SEAMAN G. 1580	PETROLIZADORA/CAM SEAMAN G. 1580 5900L	5900 LT	2 Meses
2	50 KW	PLANTA DE LUZ DE 50 KW	50 KW	1 Meses
2	CLAYTON EO 100	CALDERA VAPOR CLAYTON EO 100	100 BHP	1 Meses
2	15215	CONVERTIDOR BOSCH 15215 3KVA	3 KV	14 Meses
4	HIAB	GRUA S/CAM HIAB 6 TON	6 TON	14 Meses
3	32 s/c	PLATAFORMA AEREA MARK LIFT 32 S/C	***	1 Meses
2	DAR 55	DOBLADORA VARILLA ALBA DAR55	55 MM	14 Meses
2	CRM 55	CORTADORA VARILLA ALBA CRM55	55 MM	14 Meses
2	300 AMP	SOLDADORA DIE LINCOLIN 300 AMP	300 AMP	13 Meses
4	40 MD	BOMBA CENTRIF BARNES 40 MD 4 "	4 "	16 Meses
1	19 PIES	CAMION PLATAFORMA 19 PIES	20 TON	18 Meses
9	L151752	PIPA AGUA M. BENZ 8000 LT	8000 LT	16 Meses
3	F350	CAMIONETA ESTACAS F350 3500KG	3500 KG	9 Meses
2	DINA 10 M3	CAMION VOLTEO DINA 10 M3 GRAVERO	10 M3	13 Meses
2	DINA 10 M3	CAMION VOLTEO DINA9400 10 M3 ROCA	10 M3	13 Meses
6	S/M	ASPERSORA DE CURACRETO	S/C	14 Meses
1	S/M	EQUIPO OXIACETILENO	S/C	6 Meses
1	MCCULLOCH	MOTOSIERRA MCCULLOCH 24"	24 "	18 Meses

Tabla 24: Equipo y maquinaria utilizada



Fotografía 16: Equipo utilizado (Cargador frontal)



Fotografía 17: Equipo utilizado (Motoconformadora)



Fotografía 18: Equipo utilizado (Pipas con agua)



Fotografía 19: Equipo utilizado (Rodillo pata de cabra)



Fotografía 20: Equipo utilizado (Hoyas revolvedoras)



Fotografía 21: Equipo utilizado (Camión de carga y Grúa)



Fotografía 22: Equipo utilizado (Tractor D8R)



Fotografía 23: Equipo utilizado (Tractor D6R)



Fotografía 24: Equipo utilizado (Retroexcavadora)

II. 4. ORGANIZACIÓN DE LA OBRA

Logística para la construcción del proyecto.

Se deberá estudiar el proyecto ejecutivo y revisar las condiciones reales para el avance de los frentes de trabajo, los posibles accesos, distancias de acarreo, así como la ubicación de la planta de concreto, los bancos de materiales tanto de préstamo como de tiro, almacén, campamentos, servicios, oficinas, de tal manera que se realicen las actividades optimizando los recursos.

OFICINAS.- Las oficinas y almacén del proyecto se ubican en la comunidad del ejido la Bóveda, Hidalgo, con una distancia promedio al proyecto de aproximadamente 5 km. Siendo la mejor ubicación este sitio, dadas las condiciones riesgosas de la carretera federal, tramo Tejocotal – Huauchinango.

PLANTA DE CONCRETO.- Ésta se ubica a 200 metros de las oficinas de obra sobre la carretera federal México - Tuxpan, entre los criterios más importantes para su ubicación en este punto son:

- Disminuir la interferencia de los camiones que suministran los materiales pétreos y los camiones de acarreo de materiales de Terracerías, ya que las condiciones de los caminos de acceso no permiten la circulación continua de camiones dado que son muy angostos.



- El área que se necesita para la eficiente operación de la planta, es superior al área que quedaría disponible sobre el derecho de vía, ya que habría interferencia con el trazo de la autopista (terracerías y pavimentos) y provocaría un segundo movimiento de la planta o acondicionamiento de caminos de acceso, lo cual es costoso y atrasaría las actividades de construcción.
- Acceso seguro de las pipas de cemento gris a granel y agregados pétreos.

BANCOS DE MATERIALES.- Para los contratos de los 3.1 y 6 Km, inicialmente la arena será suministrada por GRAVASA y la grava por Xometla, debido a que los materiales existentes en los bancos ubicados en la región, no cumplen con los requisitos de granulometría especificados y en algunos casos cumplen de manera parcial pero no tienen la infraestructura necesaria para dar el tratamiento correctivo o de mejora, se sigue buscando alternativas de bancos de materiales a fin de optimizar los recursos del proyecto y que estos cumplan con las normas de calidad establecidas, se continuará con la localización de bancos de arena y grava más cercanos.

Para el contrato de los 8.5 Km. se cuentan con 3 bancos de préstamo, que son: “La Mina”, “CFE” y “Ahuacatlan”

BANCOS DE TIRO.- En el caso de los bancos de tiro, se localizaran de tal manera que se recorra lo menos posible del sitio de carga de material al sitio de tiro (no más de 2 km de distancia), haciendo los convenios correspondientes con los propietarios de los predios, dando aviso del sitio de tiro al Fideicomiso a través de la supervisión de la obra.

Desviaciones, caminos de acceso y dispositivos de protección, incluyendo el cercado provisional del derecho de vía.

Durante la ejecución de las obras se deberán construir y conservar transitables todo el tiempo requerido, tanto las desviaciones como los caminos de acceso adecuados para comunicar a los frentes de trabajo, los lugares fijados para la obtención de los materiales destinados a su construcción, los lugares fijados para el tiro de materiales de desperdicio y para permitir el movimiento del equipo, maquinaria y vehículos necesarios para su realización, así como para el suministro de materiales que se requieran para la construcción de la obra.

Se deberá de atender y cumplir las indicaciones de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, además, se deberá elaborar todos los estudios necesarios y del proceso para la obtención de la autorización de la SEMARNAT para la construcción tanto de las desviaciones como de los caminos de acceso adecuados para comunicar a los frentes de trabajo, los lugares



fijados para la obtención de los materiales destinados a su construcción y los lugares fijados para el tiro de materiales de desperdicio.

Además, se deberá mantener la continuidad y fluidez del tránsito, disponer los trabajos en tal forma que se reduzcan al mínimo las molestias que se ocasionen a los usuarios por la construcción de la obra, y a extremar las precauciones para prevenir y evitar al tránsito accidentes de cualquier naturaleza, ya sea con motivo de los trabajos, por los movimientos de su maquinaria, equipo, o abastecimiento de materiales y por la invasión de animales por falta o ineficiencia del cercado.

El diseño geométrico de la desviación deberá considerar que el ancho de las calzadas será de 6 metros y garantizar una velocidad mínima de operación de 40 km/h, con una estructura mínima del pavimento, compuesta por una subrasante de 30 cm de espesor, una base hidráulica de 20 cm y una carpeta asfáltica de mezcla en el lugar de 10 cm. El proyecto deberá incluir un sistema de drenaje que evite encharcamientos, así como el señalamiento horizontal y vertical de acuerdo con las disposiciones de seguridad contenidas en el Capítulo 6° del Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras de la SCT (edición 1986).

II . 5 . SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

Aseguramiento de la calidad

Las políticas de calidad están debidamente enmarcadas en el manual de aseguramiento de calidad, seguridad y medio ambiente para este proyecto y se consideran de vital importancia para el cumplimiento en tiempo y calidad de esta autopista

Para garantizar la calidad de los productos procesados, agregados pétreos y concreto hidráulico se instalará un laboratorio, con las características y dimensiones de acuerdo al proyecto, con personal altamente calificado para la supervisión de la calidad de los productos; así mismo se presentará un plan de inspección y pruebas para cada una de las etapas de construcción, dicho plan indicará la frecuencia de muestreo, el tipo de prueba y lo que indiquen las especificaciones para su aceptación.

El equipo con el que se contará en el sitio de la obra, se relaciona con las etapas de terracerías, concretos y mezclas asfálticas. Todo el equipo estará calibrado de acuerdo al sistema de calidad, por lo que se podrá garantizar la veracidad de los resultados obtenidos para cada uno de los ensayos efectuados y por lo tanto asegurar la calidad de los procesos.



Seguridad en el proyecto

Para que el proyecto cuente a lo largo de su construcción con las medidas de seguridad necesarias para prevenir accidentes se deberá de implementar una serie de medidas preventivas y restrictivas para asegurar la seguridad como son la instalación de:

Señalamientos para la protección de las obras

Se deberá suministrar y colocar el señalamiento necesario y suficiente para resguardar la seguridad del personal que labora en el proyecto y de las comunidades que interfieran con proyecto, en la inteligencia de que para el inicio de las actividades, las áreas estarán señalizadas como lo marca el manual de dispositivos para esta actividad; y así se contará en la obra con todo el señalamiento indicado por norma y establecido en el proyecto.

Es importante señalar que en virtud de la presencia del alto aforo vehicular que se presenta en la zona del proyecto (Carretera Federal Mexico-Tuxpan y el tramo de autopista en operación), se atenderá con eficiencia y eficacia las normas y procedimientos de seguridad y salvaguarda que garantice la integridad física de los usuarios de las carreteras, puentes e instalaciones y la de los trabajadores que participan en la obra, debiendo considerar lo siguiente:

1. Se deberá cumplir con la señalización que viene marcada en el manual de dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras, editado por la S.C.T.
2. El personal de trabajo deberá contar con el equipo adecuado de seguridad, de acuerdo con las condiciones que marca el reglamento general de seguridad e higiene en el trabajo.
3. Se contará con un almacén suficiente de dispositivos, equipos y materiales indispensables y completos, para la señalización de la obra y protección personal de los trabajadores.
4. Se mantendrán las áreas y entornos de construcción con el máximo de limpieza y visibilidad.
5. Se colocaran señalamientos especiales en las entradas y salidas de los banco de materiales, plantas de agregados, de asfalto y todas las entradas que sean utilizadas para realizar el proyecto de acuerdo al manual de dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras, editado por la S.C.T.



Dispositivos para protección de obras (señalamiento nocturno)

Además del señalamiento diurno necesario, se instalará un señalamiento nocturno luminoso, considerando un aumento del número de señales de acuerdo con las necesidades del proyecto, en los tramos de las obras en que la seguridad de los usuarios de la carretera Federal México Tuxpan y el tramo de autopista en operación, según las condiciones climatológicas adversas o intensidad del tránsito; además de que la cantidad de señalamientos dependerá de la longitud del tramo en proceso.

El señalamiento nocturno, para proteger las zonas afectadas por los trabajos, deberá contar por frente de trabajo con un generador de energía eléctrica, que mantenga en operación una flecha luminosa intermitente, de ochenta y seis centímetros de ancho, y ciento setenta y ocho centímetros de largo, como dimensiones mínimas. También se tendrán series con focos de 40 wats a cada veinte metros cubiertos con pantallas protectoras translúcidas de color rojo; series que tendrán la longitud necesaria para cubrir las desviaciones y/o las áreas de trabajo; esto, además de colocar las señales reflejantes de señalamiento diurno.

Se aplicarán todas las providencias que sean necesarias, para mantener la continuidad y fluidez del tránsito en las salidas y entradas de los bancos o plantas de asfalto, plantas de concreto y lugares de acceso a la obra, en tal forma, que se reduzcan al mínimo las molestias que se ocasionen a los usuarios, por la ejecución de las obras y conlleven a prevenir y evitar al mismo tiempo accidentes de cualquier naturaleza, ya sea por motivos de las obras o por movimientos de maquinaria, equipo o abastecimiento de materiales.

Control de Calidad

Entre los principales procesos para los que se debe de llevar un control de calidad estricto se encuentra todo lo relacionado con concreto, por ejemplo:

Concreto lanzado en la zona de los PIVs

Para que el concreto lanzado sea aceptado, la resistencia obtenida en por lo menos el 90 % de las probetas, será igual o mayor que la fijada en el proyecto, aceptando un coeficiente de variación no mayor 15 %.

Para la calibración del equipo de lanzado de concreto se utilizarán paneles de prueba, donde se calibrará previamente el proceso de colocación del concreto lanzado, las pruebas de calibración se realizarán sobre un mínimo de dos paneles colocados en posición vertical. La cantidad de mezcla que se aplique, será suficiente para elaborar probetas de prueba para determinar la resistencia a la compresión del concreto lanzado. Se elaborarán un mínimo de 10 probetas por cada tipo de mezcla a utilizar y para cada edad de prueba, que será de 8 horas, 3, 7 y 28 días.



Los operadores para la colocación de concreto lanzado tendrán amplia experiencia en trabajos similares o deberán trabajar bajo la estricta supervisión de un instructor experimentado en esta clase de trabajo.

Además de lo establecido anteriormente en esta para que el concreto lanzado se considere terminado y sea aceptado se comprobará:

- Que los agregados pétreos, cemento portland, aditivos y fibras utilizadas en el concreto lanzado, cumplan con las características establecidas como se indica en la cláusula 4.01.02.004 de las Normas de Calidad de los Materiales de la SCT.
- Que la resistencia a la compresión simple en especímenes cilíndricos del concreto hidráulico a los 28 días de edad ($f'c$), determinada en corazones extraídos al azar, cumpla con lo establecido en el proyecto.
- El número de corazones por extraer se determinará aplicando la siguiente fórmula:

$$C = A / 200$$

Donde:

C = Número de corazones por extraer, aproximado a la unidad inmediata superior.

A = Superficie del tramo colado en un día de trabajo, (m^2)

- Los corazones se deberán extraer sin dañar la parte contigua de los mismos, perpendicularmente a la superficie del concreto lanzado, con una longitud igual al espesor aplicado más 2.5 centímetros que deberá penetrar la broca en la pared recubierta.
- El diámetro de los corazones se establecerá de acuerdo con lo siguiente: Será de 5 centímetros cuando el espesor de concreto lanzado aplicado sea igual o menor de 7.5 centímetros. Y de 7.5 centímetros cuando el espesor de concreto lanzado aplicado sea mayor de 7.5 centímetros.
- Se deberá llevar un registro preciso de todas las extracciones, incluyendo una descripción de las condiciones encontradas, características del concreto lanzado



perforado y la localización de cualquier grieta, junta o ranura en los corazones, el mismo día de la extracción de cada corazón.

- La resistencia a la compresión simple promedio de cada cinco 5 corazones consecutivos, debe ser igual o mayor que la resistencia establecida en el proyecto.
- En caso de que la resistencia a la compresión simple del concreto lanzado no cumpla con lo establecido en los párrafos anteriores, se podrá elegir entre demoler y reemplazar el concreto lanzado en el tramo defectuoso, aplicando una sanción por incumplimiento al precio unitario fijado en el contrato, debida a la resistencia.



Fotografía 25: Concreto lanzado en la zona de los PIVs



Protección al medio ambiente

La SEMARNAT, a través de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la Subsecretaría de Gestión para la Protección ambiental. Autorizó a la Dirección General de Carreteras Federales, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes mediante el oficio S.G.P.A.-DGIRA.-DIA.-0658/02 del 7 de agosto de 2002, para que se realizara el proyecto en el área y sitio propuesto, para el tramo carretero Entronque Tejocotal - Entronque Nuevo Necaxa y por lo tanto, autorizó además el cambio de uso de suelo de terrenos forestales hasta la línea de cerros.

Asimismo, la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental resolvió que el proyecto señalado es procedente y por lo tanto. Autorizó de manera condicionada su desarrollo el cual debe sujetarse a los términos que se anexan en las especificaciones del proyecto, además de lo correspondiente a las "estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional" de la manifestación de impacto ambiental.



Fotografía 26: Vivero forestal (Plantación de pies de sepa)



En la siguiente fotografía se muestra parte del proceso de cuidado de árboles para la reforestación de zonas afectadas durante la construcción del proyecto.



Fotografía 27: Vivero forestal (Cuidado de árboles de reforestación)



III. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

El procedimiento constructivo de este proyecto se dividirá en 3 fases que son: construcción de estructuras, construcción de terracerías y la construcción de obras de drenaje, sin embargo en este trabajo de tesis solo se hará referencia a las dos últimas.

Con respecto a la construcción de las terracerías, estas abarcaran todo lo referente a las capas de: terraplenes, capa de transición o subyacente (en caso que sea necesaria), capa subrasante, capa sub-base, capa de base hidráulica y finalmente la carpeta asfáltica.

En las siguientes tres imágenes podemos observar los distintos tipos de secciones estructurales que se utilizarán para este proyecto según se trate de terraplenes, de tipo balcón o bien en corte.

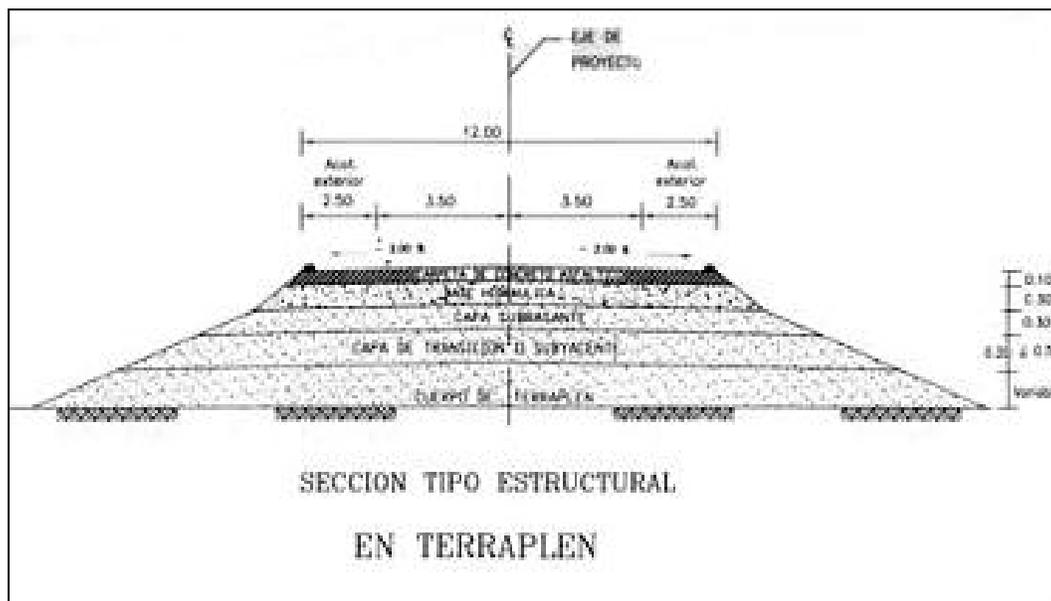


Imagen 9: Sección tipo en terraplenes.

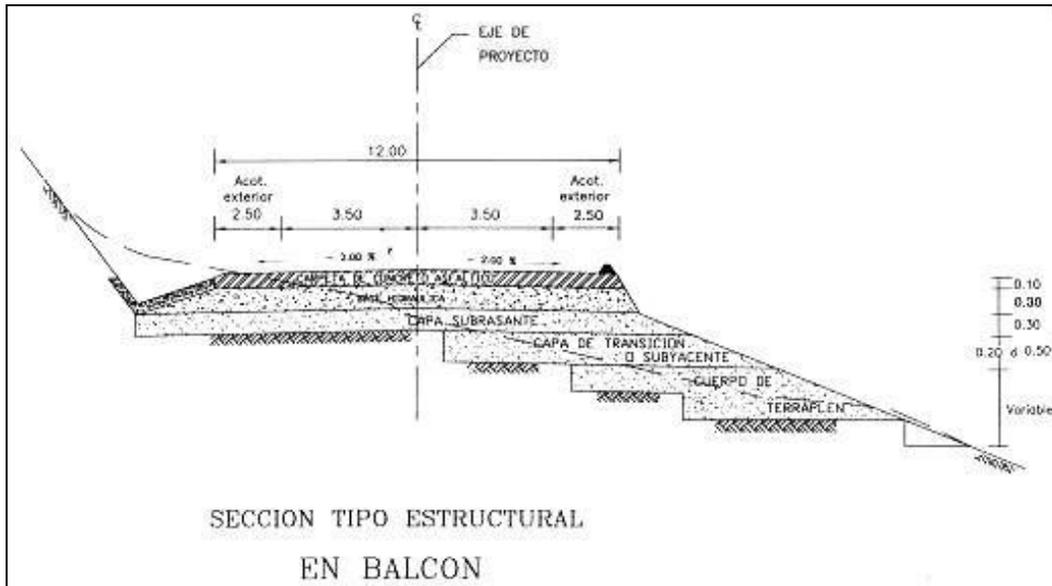


Imagen 10: Sección tipo en balcón.

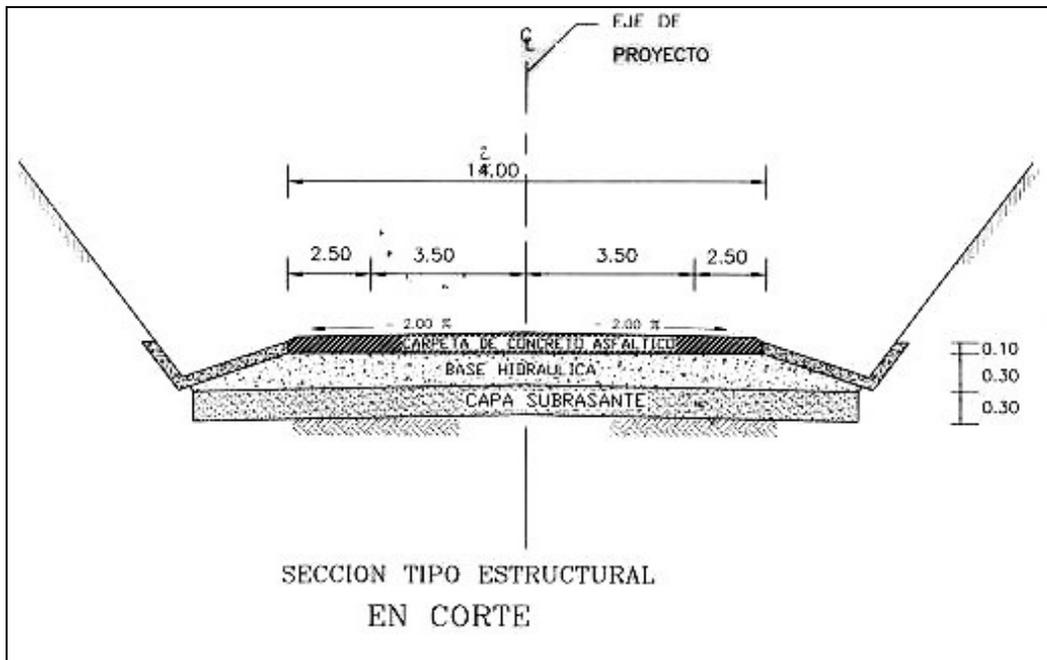


Imagen 11: Sección tipo en corte.



III. 1. CONSTRUCCIÓN DE TERRACERÍAS.

Antes de iniciar los cortes y terraplenes es de suma importancia habilitar los accesos al trazo debido a que únicamente se tienen accesos de caminos secundarios sin revestir, dichos caminos inician en el poblado de Venta Grande y por la parte oriente de Huachinango cercano al poblado los Capulines y Ocpaco, también es necesario construir caminos de acceso por el trazo, hacia los bancos de tiro, bóvedas y obras de drenaje, esta actividad es crítica para iniciar los trabajos del proyecto, vale destacar que en algunos casos y por lo que se pudo verificar en el sitio de la obra es probable que algunos caminos se tengan que construir fuera del derecho de vía para acceder a los cortes y las estructuras de obras de drenaje (bóvedas y alcantarillas), debido entre otras cosas a que no existen brechas, caminos secundarios, y ningún tipo de acceso, adicionalmente por la topografía del sitio que es muy escarpada, es decir con pendientes muy fuertes y alturas mayores a 30 metros para desplantar las bóvedas y algunas alcantarillas, es necesario habilitar estos caminos.

De acuerdo al proyecto ejecutivo se subdividieron los tres tramos en diferentes frentes tomando en cuenta la distancia de acarreo de los bancos de desperdicio, de entre menos de 2 km y mayores de 2 km, esto determino el equipo a utilizar por kilómetro, los cuales consideraron los movimientos de tierras que indica el proyecto ejecutivo de terracerías.

Considerando para su ejecución grupos (G-1 o G-2) de trabajo compuesto por los siguientes equipos según el tipo de terreno:

G-1:

- 3 Retroexcavadoras CAT 330 BL ó similar
- 1 Tractor sobre orugas CAT D8 ó similar
- 2 Tractor sobre orugas CAT D6 ó similar

G-2

- 3 Retroexcavadoras CAT 330 BL ó similar
- 1 Tractor sobre orugas CAT D8 ó similar
- 2 Tractor sobre orugas CAT D6 ó similar
- 1 Hidra track Tamrock DHS 550 ó similar

Por otra parte para la formación de las diferentes capas del cuerpo de terraplén, se deberá cumplir con una compactación al 90%, 95% y 100%, de su PVSMS respecto a la prueba AASHTO estándar, por la naturaleza del proyecto donde ordena que aproximadamente el 95% del material proviene de préstamo de banco y aproximadamente el 5% es de productos de corte, y de acuerdo a los análisis de los bancos propuestos por el licitante, los cuales indican que son materiales tipo



limo arenoso y materiales mezclas de gravas y limos se proponen los siguientes equipos de compactación.



Fotografía 28: Formación de terraplenes.

Considerando para su ejecución grupos de trabajo compuesto por los siguientes equipos:

G -1

- 1 Compactador mixto CS563 ó similar
- 1 Motoconformadora CAT 140 ó similar
- 1 Tractor sobre orugas CAT D6R ó similar
- 1 Camión pipa de 8 m³ ó similar

G-2

- Tracto-compactador 825-C ó similar
- 1 Motoconformadora CAT 140 ó similar
- 1 Camión pipa de 8 m³ ó similar



Fotografía 29: Obras de drenaje en terraplenes



Fotografía 30: Cuerpo de terraplenes.

Para la construcción de las terracerías se tiene contemplado obtener el material de mejor calidad de un préstamo de banco, considerando para su ejecución grupos de trabajo compuesto por los siguientes equipos:



G -1

- 1 Retroexcavadora CAT 330 BL ó similar
- 1 Tractor sobre orugas CAT D8R ó similar

Una vez analizado el proyecto y propuesto el equipo principal para la ejecución de los trabajos a continuación se describe cada una de las actividades principales de la obra:

Despalme

El despalme del terreno se efectuará en la zona que indique los cerros del proyecto ya sea en corte o terraplén, se hará retirando una capa de aproximadamente 30 cm de espesor, de tierra vegetal. Dicha actividad se realizará con tractor sobre orugas modelo D8 o similar, el material producto del despalme será apilado para su posterior utilización en el arroje de taludes de los terraplenes construidos. El despalme que por órdenes del Fideicomiso y/o el proyecto se deba desperdiciar en los bancos indicados para este fin. Se excavará por medio de retroexcavadora, la cual cargara a camiones volteo para transportar el material a donde lo indique el proyecto.

Cortes

Despalmado el terreno se procederá a realizar las actividades de los cortes hasta los niveles marcados en los planos de construcción, es decir formar la sección de la obra de acuerdo a lo fijado en el proyecto, con el equipo propuesto.

De acuerdo a la clasificación del material según el proyecto son materiales poco cementados fácilmente excavables, sin embargo el estudio geofísico indico que se encuentra un porcentaje de aproximadamente el 20% del volumen total a excavar de material C es decir, de roca sana, la excavación se deberá ejecutar con retroexcavadora CAT 330 BL y un tractor D8R para el perfilamiento del talud, la retroexcavadora extraerá el material cargando directamente a camiones de 14 m³, dicho material excavado será depositado en los bancos de desperdicio que indique el proyecto, vale destacar que se considera la utilización de un HidroTrack Tamrock DHS 550, para la barrenación del 20% del volumen posible de roca a extraer.

Para esta operación se utilizarán 3 grupos los cuales se componen de acuerdo al ciclo de trabajo de la siguiente forma.

G1

- 3 Retroexcavadora CAT 330 BL ó similar
- 1 Tractor sobre orugas CAT D8R ó similar
- 2 Tractor sobre orugas CAT D6R ó similar
- 1 Hidro track Tamrock DHS 550 ó similar

Por otra parte si el material cumple con las características y la calidad adecuadas, se utilizará en la formación de los terraplenes. Sin embargo si no cumple como lo indica el proyecto ejecutivo el material se depositara en los bancos de desperdicio de acuerdo a la longitud de desarrollo que indica el proyecto, vale destacar que la formación de los bancos de desperdicio se realizara con Tractores D6 o similar en capas sensiblemente uniformes, tomando en cuenta el drenaje natural de la zona, por las características del material de los cortes arcillas limosas y arcillas de alta plasticidad, se formaran bermas que permitan una adecuada estabilidad del material de desperdicio tomando en cuenta el talud que indica las especificaciones complementarias de 1.5:1 o como lo permita la humedad natural del terreno, obviamente previa utilización del banco de desperdicio se despalmara y el producto del despalme se colocara y extenderá en los taludes del banco de desperdicio para asegurar en lo posible futuras erosiones o deslizamientos del banco de desperdicio.

En la siguiente imagen se puede apreciar un poco la naturaleza de los cortes en terracerías en el tramo de los 3.1 km (del km 122+500 al km 125+600), en los 3 diferentes frentes de trabajo para este tramo.

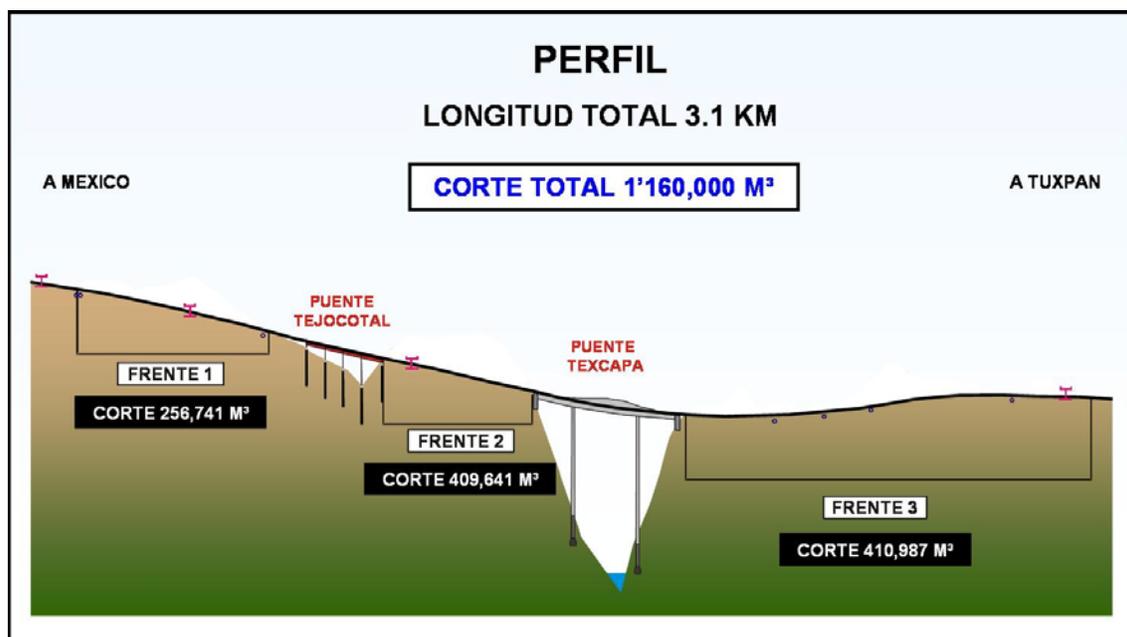


Imagen 12: Cantidades de corte en los frentes 1, 2, 3 del tramo de 3.1 km

Para el segundo tramo, el de los 6 km (del km 125+600 al km 131+560) se muestra por separado el volumen de cortes y terraplenes para el frente 4, 5 y 6 respectivamente los cuales integran dicho tramo.

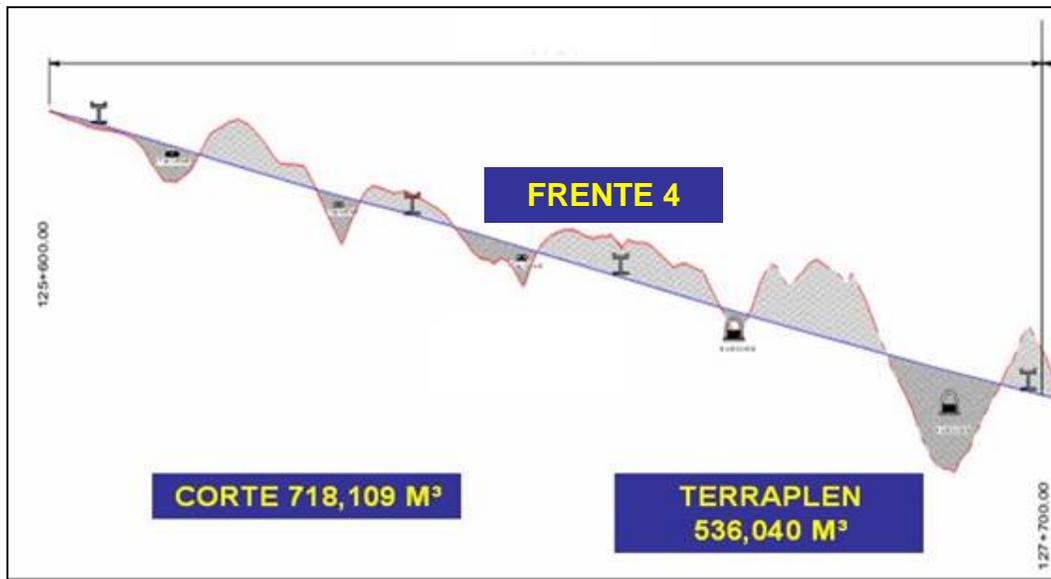


Imagen 13: Cantidades de corte y terraplén en el frente 4 del tramo de 6 km

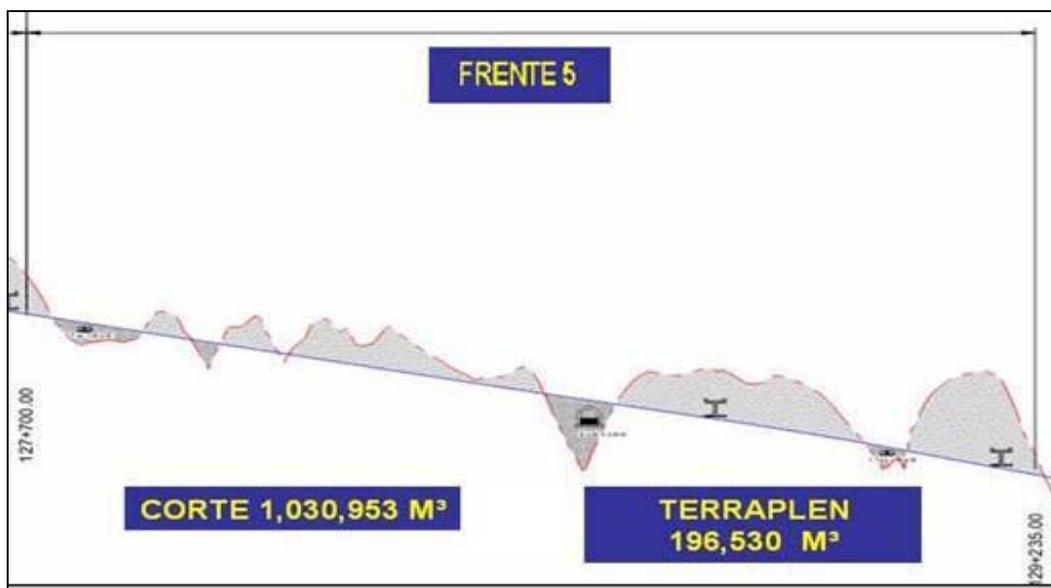


Imagen 14: Cantidades de corte y terraplén en el frente 5 del tramo de 6 km

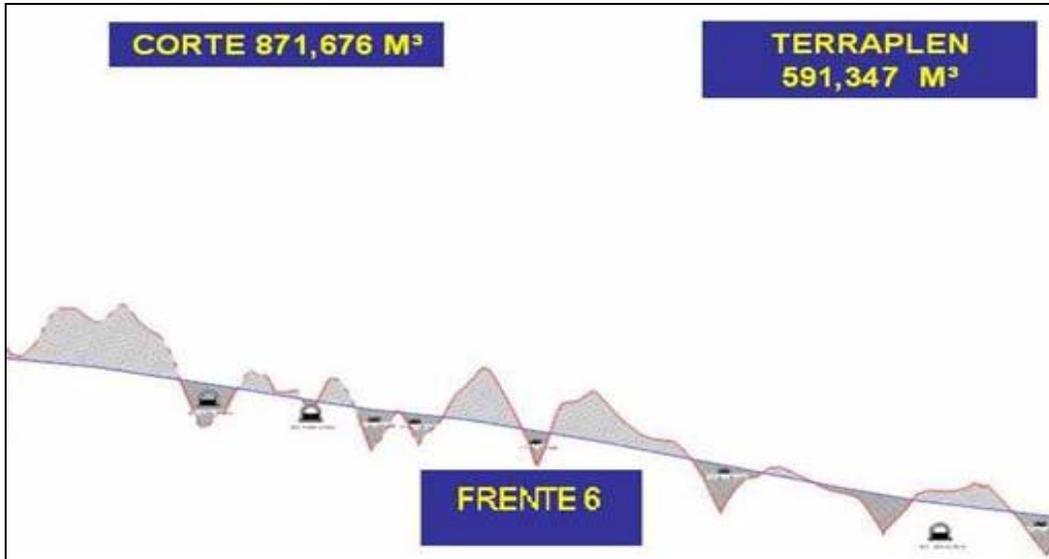


Imagen 15: Cantidades de corte y terraplén en el frente 6 del tramo de 6 km



Fotografía 31: Proceso de corte en los frentes de trabajo



Fotografía 32: Proceso de corte terminado en los frentes de trabajo

Prestamos de bancos para terracerías

Los bancos de proyecto para la construcción de las terracerías, son de material clasificación "A" y "B" respectivamente según los estudios de bancos del proyecto ejecutivo para terracerías, (a excepción del banco para los pedraplenes) se atacaran con retroexcavadora 330 L con carga directa a camiones de 14 m³. Estos equipos transportaran el material hacia los sitios de utilización para la formación del cuerpo del terraplén, en los sitios indicados en el proyecto ejecutivo.

Para esta operación se utilizarán 4 grupos los cuales se componen de acuerdo al ciclo de trabajo de la siguiente forma:

G-1 a G-4

- 1 Retroexcavadora CAT 330 BL o Similar
- 1 Tractor sobre orugas CAT D8R o Similar

Terraplenes.

Los terraplenes son estructuras que se construyen con materiales producto de cortes o procedentes de bancos, con el fin de: obtener el nivel de subrasante que indique el proyecto o la Secretaría, ampliar la corona, cimentar estructuras, formar bermas y bordos, y tender taludes.



Una vez despalmado el terreno y antes de iniciar la construcción de los terraplenes, se escarificara y compactara el terreno natural en el área de desplante del terraplén con el espesor fijado en el proyecto.

El proyecto ejecutivo ordena que para la construcción de los terraplenes el material sea suministrado de los bancos de préstamo fijados en el proyecto o seleccionados por el contratista, siempre y cuando cumpla con las especificaciones técnicas correspondientes. Se procede a la construcción del terraplén por capas sensiblemente horizontales con espesores tales que se logre los grados de compactación ordenados por el proyecto, hasta llegar a los niveles que fije el proyecto ejecutivo, el material se recibirá en la zona del terraplén el cual será descargado y posteriormente conformado por un compactador pata de cabra CAT 825 ó similar para materiales arcillosos, así mismo también compactará el material dando él número de pasadas para alcanzar el grado de compactación solicitado por las especificaciones técnicas del proyecto.

Para materiales granulares se utilizara para conformar un tractor D6 ó similar, y un compactador mixto CS563 ó similar para compactar el material dando él número de pasadas para alcanzar el grado de compactación requerido por las especificaciones técnicas.

Si durante la construcción, en la etapa de terracerías, existieran desvíos temporales de tránsito, se mantendrá la señalización preventiva y restrictiva que ofrezca seguridad al personal que estará ejecutando los trabajos en campo y a las poblaciones que intercepten al proyecto.



Fotografía 33: Proceso de formación de terraplenes.



Cimentaciones para los diferentes terraplenes.

Para la construcción de la cimentación de los terraplenes a lo largo de la troncal, se seguirá el siguiente procedimiento.

- Se procederá a la construcción de las cimentaciones de los terraplenes de acuerdo a lo indicado en el proyecto ejecutivo.
- Puesto que es muy probable encontrar venteros, filtraciones e incluso nivel freático, deberá preverse la necesidad de efectuar un bombeo intenso, formando cárcamos provisionales para facilitar los trabajos de excavación y relleno.
- El volumen de la excavación de la caja, se aprovechará para el arroje de los taludes de los terraplenes y el sobrante se colocará en un banco de desperdicio indicado en el proyecto de construcción, cumpliendo con lo solicitado por la SEMARNAT, para el caso de los bancos de desperdicio.
- Ya que se haya concluido el relleno de la caja hasta el nivel original del terreno, se continuará con la formación del terraplén según lo indica el proyecto.
- Donde lo marque el proyecto se formarán escalones de liga, por ejemplo en el mejoramiento de la cimentación del terraplén localizado en el km 130+500 al 130+550.



Fotografía 34: Escalones de liga en terraplenes.



- Se deberá llevar a cabo un control preciso de los niveles y cadenamios de las condiciones del terreno de desplante a lo largo de los terraplenes.

III . 2 . PROBLEMAS GEOTÉCNICOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Entre los problemas geotécnicos que presenta el proyecto se encuentran: La estabilización de taludes; la estabilización de suelos blandos mediante la incrustación de piedra y geotextiles separadores, y la inestabilidad de los materiales arcillosos "sensibles" durante su traslado y vertido a los bancos de desperdicio.

Las soluciones se mencionan a continuación con los siguientes procedimientos:

III . 2 . 1 ESTABILIZACIÓN DE TALUDES.

- Un tratamiento a base de la plantación de pasto en taludes de los terraplenes.
- Instalación de malla de triple torsión para recubrimiento de los taludes utilizando la colocación de Hidrosiembra en terraplenes y/o cortes.
- Concreto hidráulico lanzado para la estabilización de taludes en la zona de construcción de los PIVs.
- Muros gaviones, muros alcancía de mampostería y/o concreto

Plantación de Pasto y Colocación de Hidrosiembra.

La plantación se hará en los sitios marcados en el proyecto; para la colocación de la hidrosiembra se limpiarán los lugares establecidos, retirando basura, piedras y materiales que impidan la correcta ejecución de los trabajos.

La vegetación que se sembrará, será una mezcla de semillas de pastos y leguminosas, con un mínimo de semillas de 250 gramos por metro cuadrado, la cual se determinará de acuerdo a las condiciones del lugar.



Para asegurar la adecuada germinación de la mezcla se adicionará una composición de fertilizantes orgánicos de liberación lenta y liberación rápida que se seleccionaran en función de las condiciones del lugar.

Como soporte para proveer una fijación adecuada para la hidrosiembra y un medio idóneo para la germinación de la semilla, se utilizará una combinación de fibra de celulosa de madera 100 % virgen con fibras no menores a 0.5 mm, las cuales deberán de estar pigmentadas de color verde fotodegradable para poder apreciar la correcta aplicación de la siembra.

Así también se utilizara un estabilizador orgánico de suelo en base a un compuesto de polímero de hidrocarbón, el cual será totalmente biodegradable que ayudará a una mayor adherencia entre las fibras de madera y un aglomeramiento de la capa superficial de suelo.

Para mejorar la hidratación de la semilla se utilizará un copo limero de acrílico, en una densidad de 15 gramos por metro cuadrado.

Para asegurar la permanencia de la hidrosiembra en taludes o terraplenes con una pendiente mayor a 35° se utilizará como medio de soporte una geomalla biodegradable que además garantice la adecuada germinación de la semilla. Se deberá proponer el producto que se utilizará considerando que la trama de la malla tenga huecos del orden de 0.7 x 0.7 cm. entre cordones y un peso del orden de 500 gr/m² ± 10%.

Se procederá a la colocación de la geomalla biodegradable fijándola adecuadamente mediante clavos de 6". En la parte superior del talud se cavará una zanja a una distancia no menor a 70 cm. de la corona del talud la cual tendrá un ancho no menor a 30 cm. y una profundidad no menor a 20 cm. en la zanja se procederá a colocar la malla con un dobléz de por lo menos 20 cm. de ancho para evitar que la red se desgarre, colocando en la parte media del mismo clavos de sujeción de 6" separados a no más de 30 cm. entre sí. A lo ancho de cada banda de geomalla se colocarán clavos de 6" con una separación al tresbolillo de no más de 70 cm. a fin de garantizar que la malla se mantendrá en su posición y con un contacto adecuado con el terreno durante el tiempo necesario, las bandas de geomalla necesarias para cubrir la totalidad de la superficie del talud se colocarán con un traslape entre las mismas de no menos de 10 cm. para evitar que la malla se abra y existan infiltraciones de agua directamente hacia el talud. Se asegurarán con clavos de 6" siguiendo la línea de unión. El contratista será el responsable de garantizar la fijación de la geomalla sobre la superficie del talud.



Fotografía 35: Geomalla biodegradable

Posteriormente a la colocación de la geomalla sobre la superficie del talud se deberá colocar la siembra de semillas. La aplicación se hará por medio de hidrosiembra empleándose equipo especial con mezclador mecánico (hidrosembradora) para garantizar la adecuada distribución de la mezcla en la superficie de los taludes.

Una vez terminada la colocación de la geomalla y el sembrado de la semilla, se aplicará sobre ella los riegos de agua necesarios para garantizar la adecuada implantación de las especies y el crecimiento de la vegetación.



Fotografía 36: Colocación de pasto en taludes



Fotografía 37: Revestimiento de taludes con pasto

Concreto hidráulico lanzado para la estabilización de taludes en la zona de construcción de los PIVs

El concreto lanzado deberá ser con resistencia a la compresión $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ para estabilización de taludes, con refuerzo de malla electrosoldada.

El equipo que se utilice para la elaboración y colocación de concreto lanzado, 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, y cuidando que el equipo este en óptimas condiciones de operación, durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado.

Los agregados pétreos, el cemento pórtland, los aditivos y las fibras que se empleen en la elaboración de concreto lanzado, se mezclarán con el proporcionamiento del laboratorio necesario para producir un concreto homogéneo, con las características establecidas en el proyecto; si es necesario, las dosificaciones se ajustarán en obra ante cambios en los agregados pétreos o por el efecto de temperatura en el sitio, o por otros factores, para que la mezcla cumpla con dichas características.

La malla electrosoldada será fijada a la superficie por recubrir mediante anclas largas, Inmediatamente antes de la colocación del concreto lanzado, toda la superficie por recubrir, estará debidamente preparada, sin material flojo, exenta de materias extrañas, polvo o grasa, controladas o canalizadas todas las filtraciones que hubieran existido. La limpieza se hará con aire y agua a presión.



Las operaciones de limpieza se llevarán a cabo de manera tal que los materiales sobre la superficie por revestir no se aflojen, agrieten o fragmenten. Para el control de filtraciones, se instalará los elementos de drenaje necesarios como tubos, mangueras, o ranuras. La superficie por recubrir se mantendrá húmeda desde el momento en que se termine la limpieza, hasta la colocación del concreto lanzado.

Antes de aplicar concreto lanzado, se instalarán varillas guía sobre la superficie por recubrir, con el fin de servir como referencia del espesor colocado. Las varillas guía tendrán un diámetro mínimo de cuatro 4 milímetros y su longitud será determinada de tal manera que queden fijas y no se muevan aun bajo el golpe del concreto lanzado. Se instalarán de tal manera que haya por lo menos una varilla guía por cada 4 metros cuadrados de superficie preparada y para recibir el concreto lanzado

Los agregados pétreos se protegerán de cambios de contenido de agua o bien, se ajustará la cantidad de agua necesaria para la mezcla ante dichos cambios. Si los agregados son regados con agua antes de su utilización, serán drenados el tiempo suficiente para obtener un contenido de agua uniforme. El tiempo de drenaje de los materiales será de: 8 horas para arena, 5 horas para grava menor de 19 milímetros (3/4"), 3 horas para grava de entre 19 milímetros (3/4") y 37.5 milímetros (1 1/2").

El concreto se colocará sobre la superficie por cubrir de tal manera que se obtenga una capa de espesor uniforme.



Fotografía 38: Concreto lanzado en la zona de los PIVs



El agua de la mezcla al momento de la colocación, tendrá una temperatura entre 10 y 20 grados celsius.

Cuando la mezcla sea elaborada previamente al lanzado, el concreto deberá de ser colocado dentro de un tiempo máximo de 30 minutos, contado a partir del término del mezclado en la planta y el concreto que no se haya utilizado en este lapso será rechazado para su colocación.

Los desperdicios producto del rebote del concreto lanzado, serán removidos para evitar que su acumulación interfiera con la ejecución de los trabajos y no se permitirá el rehúso de concreto.

El concreto lanzado debe curarse inmediatamente después de colocado. El curado se realizará manteniendo húmeda la superficie de concreto lanzado durante un periodo de al menos 7 días.

Muros gaviones, muros alcancía de mampostería y/o concreto

En los lugares en que se detecte la presencia de caídos de material, será necesaria la construcción de muros gaviones o muros alcancía de mampostería y/o concreto.

Muros gaviones serán de 50 x 100 x 150 cm para la retención de dichos caídos. Para su formación se usará piedra con tamaños entre 10 y 20 cm. dicha piedra será acomodada dentro de una caja de 50x100x150 cm de malla triple torsión de alambre galvanizado calibre 12 1/2 (2.7mm), con abertura de 8.0 x 10.0 cm.



Fotografía 39: Colocación de muros gavión.



Fotografía 40: Vista trasera de los muros gavión.

Muros alcancía con mampostería de 3a clase, para la retención de caídos. Para su formación se usará piedra con tamaños entre 10 y 30 cm. junteada con mortero de cemento con una dosificación 1:5. Para ello se empleará piedra cuyas dimensiones serán las indicadas en el proyecto de construcción o fijadas por la Residencia General del Fideicomiso.

Muros alcancía de concreto hidráulico de resistencia a la compresión $f'c$ de 150 kg/cm², para la retención de caídos. Las dimensiones de los muros serán las indicadas en el proyecto. El concreto hidráulico para la elaboración de los muros se construirá conforme a lo establecido en las normas para construcción e instalaciones de la SCT.

En la siguiente fotografía se puede observar parte del proceso de construcción de muros alcancía de concreto armado, en las zonas donde se prevén la presencia de caídos en los taludes, sin embargo a diferencia de los muros gavión estos se utilizarán para retener mayor cantidad de material.



Fotografía 41: Muros Alcancía de concreto armado

III. 2. 2 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS BLANDOS MEDIANTE LA INCRUSTACIÓN DE PIEDRA Y GEOTEXILES SEPARADORES.

Este problema se refiere al fenómeno de ondulación progresiva que se está presentando en la superficie de la capa pétreo "rompedora", que se coloca en los tramos en corte del proyecto, y que durante la construcción se utiliza como superficie de rodamiento, para los camiones que cargan el material del corte.

La presencia de suelos limosos poco coherentes en el apoyo de la capa pétreo, que parecen "licuarse" ante las cargas repetidas que induce el tránsito de camiones, hace pensar en que pudiera existir, además, un desfavorable fenómeno de subpresión.

Durante la construcción, la problemática causada por el citado "colchoneo", ocasiona algunos inconvenientes para el buen desempeño de los trabajos, ya que los camiones deben de transitar a menor velocidad. Por lo que es indispensable que en cuanto se presente un problema de este tipo sea solucionado a la mayor brevedad posible.



Fotografía 42: Presencia de colchoneo

Desde el punto de vista geotécnico, se detecta que el suelo natural sobre el que se apoya la capa pétreo, es un limo franco, ya que al sostener una parte amasada del mismo en una mano, mientras se golpea con la otra, su superficie se torna lustrosa, con apariencia de "hígado".

Sin embargo, si este problema no se resuelve cabalmente, podrían generarse serios fenómenos de inestabilidad durante la vida útil de la autopista, que encarecerían sus costos de mantenimiento.

En consecuencia se aconseja añadir o profundizar los drenes laterales de la vialidad, tener 110 cm de espesor, o colocar un geotextil de "refuerzo" o una geomalla, en el contacto de la capa pétreo con el suelo natural.

En la fotografía que aparece a continuación se puede observar la utilización del geotextil que fue propuesto para dar solución a los problemas de la estabilización de los suelos blandos, ya que este sirve como separador y rompedor de capilaridad, evitando el problema de colchoneo.



Fotografía 43: Utilización de geotextil separador.

Para formar el "encapsulado" del Tezontle en geotextil, se empieza por colocar sobre el terreno natural un lienzo de geotextil, sobre el que se vierte una capa de Tezontle



Fotografía 44: Proceso de encapsulado con el geotextil.



Posteriormente se cubre la capa de Tezontle con otro lienzo de geotextil, dejándola encapsulada, o en "tamal" como le nombran en otros proyectos.



Fotografía 45: Encapsulado de tezontle.

Con este arreglo se forma una capa drenante del orden de 0.5 a 1.0 m de espesor, reforzada con geotextil, que sirve de "cimentación" a los terraplenes del proyecto, al tiempo que cumple con una función vital de "separación".

Por otra parte en los lugares en que se detecte la presencia de suelos blandos e inestables o en el fondo de cajas que fuera necesario excavar para eliminar parte de los mismos, y en los sitios en que se construirán trincheras estabilizadoras, será necesaria la formación de una capa de piedra incrustada en el terreno cuyo espesor mínimo será de 60 cm. pudiendo ser mayor cuando se requiera. Para ello se empleará piedra puesta en obra, con tamaño mínimo de 30 cm. y máximo de 50 cm. que será acomodada mediante 3 tránsitos, por cada uno de los puntos que forman la superficie de la capa, de tractor con peso mínimo de 20 toneladas, avanzando y retrocediendo la máquina con movimiento roncoado.



Fotografía 46: Compactación de pedrapelena.

Finalmente para el caso del problema de sustentación de las bóvedas triarticuladas, se deberá utilizar un pedraplén de sustentación sobre el que se apoyaran las bóvedas, ya que este funcionará como dren conductor del agua subálvea.



Fotografía 47: Pedraplenes de sustentación en las bóvedas.



Como el gradiente hidráulico esperado es moderado, no se piensa que tal funcionamiento pudiese dar lugar a desfavorables fenómenos de arrastre de sólidos.

III. 2. 3 INESTABILIDAD DE LOS MATERIALES ARCILLOSOS "SENSIBLES" DURANTE SU TRASLADO Y VERTIDO A LOS BANCOS DE DESPERDICIO.

Debido a la mala calidad de los materiales de corte, grandes volúmenes de material arcilloso y limo arcilloso deben ser enviados a los bancos de desperdicio, donde además de congestionarlos, causan serios problemas por su inestabilidad inherente.



Fotografía 48: Corte de material de desperdicio.

Para mitigar esta desfavorable situación y basándose en los ensayos de laboratorio se ha encontrado que el suelo limo arcilloso del lugar, al mezclarse con cal en porcentajes cercanos al 8%, reduce notoriamente su contenido natural de agua lo cual le permite ser compactable para alcanzar pesos volumétricos secos del 92 ó 95% de su óptimo proctor según la norma AASHTO, variante "A", y alcanzar valores VRS cercanos al 10%, con porcentajes de expansión menores al 3%.



Fotografía 49: Retención de material en los bancos de desperdicio

III . 3 . CONSTRUCCIÓN DE SUB-BASES Y BASES

Para las etapas de transición subyacente y subrasante se elegirá el banco que cumpla con las características adecuadas para estos trabajos así mismo para garantizar el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado que ordena el proyecto ejecutivo se utilizara el siguiente equipo: motoconformadora CAT 140 ó similar para conformado, tendido, mezclado, y un compactador mixto CS563 ó similar para compactar el material dando él número de pasadas para alcanzar el grado de compactación requerido por las especificaciones técnicas.

Sub-Base

La capa de sub-base es una capa de materiales pétreos seleccionados que se construye sobre la subrasante, cuyas funciones principales son: proporcionar un apoyo uniforme a la base de una carpeta asfáltica o a una losa de concreto hidráulico, soportar las cargas que éstas le transmiten aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, y prevenir la migración de finos hacia las capas superiores.

Para la construcción de esta capa, será necesario llevar a cabo las siguientes actividades:



- Se hará un desmonte y despirme de la zona de los bancos de donde se hará la extracción del material.
- Se instalarán plantas para hacer el cribado, la trituración parcial o total y el disgregado del material, para finalmente transportarlo al sitio de su utilización.
- Se hará el tendido del material y en dado caso se hará el mezclado con otro material para mejorar las propiedades de esta capa y se hará la compactación respectiva.
- Posteriormente se hará una escarificación de la superficie compactada para recibir una nueva capa.
- Finalmente se hará un afinamiento del material para darle un acabado superficial.

Base hidráulica

La capa de base hidráulica es una capa de materiales pétreos seleccionados que se construye generalmente sobre la sub-base, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica, soportar las cargas que ésta le transmite aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, proporcionar a la estructura de pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea.

La construcción de la base para pavimento asfáltico, se realizará conforme a lo señalado en la cláusula 3.01.03.074-F de las normas para construcción e instalaciones de la SCT, y deberá compactarse esta capa al 100 % mínimo del peso volumétrico máximo determinado en la prueba AASHTO modificada, con los espesores de las secciones indicadas en el proyecto, utilizando materiales total o parcialmente triturados, procedentes de los bancos indicados en el proyecto

Así mismo los materiales de la base hidráulica para pavimentos asfálticos, deberán cumplir con los requisitos que se enlistan a continuación en la siguiente tabla.

PROPIEDAD	ESPECIFICACIÓN
Tipo de material	Grava bien graduada (GW)
Tamaño máximo de las partículas	38 mm (1 ½ “)
Granulometría según 4.01.03.009-C SCT	Zona 1
Límite líquido	25 % máximo
Índice plástico	6 % máximo
Equivalente de arena	50 % mínimo
Valor relativo de soporte (VRS)	100 % mínimo

Tabla 25: Características del material de base hidráulica



Fotografía 50: Formación de capa de base hidráulica.

Construcción de la capa de base

Para la obtención de agregados pétreos para base se emplearán equipos de trituración y clasificación integrados en una planta capaz de producir los agregados pétreos en cantidad y calidad que marca el proyecto de pavimento flexible.

Esta planta de capacidad nominal de 285 ton/hora, consistirá básicamente en los siguientes equipos:



- Planta portátil de quijada 30" x 42"
- Planta portátil de conos modelo 489-SG, equipada con criba vibratoria tipo inclinada modelo 6' x 20' TD.
- Bandas transportadoras de conexión diversos modelos.

El material procesado se almacenará en los patios debidamente preparados para evitar la contaminación de los mismos con el suelo natural.

En la fotografía 51, se puede observar parte del procedimiento de trituración del material, que se lleva a cabo con una trituradora de quijada y posteriormente con un triturador primario para de ahí clasificar el material para sus diferentes usos.



Fotografía 51: Proceso de trituración de material



Fotografía 52: Almacenamiento de material triturado.

Mezclado y colocación de base

Con un equipo estabilizador de agregados Cederrapids con capacidad de entre 696 - 540 tph, se incorpora agua al material de base con el propósito de obtener la humedad óptima del material y homogenización para su posterior acarreo al sitio de colocación en camiones de volteo.

La colocación de base se efectuará con un pavimentador marca Demag modelo DF 140C, equipado con sensores de contacto para controlar el alineamiento vertical y horizontal, en una capa y se compactará al 100% con un compactador mixto modelo CAT CS563-C. Una vez terminada la compactación se impregnará la superficie expuesta con emulsión asfáltica cationica ECI-60 ó similar, distribuido este material por medio de una petrolizadora, en la dotación por m² que se indique en el proyecto.

III. 4. CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

Las carpetas asfálticas con mezcla en caliente, son aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos y cemento asfáltico, modificado o no, utilizando calor como vehículo de incorporación. Según la granulometría del material pétreo que se utilice, pueden ser de granulometría densa, semiabierta o abierta



Las carpetas asfálticas con mezcla en caliente se construyen para proporcionar al usuario una superficie de rodamiento uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura. Cuando son de un espesor mayor o igual que 4 centímetros, las carpetas de granulometría densa tienen además la función estructural de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores del pavimento. Las carpetas de granulometría semiabierta o abierta, no tienen función estructural y generalmente se construyen sobre una carpeta de granulometría densa, con la finalidad principal de permitir que el agua proveniente de la lluvia sea desplazada por las llantas de los vehículos, ocupando los vacíos de la carpeta, con lo que se incrementa la fricción de las llantas con la superficie de rodamiento, se minimiza el acuaplaneo, se reduce la cantidad de agua que se impulsa sobre los vehículos adyacentes y se mejora la visibilidad del señalamiento horizontal.

La construcción de la carpeta de concreto asfáltico, se realizará conforme a lo señalado en la cláusula 3.01.03.081-F de las normas para construcción e instalaciones de la SCT, con el espesor y la sección indicadas en el proyecto. Utilizando mezcla asfáltica elaborada en una planta estacionaria, con agregados que cumplan los requisitos establecidos en el inciso 4.01.03.010-C.01 de las normas de calidad de los materiales de la SCT, procedentes de los bancos indicados en el proyecto y cemento asfáltico tipo AC-20 que satisfaga los requisitos indicados en el proyecto o establecidos por la Secretaría.

La mezcla asfáltica deberá cumplir con los requisitos señalados en el inciso 4.01.03.011-0-03 de las arriba mencionadas, considerando un tránsito diario en ambos sentidos mayor que 2,000 vehículos pesados y deberá compactarse al ciento 95% del peso volumétrico máximo obtenido con la prueba Marshall. Además de cumplir con las siguientes características:

- Se deberá cumplir que el índice de perfil de la última capa de la carpeta asfáltica de granulometría densa compactada y construida en un día de trabajo, en un tramo de 200 metros de longitud o más sea de 14 centímetros por kilómetro como máximo. Esta verificación se hará conforme a la norma ASTM E 1274, dentro de las 48 horas siguientes a la terminación de la compactación, manteniéndose durante el tiempo que dure la obra, un perfilógrafo para dicha verificación.
- La obtención del índice de perfil, en cada carril de circulación, se iniciará a partir de los primeros 5 metros de la carpeta asfáltica construida en un día de trabajo y será medido a lo largo de la línea imaginaria ubicada a 90 ± 20 centímetros de la orilla exterior del carril por evaluar. Las mediciones serán divididas en secciones consecutivas de doscientos 200 metros.
- Cada día de trabajo se determinará el índice de perfil promedio diario, obteniendo el promedio aritmético de todos los índices de perfil determinados ese día. Si el índice de perfil promedio diario, resulta mayor de 24 centímetros por kilómetro, se suspenderá de inmediato la construcción de la carpeta asfáltica. Para reanudar la construcción de



la carpeta, se deberá construir un tramo de prueba, como si se tratara del inicio de los trabajos.

- Las correcciones de la superficie de la carpeta asfáltica que se requieran para obtener el índice de perfil adecuado, serán hechas mediante alguno de los procedimientos que se indican a continuación:
 - Fresado continuo de la superficie de la carpeta de granulometría densa, en tramos no menores de 100 metros y a todo el ancho de la calzada, para reducir el índice de perfil a 10 centímetros por kilómetro o menos.
 - Colocación sobre la carpeta de granulometría densa, de una sobre carpeta de 3 centímetros de espesor como mínimo, en tramos no menores de 100 metros y a todo el ancho de la calzada, elaborada con la misma mezcla utilizada en la carpeta, además que cumpla con todo lo indicado en esta especificación y tenga un índice de perfil de catorce 14 centímetros por kilómetro como máximo.

El alineamiento, perfil, sección y espesor de la carpeta; deberá cumplir con lo establecido en el proyecto y con las tolerancias que se indican a continuación:

- Previamente a la construcción de la carpeta, en las estaciones cerradas a cada 20 metros, se nivelará la corona terminada de la capa inmediata inferior, obteniendo los niveles en el eje y en ambos lados de éste, en puntos ubicados a una distancia igual al semiancho de la corona de la carpeta menos 70 centímetros, a la mitad del espacio comprendido entre éstos y el eje, y en las orillas de la corona.
- Una vez compactada la carpeta, verificados sus índices de perfil y en su caso, hechas las correcciones, se volverán a nivelar las mismas secciones que se indican en el párrafo anterior, determinando las elevaciones de los mismos puntos ahí indicados para obtener las pendientes transversales entre ellos, y se medirán, en cada sección, las distancias entre el eje y las orillas de la corona, para verificar que esas pendientes y distancias estén dentro de las tolerancias que se indican en la TABLA 26.



Característica	Tolerancia
Ancho de la corona, del eje a la orilla	± 1 cm
Pendiente transversal	± 0.5 %

Tabla 26: Características de perfil y alineamiento en la carpeta de pavimento

El espesor promedio correspondiente a todas las determinaciones hechas en el tramo, deberá ser mayor o igual de noventa y ocho centésimos del espesor de proyecto:

$$\bar{e} \geq 0.98 e$$

Donde:

\bar{e} = Espesor de proyecto, (cm)
 e = Espesor promedio correspondiente a todas las determinaciones hechas en el tramo, (cm), obtenido mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{e} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n}$$

Donde:

e_i = Espesor obtenido en cada determinación, (cm)
 n = Número de determinaciones hechas en el tramo

La desviación estándar de todos los espesores determinados en el tramo, deberá ser igual a:

$$\sigma_e \leq 0.10 \bar{e}$$

Donde:

σ_e = Desviación estándar correspondiente a todas las determinaciones hechas en el tramo, (cm), calculada con la siguiente fórmula:

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}{n - 1}}$$

Donde:

\bar{e} , e_i y n tienen el significado indicado en el inciso anterior.



Producción de agregados pétreos para carpeta asfáltica.

Para la obtención de agregados pétreos para carpeta asfáltica se emplearán equipos de trituración y clasificación descritos anteriormente a los cuales se integrará un equipo terciario cabeza corta capaz de producir los agregados pétreos en cantidad y calidad que marca el proyecto de pavimento flexible.

Esta planta de capacidad nominal de 165 ton/hora para carpeta asfáltica consistirá en los siguientes equipos adicionales:

- Planta portátil de conos modelo 48-FC, equipada con criba vibratoria tipo inclinada modelo 7' x 20' Td.
- Bandas transportadoras de conexión diversos modelos.



Fotografía 53: Planta portátil para concreto asfáltico

El material procesado se almacenará en los patios debidamente preparados para evitar la contaminación de los mismos con el suelo natural, separados en los tamaños que requiera el diseño definitivo de las mezclas asfálticas.

En la siguiente imagen se muestra parte de los patios de almacenamiento de material para la producción de concreto asfáltico.



Fotografía 54: Patios de almacenamiento de material para asfalto.

Fabricación y transporte de concreto asfáltico

Para la fabricación de los concretos asfálticos contará con una planta de tambor mezclador de 9' de diámetro marca CMI modelo PTD-300 con capacidad nominal de 272 ton/hr será instalada en el banco Nuevo Necaxa ubicado en km 199+000 100m D/I de la carretera libre México -Tuxpan, es decir aproximadamente a 24.5 km del centroide del proyecto.



Fotografía 55: Transporte del concreto asfáltico.



Para el acarreo de la mezcla asfáltica se contarán con tractocamiones del tipo Flowboy y/o camiones de volteo suficientes para cumplir con el ciclo de trabajo.

Colocación de concretos asfálticos

Impregnada la base hidráulica se efectúa un barrido de la superficie por medio de una barredora autopropulsada Maxi Sweep modelo 6000, con el fin de eliminar las partículas de polvo y que permita aplicar el riego de liga por medio de la petrolizadora, dicho riego se hará con emulsión cationica ECR-65 o similar en la dosificación indicada en el proyecto.

La carpeta asfáltica se colocará con un pavimentador marca Demag será y compactada al 95% con equipo de compactación sobre llantas y rodillo vibratorio liso, una vez colocada la capa se tendrá especial cuidado en el proceso de compactación en el que se controlarán las temperaturas de la mezcla para el oportuno paso de los compactadores, y garantizar que no se esté compactando por debajo de la temperatura mínima.



Fotografía 56: Colocación de carpeta asfáltica

III. 5 . CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DRENAJE

Las obras de drenaje se dividirán en: obras de drenaje mayor, que abarca a la construcción de las bóvedas y obras de drenaje menor que involucra a la colocación de alcantarillas y tubos de



concreto, subdrenes, drenes transversales de penetración y microdrenes en cortes estabilizados con concreto lanzado.

III. 5. 1 OBRAS DE DRENAJE MAYOR

BÓVEDAS

Dentro de la planeación integral y el programa de ejecución de los trabajos para la construcción de la autopista, las bóvedas, están dentro de la ruta crítica de la obra, debido a que se deberán construir 1,050 metros lineales de estas bóvedas prefabricadas.

La longitud total se divide en 12 bóvedas, las cuales tienen longitudes variables que van desde los 33 metros hasta los 168 metros, sus alturas varían desde los 2.50 metros hasta los 5.50 metros soportando sobre la clave terraplenes con alturas desde 9.50 metros hasta 33 metros. Para tener un área hidráulica desde los 4.66 m² hasta 35.50 m².

A diferencia de otros sistemas de arco prefabricado, cada bóveda será diseñada estructural y geoméricamente para cada caso basándose en las características específicas del proyecto, como son la longitud del claro, el tipo de suelo y los requerimientos en la secuencia de construcción. Los métodos utilizados definen con exactitud el radio de curva del arco para minimizar los esfuerzos de tensión. La eficiencia y economía del diseño y el arco aumenta progresivamente conforme el relleno en la clave del arco aumenta.

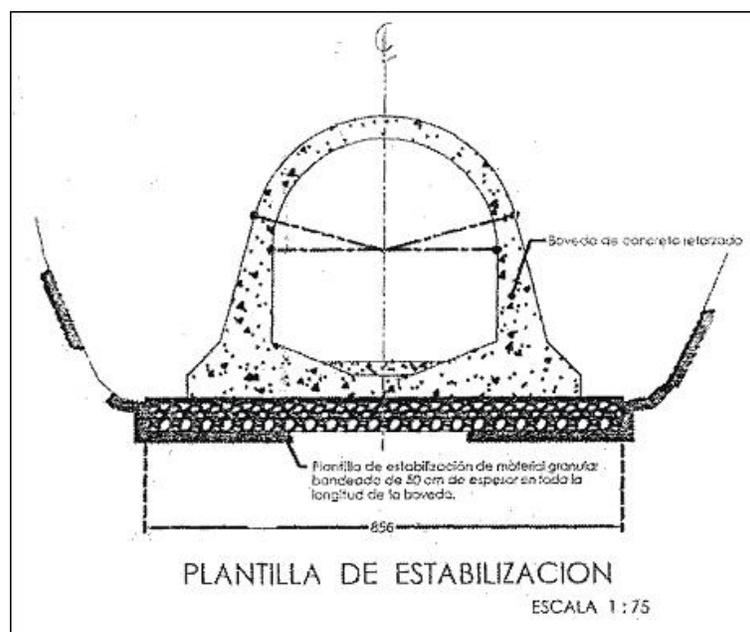


Imagen 16: Bóvedas de drenaje

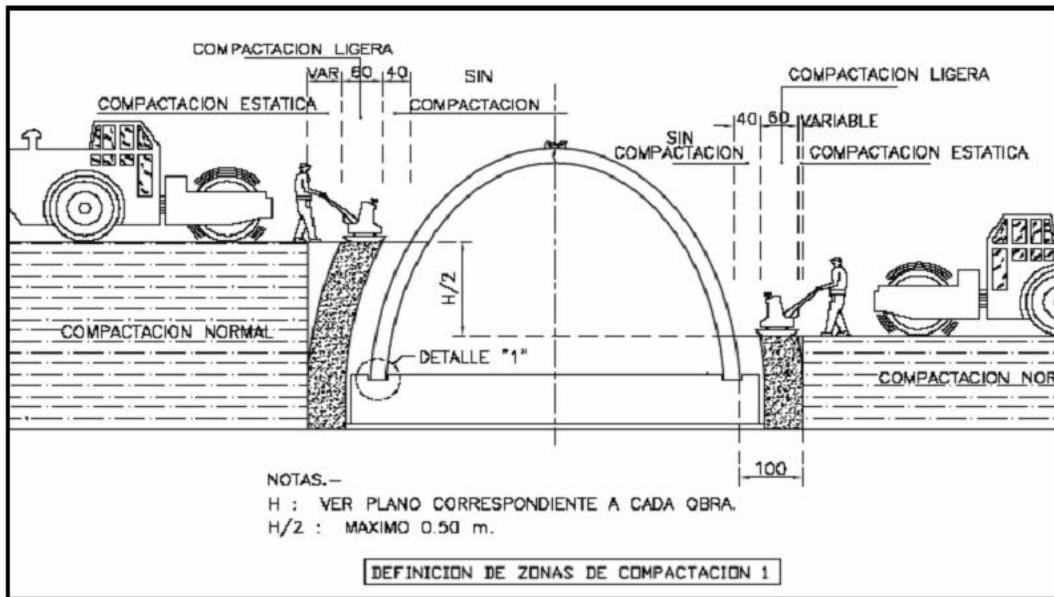


Imagen 19: Procedimiento de compactación alrededor de las bóvedas.

Por tal motivo se ejecutaran de la siguiente manera: En el frente de bóvedas se abrirán tres subfrentes de trabajo simultáneamente, el subfrente 1 en el km. 127+489 con radio interior de 200 cm, el subfrente 2 en el km. 128+571 con radio interior de 100 cm, y el subfrente 3 en el km. 629+890.53, dentro del subfrente 1 se continuaran con la bóveda del km. 127+068 con radio interior de 200 cm y por ultimo con la bóveda del km. 131+179.

Para la construcción de estas estructuras, se habilitaran dos juegos de cimbras especiales, de superficie metálica, con carro de traslación de 10 m de longitud, 1 con radio interior de 200 cm y otra con radio interior de 300 cm, y una tercera cimbra con cerchas de madera con radio interior de 100 cm, para la construcción se procederá a realizar las excavaciones de las estructuras con Tractor D8R y ó similar, así como una retroexcavadora 330 BL similar de acuerdo a los niveles que ordene el proyecto y/o la residencia del "Fideicomiso". Una vez que se apruebe el nivel de desplante de la estructura se procederá a iniciar la losa de desplante con el armado del acero de refuerzo como lo ordena el proyecto ejecutivo, posteriormente se iniciara el cimbrado de los muros de la bóveda de forma tal que coincidan perfectamente la cimbra metálica de la clave con su carro de traslación, para colarse en dos etapas, la primera el muros y la segunda etapa la clave.



Fotografía 57: Cimbra metálica para bóvedas

Vale destacar que si no se aprueba el nivel desplante se procederá a restituir el material de la excavación como lo indique la residencia del "Fideicomiso", para iniciar la losa de desplante.

Para el relleno de la estructura se procederá como lo ordena el proyecto, una vez que se coloque el muro seco en el perímetro de la bóveda y a lo largo de esta, la estructura se rellenará de acuerdo a las etapas y secuencia que ordena el proyecto, a la compactación indicada, con la calidad de los materiales solicitados y con los espesores señalados en el proyecto ejecutivo. Los principales recursos a utilizar son los siguientes:

- Retroexcavadora CAT 330 BL ó similar.
- Tractor sobre orugas CAT D8R ó similar
- Compactadores según lo requerido
- Retro-cargador CAT 416 ó similar
- Motobomba de concreto s/camión y/o bomba estacionaria ó similar

Procedimiento de construcción para el desplante de las bóvedas de concreto reforzado



Para la construcción de la cimentación del desplante en las bóvedas de concreto reforzado, se seguirá el procedimiento marcado en el proyecto ejecutivo de construcción.

Además, se deberá de ejecutar lo siguiente:

- En las bóvedas, es necesario prever la necesidad de desviar el cauce de la corriente en algunos tramos para permitir los trabajos de cimentación; dichos tramos se definirán después de trazar en campo el eje de la obra por construir.



Fotografía 58: Desviación del cauce de ríos

- Es indispensable que tanto el cauce natural que será cambiado, como el cauce provisional para el desvío de la corriente, sean rellenados con fragmentos de roca chicos y medianos compactados mediante bandeo en forma similar a la compactación de este tipo de material en terraplenes.
- Esta desviación de los ríos debe de hacerse tomando en cuenta el volumen de las avenidas que se tienen contempladas, tomando un periodo de retorno de 50 años, para evitar imprevistos.



Fotografía 59: Colocación del material con bandeos

- Se deberá de llevar a cabo un control preciso de las condiciones del terreno de desplante de las cimentaciones a lo largo de las bóvedas, antes de iniciar con el mejoramiento del desplante de las obras de drenaje

Armado para las bóvedas

El habilitado del acero de refuerzo se hace en el patio de habilitado, con la finalidad de evitar que el acero se contamine. Para los movimientos internos en el patio de habilitado del acero se utilizará una grúa la cual se montará en un sitio estratégico del cual pueda suministrar el material a las cortadoras y dobladuras de acero. Una vez habilitado el acero de refuerzo se envía a los diferentes frentes de trabajo en una grúa Hiab de 6 toneladas de capacidad.

Colocación de acero de refuerzo para las bóvedas

El Armado en el frente de trabajo se realiza una vez colada la plantilla de concreto y de acuerdo a lo ordenado por el proyecto ejecutivo, el acero se calza con separadores de concreto ("pollos") y de la misma forma se da el recubrimiento de proyecto, tanto en la parte inferior como en las paredes de contacto con la cimbra.



Fotografía 60: Colocación de acero de refuerzo en bóvedas

Colocación de cimbra en bóvedas

Armadas la bóveda se procede a la colocación de la cimbra de los muros de la bóveda de forma tal que coincidan perfectamente la cimbra metálica de la clave con su carro de traslación, se alinea topográficamente de acuerdo a lo que ordene el proyecto ejecutivo para colarse en dos etapas la primera el muro y la segunda etapa la clave.



Fotografía 61: Construcción de muros en bóvedas



Colocación del concreto en bóvedas

Se colara en una sola etapa muros y clave, para lo cual se realizara con una motobomba montada sobre camión la cual distribuirá el concreto en capas no mayores de 30 cm de espesor y 10 metros en el sentido longitudinal debido a que es el largo de la cimbra especial de la clave. Esta operación se realizara en forma alternada en ambos lados de la cimbra de la estructura de forma tal que no se exceda mas de una capa por lado, lo cual garantiza que nos se formen juntas frías en el concreto, y con el equipo de vibrado necesario para cada uno de los lados de la cimbra de la estructura.



Fotografía 62: Colado de bóvedas

Curado Concreto en bóvedas.

El curado tiene como finalidad el evitar que los elementos pierdan humedad, teniendo una adecuada hidratación del concreto y garantizan el desarrollo normal de la de resistencia del concreto que nos indica el proyecto, esta actividad se realizara con la aplicación de una membrana de curado.

Recursos a utilizar para las obras de drenaje mayor

Los principales recursos a utilizar durante el proceso de construcción y de las bóvedas son los siguientes:



- Maquinaria
- Planta de luz.
- Vibradores para concreto
- Grúa Hiab de 6 toneladas
- Bomba de concreto montada sobre camión y/o bomba estacionaria

III. 5. 2 OBRAS DE DRENAJE MENOR

Las excavaciones de las obras de drenaje, la colocación de la tuberías (alcantarilla) y la construcción de cajas, se ejecutarán conforme avance la etapa de despalme, con la finalidad de que este frente de trabajo inicie las actividades y permita el paso del equipo de terracerías, es decir no iniciaremos la construcción de terraplenes antes de terminarse las alcantarillas y muros de sostenimiento que ordene el proyecto, la construcción de los cuales debe ir por lo menos 500 metros adelante de las terracerías, vale destacar que el desplante de las alcantarillas y los cajones se ejecutara como lo ordene el proyecto y/o la residencia del "Fideicomiso".

- 1 Tractor sobre orugas CAT D8R ó similar
- 1 Retro cargador CAT 416 ó similar
- 1 Grúa Hiab 6 toneladas s/camión ó similar

Procedimiento de construcción para el desplante de las obras de drenaje

Para la construcción de la cimentación del desplante en las obras de drenaje, se seguirá el procedimiento marcado en los proyectos ejecutivos de construcción o lo indicado por la residencia general del fideicomiso.

Además, se deberá de ejecutar lo siguiente:

1. En las obras de drenaje, es necesario prever la necesidad de desviar el cauce de la corriente en algunos tramos para permitir los trabajos de cimentación; dichos tramos se definirán después de trazar en campo el eje de la obra por construir.
2. Es indispensable que tanto el cauce natural que será cambiado como el cauce provisional para el desvío de la corriente, sean rellenados con fragmentos de roca chicos y medianos compactados mediante bandeado en forma similar a la compactación de este tipo de material en terraplenes.
3. Después de que se haya formado el terraplén de protección al 95% que arroja a los tubos, según las especificaciones de proyecto, se hará la excavación de una zanja



longitudinal sobre la corona del tubo, se rellenará con arena completamente suelta, construyéndose una longitud total de cruce de 12 metros (6 metros a la entrada y 6 metros a la salida).



Fotografía 63: Desplante de las obras de drenaje menor

Agregados para concreto hidráulico para obras de drenaje

La producción de agregados será llevada a cabo a partir de extracción del material de los bancos indicados en el proyecto, utilizando para ello un tren de trituración conformado por los equipos primario, secundario y terciario interconectados con bandas transportadoras y los alimentadores necesarios para su producción.

En la formación de los almacenamientos, tanto en el sitio de la producción como en sus lugares de acopio final para su proceso, se llevará a cabo en superficies que permitan el drenaje de las lluvias y sobre camas de agregado inerte que impidan la contaminación de estos, los cuales se acarrean con camiones propios o rentados, según el programa de necesidades de colocación y fabricación de concreto hidráulico y pavimentación.

Fabricación de concreto hidráulico para obras de drenaje

Para la fabricación de los concretos hidráulicos se contará con una dosificadora tipo móvil marca Odisa 5000 con capacidad nominal de 50 m³/hr instalada en el sitio de la obra.



Los agregados pétreos y arena se almacenarán en un sitio cercano a la planta de concreto debidamente separados e identificados para evitar la contaminación entre ellos.

Transporte del concreto hidráulico para obras de drenaje

Se contarán con unidades revoledoras suficientes para cumplir con el programa del proyecto. Estas unidades estarán debidamente calibradas para efectuar el mezclado según las especificaciones técnicas del ACI.

A continuación se enlista el equipo a utilizar:

- Dosificadora de concreto modelo Odisa 5000
- Cargador sobre llantas modelo CAT 928
- Camión revoladora de 7.5 m³
- Silos de almacenamiento de cemento de 90 toneladas.



Fotografía 64: Hoyas revoladoras para transportar concreto

Colocación de concreto hidráulico para obras de drenaje

De manera general se colocará el concreto en las diferentes estructuras por medio de dos procedimientos, el primero será a tiro directo cuando las condiciones de acceso y altura permitan el ingreso de los camiones revoladores, el segundo será por medio de una bomba de concreto



montada sobre camión, con brazo telescópico para descargar el concreto en la boca de la cimbra para los elementos que por su altura y dimensión no se puedan realizar a tiro directo o con bomba estacionaria.



Fotografía 65: Colado de las obras de drenaje menor

Suministro de cemento p rtland para obras de drenaje

Se considera la utilización de cemento p rtland del tipo normal, mismo que será almacenado en silos adecuados para conservar la calidad y características. Este insumo será transportado al proyecto por el proveedor del mismo.

Vale destacar que el concreto hidráulico puede ser suministrado por un tercero debidamente reconocido por el fideicomiso.

III. 5. 2. 1 CONSTRUCCIÓN DE SUBDRENES.

La construcción de los subdrenes son de vital importancia para la vida útil del camino, por lo que se pondr  una atención de sobre manera en la ejecución de estos trabajos.

En las zonas de corte, en donde lo indica el proyecto, se construirán subdrenes profundos abajo de las cunetas, de 2.00 metros de profundidad efectiva, que tendrán salidas en los sitios donde se



pasa de corte a terraplén, la construcción de los subdrenes, deberá de cumplir con lo señalado en las normas de calidad.

Los subdrenes profundos estarán constituidos por una zanja de 60 cm de ancho y 2.00 metros de profundidad, medido desde la parte inferior de la cuneta. Sobre el fondo nivelado de la excavación se colocará una capa de 10 cm de espesor de material filtrante para subdrén y sobre ella se apoyarán tubos de albañal de 15 cm de diámetro interior construidos con mortero de cemento portland, a los que previamente se practicarán perforaciones de 9.5 mm de diámetro 3/8".



Fotografía 66: Tubos de albañal perforados para subdrenes.

El relleno de la zanja en toda su profundidad y longitud se hará con material de filtro graduado, en capas de no más de 15 cm de espesor compactadas mediante apisonado enérgico.

En los sitios en que el corte cambia a terraplén, en donde sea requerido por cambios de pendiente o dirección, así como para no exceder la separación de 100 metros entre ellos, se construirán pozos de visita, adicionando un tubo de descarga de veinte 20 cm de diámetro interior, de mortero de cemento pòrtland, dirigido hacia el lavadero que se construirá para desalojar las aguas captadas por el subdrén.

En el extremo exterior de dicho tubo se colocará una bola formada con "malla para gallinero", que permita la salida del flujo y evite la entrada de roedores.



El brocal y la tapa del pozo de visita deberán seguir la pendiente del revestimiento de la cuneta, cuidando que la tapa tenga el mismo nivel que éste.



Fotografía 67: Construcción de subdrenes

La excavación de las zanjas deberá realizarse después de haber conformado las cunetas, pero antes de colocar sus recubrimientos. Dicha excavación deberá realizarse con zanjadora para la instalación de los subdrenes, mientras que para los pozos de visita y tubos de salida, las zanjas podrán ser excavadas a mano.

El material sobrante de la excavación de las zanjas se deberá utilizar para completar la configuración de las cunetas, extendiéndolo y acomodándolo a mano compactado al 90%, antes de colocar los recubrimientos. El material que no se utilice deberá ser depositado y extendido en el banco de desperdicios.

III. 5. 2. 2 CONSTRUCCIÓN DE DRENES TRANSVERSALES DE PENETRACIÓN.

Los drenes de penetración se instalarán en los taludes de cortes donde se detecten altos contenidos de humedad y estarán integrados con tubos perforados de pvc de 2" de diámetro, forrados con un geotextil e introducidos en perforaciones previas. Los drenes de penetración estándar tendrán una longitud variada de entre 15 y 20 metros.



Las perforaciones en los tubos serán de 4 mm de diámetro, ubicadas a cada 10 cm en ambos lados del tubo, alternando los ejes de las perforaciones de manera que sean perpendiculares entre si.

Debido a que el geotextil que se utilice tendrá solo una función de filtro, será de la clase “B”, no tejido, de polipropileno o poliéster. Deberá tener una permisividad mínima de 0.2 seg^{-1} y un peso mínimo de 200 gramos/m^2 . Para garantizar que el tubo quede correctamente forrado, el geotextil que se emplee deberá ser de una sola pieza, garantizando que toda la superficie del tubo quede completamente cubierta. El geotextil se deberá sujetar al tubo con alambre para evitar su desplazamiento durante la introducción del tubo forrado en la perforación previa.

Las perforaciones previas donde se introduzcan los drenes de penetración tendrán un diámetro de $3 \frac{1}{2}''$ y se harán en la altura y posición, con la inclinación y la profundidad necesaria para alojar completamente los tubos forrados.



Fotografía 68: Perforaciones para los drenes transversales de penetración.

Los drenes de penetración estándar deberán ser resistentes a las presiones del material circundante, considerando los efectos durante la introducción de los tubos forrados en las perforaciones, sin que se presenten desgarramientos del geotextil ni intrusiones de material en el tubo.



Fotografía 69: Drenes transversales de penetración

III. 5. 2. 3 MICRODRENES EN CORTES ESTABILIZADOS CON CONCRETO LANZADO.

Los microdrenes se instalarán en los taludes de los cortes que serán estabilizados con concreto lanzado. Los microdrenes serán tubos de pvc de 1", a cada 2 metros, en tresbolillo. Pegado al terreno sin incrustar, y atravesando el espesor de la capa de concreto por lanzar, sobresaliendo 3 cm de la superficie de la capa de concreto, sujetándolos a la malla electrosoldada.

III. 5. 2. 4 CONSTRUCCIÓN DE LAVADEROS DE CONCRETO HIDRAULICO

Se construirán conforme a lo establecido en las normas para la construcción en instalaciones de la SCT, realizando la excavación necesaria en los taludes de los terraplenes y/o en el terreno natural según lo indique el proyecto, para que una vez colado el concreto hidráulico con 10 cm de espesor, se obtenga una sección rectangular con 1 metro de platilla y 18 cm de bordo total, con dentellones a cada 4 metros de 15 cm de espesor y 20 cm de profundidad respecto al desplante del concreto.

Una vez concluida la excavación. Se afinará su fondo y paredes, retirando todo el material suelto que haya quedado. Los dentellones deberán colarse integralmente con los lavaderos, usando concreto hidráulico simple con resistencia a la compresión ($f'c$) de 150 kg/cm². La plantilla y por



lo menos las tres cuartas partes de la altura de los bordos laterales deberán ser armados con malla electrosoldada.



Fotografía 70: Lavaderos de concreto hidráulico

Con la culminación de estos trabajos se da por concluido el proceso constructivo para la autopista México-Tuxpan en el tramo Tejocotal-Nuevo Necaxa y se debe proceder por lo tanto a realizar los trabajos complementarios que consistirán en la colocación de señalamientos preventivos, restrictivos e informativos, además de la colocación de pintura sobre los carriles y acotamientos, y colocación de fantasmas sobre la carpeta, para poder dejar en óptimas condiciones de funcionamiento este tramo y cumplir así con las normas de calidad establecidas para una autopista como esta de altas especificaciones.



IV. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Como comentarios y conclusiones de este trabajo de tesis se puede mencionar que es de vital importancia la construcción y puesta en marcha de este proyecto, ya que beneficiará a un gran número de usuarios dadas las siguientes condiciones:

- La Autopista México-Tuxpan una vez terminada además de mejorar lo niveles de seguridad y de servicio, permitirá ahorros de 36 km, y 2 hrs. 15 minutos en su recorrido, ya que se podrá tener un aumento de la velocidad tránsito de mas de 40 km/hr.
- Comunicara poblaciones importantes de los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz entre los que se encuentran; Tulancingo, Tlaxcala, Huauchinango, Xicotepac, Poza Rica y el Puerto de Tuxpan.
- Además la SCT tiene programado prolongar la Autopista a Tampico y Matamoros, con lo cual seria la ruta mas corta hacia la región fronteriza con los E.U., país con el que México tiene su principal intercambio de comercio exterior.

Por otra parte con respecto a los problemas que se han presentado durante la etapa de construcción del proyecto, como son: La estabilización de taludes; La estabilización de suelos blandos mediante la incrustación de piedra y geotextiles separadores, y la inestabilidad de los materiales arcillosos "sensibles" durante su traslado y vertido a los bancos de desperdicio.

Se ha probado hasta el momento que con las soluciones que se han propuesto y que se han llevado a cabo con los procedimientos constructivos establecidos, estos problemas han desaparecido casi en su totalidad en la mayoría de los casos. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

En algunos casos que tienen que ver con la estabilidad de taludes se han producido otro problema como es el caso de la obstrucción de parte de la carpeta asfáltica con material estabilizado en los taludes por caídos inesperados una vez que se tenían recubiertos los taludes con pasto, por lo cual se han tenido que implementar además otras soluciones para evitar daños a la carpeta asfáltica como por ejemplo la construcción de muros gavión ó bien muros alcancía de concreto armado ó mampostería, en lugares donde se imagina que se podrían presentar estos problemas, una vez implementadas esta nueva solución, se tiene contemplado que se eliminará por completo además de los problemas de obstrucción de carriles, problemas como accidentes vehiculares ocasionados por el desprendimiento de material.



Por otra parte para el caso de la estabilización de suelos blandos mediante la incrustación de piedra y geotextiles separadores, se ha obtenido el resultado esperado utilizando la malla de geotextil para romper la capilaridad en el suelo y evitar los problemas de colchoneo, aunado a esto se ha obtenido muy buenos resultados de estabilidad utilizando la capa de piedra para dar la resistencia necesaria en el suelo.

Para el caso de la inestabilidad de los materiales arcillosos "sensibles" durante su traslado y vertido a los bancos de desperdicio, se ha logrado reducir en gran proporción este problema con la solución propuesta, ya que el material al mezclarse con la cal ha demostrado tener una estabilidad muy razonable evitando los problemas de licuefacción, sin embargo en algunos casos una vez que el material ha sido vertido y compactado en el banco de tiro, se han presentado deslizamientos con la presencia de las lluvias, por lo cual se tuvo que implantar una nueva solución que consistió en construir muros de retención de mampostería, con lo cual se ha podido dar por solucionado este problema por completo.

Como conclusión general se puede mencionar que no basta con solucionar los problemas constructivos, hay que cumplir con las normas de calidad establecidas para el proceso de construcción de la autopista, además y sin restarle importancia hay que cumplir con el programa de trabajo para poder terminar la autopista en el plazo que se tiene previsto.

Finalmente una vez que entre en operación este tramo se deberá de tener un mantenimiento mayor y menor cuando sea necesario, para que siempre se pueda operar esta autopista en óptimas condiciones y así brindarles a los usuarios un servicio adecuado y seguro.



BIBLIOGRAFÍA

- *Rico R. Alfonso, Del Castillo M.*
“La ingeniería de suelos en las vías terrestres”
Volumen 2
México (1992)
 - *Olivera Bustamante Fernando*
“Estructuración de vías terrestres”
Compañía Editorial Continental (UNAM)
Segunda Edición
México (2000)
 - *Ruíz V. Francisco*
“Características de materiales para la sección estructural de carreteras”
Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres. A.C
VII Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres
Queretaro (1998)
 - *Sosa Garrido Roberto*
“Dimensionamiento de las Estructuras Viales”
XIII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos
Vol. 1
Mazatlán (1990)
 - *Normas de la SCT*
N-CAL-1-01/00
Libro “Control y Aseguramiento de la Calidad”
 - *Normas de la SCT*
N-CMT-1-01/02, N-CMT-1-02/02, N-CMT-1-03/02
Libro “Características de los materiales”
 - *Revista de Ingeniería Civil*
Número 436
-
-