



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PRIMERA ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL  
CAMINO DE ACCESO AL P.H. LA YESCA,  
NAYARIT**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Civil**

**P R E S E N T A**

Hugo Eduardo Soto Islas

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Carlos Manuel Chávarri Maldonado



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2007

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	3
II.	DESCRIPCIÓN DEL P. H. LA YESCA	8
II.I	LOCALIZACIÓN	8
II.II	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	10
II.III	VÍAS DE COMUNICACIÓN	10
II.IV	BENEFICIOS DEL PROYECTO	11
II.V	PLANEACIÓN DE ASPECTOS SOCIALES Y EXPROPIACIONES	12
II.VI	SUPERFICIE INUNDABLE	14
II.VII	OBRA DE CONTENCIÓN	14
II.VIII	EMBALSE	15
II.IX	DATOS HIDROLÓGICOS	15
II.X	OBRA DE DESVÍO	15
II.XI	GEOLOGÍA DEL SITIO	16
II.XII	OBRA DE EXCEDENCIAS	16
II.XIII	OBRA DE GENERACIÓN	17
II.XIV	FOTOGRAFÍAS SATELITALES DEL SITIO	18
II.XV	FOTOGRAFÍAS DEL SITIO	25
II.XVI	FOTOGRAFÍAS DE LA MAQUETA DEL PROYECTO	30

III.	DESCRIPCIÓN DEL CAMINO DE ACCESO	35
III.i	ALCANCE TOTAL	39
III.ii	ALCANCE DE LA PRIMERA ETAPA	42
III.iii	ACCESO ACTUAL	42
III.iv	CLIMATOLOGÍA	45
III.v	PROGRAMA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN	45
III.vi	LIBRAMIENTO DE HOSTOTIPAQUILLO	46
III.vii	PLANOS	
IV.	PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN	48
IV.i	COMPLEMENTO DEL DISEÑO DE LA CARRETERA HOSTOTIPAQUILLO – MESA DE FLORES	49
IV.ii	DERIVACIONES DE LA VIALIDAD	53
IV.iii	CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA HOSTOTIPAQUILLO – MESA DE FLORES	54
IV.1	CONSTRUCCIÓN DE TERRACERÍAS	54
IV.2	CONSTRUCCIÓN DE TRAMOS EN ROCA	56
IV.3	PUENTES Y OBRAS DE DRENAJE	65
V.	CONCLUSIONES	72
	BIBLIOGRAFÍA	74
	PLANOS ANEXOS	

## I. INTRODUCCIÓN

El uso más común del término construcción se refiere a la técnica de fabricar edificios, obras públicas e infraestructura en general. En un sentido más amplio se denomina construcción a todo aquello que exige, antes de hacerse, tener o disponer de un proyecto o plan predeterminado, o que se hace uniendo diversos componentes según un orden determinado. Como ejemplos se tienen: las construcciones sintácticas o gramaticales, las construcciones musicales y las construcciones mentales. Consecuentemente, la palabra construcción se usa en diversas disciplinas, tanto científicas, técnicas o aplicadas como en las humanidades: gramática, pedagogía, psiquiatría y la teoría del arte entre otras.

En proyección Arquitectónica y de Ingeniería Civil el término construcción se refiere a la fabricación de infraestructura que comprende el conjunto de técnicas, materiales, procesos, artes y oficios aplicados para llevar a cabo estas obras, para lo cual se tienen en cuenta las propiedades del suelo y de los materiales de construcción, los condicionantes de los diferentes procesos en cada parte de la obra, así como las acciones a que está sometida la obra a lo largo de su vida útil, como son: el peso de los materiales, la sobrecarga, las acciones del viento o de los terremotos, la contaminación atmosférica, el riesgo de incendio, etc. La construcción es la meta final de los proyectos de ingeniería.

El proceso de la construcción se realiza en fases diferentes que engloban múltiples oficios, los cuales son dirigidos por la Residencia de obra y revisados por la Supervisión de obra. En este proceso participan tanto recursos materiales como humanos.

La construcción es una de las principales industrias, tanto por su peso económico como por su incidencia en el medio ambiente. Debido a la gran importancia de estas infraestructuras para el desarrollo de un Estado, la Ingeniería Civil está reconocida en todos los países, independientemente del nombre concreto que se dé a su titulación.

Entre los campos de la Ingeniería Civil se pueden mencionar los siguientes:

Las infraestructuras del transporte:

- Aeropuertos
- Carreteras
- Vías férreas
- Puertos
- Puentes

Las obras hidráulicas:

- Alcantarillado
- Canales para el transporte de agua para riego
- Canales de navegación
- Sistemas de abastecimiento de agua potable
- **Centrales hidroeléctricas**
- Depuradoras
- Diques
- Esclusas
- Muelles.
- Presas

La intervención sobre problemas de estabilidad del terreno.

Las estructuras que componen las obras anteriores.

- Terraplenes
- Desmontes
- Obras de contención de terreno
- Túneles
- Zapatas
- Pilares
- Vigas.
- Estribos de puentes

En general, las obras de Ingeniería Civil implican el trabajo de una gran cantidad de personas (en ocasiones cientos y hasta miles) en lapsos que abarcan desde unas pocas semanas o meses hasta varios años.

Debido al elevado costo de los trabajos que se acometen, buena parte de los trabajos que se realizan son para el Estado, o bien para grandes compañías que pretenden la explotación de una infraestructura a largo plazo.

Las obras complementarias son primordiales para la construcción de cualquier proyecto. En el caso que compete esta tesis, es de alta importancia la construcción de un camino de acceso adecuado al proyecto, dado que sin él no podrá entrar maquinaria para la construcción, materiales y mano de obra con mayor fluidez.

En la etapa de pre-factibilidad se analizan el mayor número de soluciones posibles. Es aquí también donde los organismos competentes decidirán a cerca del proyecto que se llevará a cabo. Para la toma de decisiones se consideran, entre otros, los siguientes puntos de vista: dificultad de la obra; costo de la obra; impacto ambiental producido por la obra. El estudio de pre-factibilidad involucra un equipo multidisciplinar de técnicos, donde además de ingenieros civiles participan ingenieros eléctricos, mecánicos, geólogos, economistas, sociólogos, ecologistas. Como resultado de esta fase se escogen 2 ó 3 soluciones para detallarlas en la etapa siguiente.

En la siguiente etapa, factibilidad técnico- económica, ya se avanza mucho más en los detalles constructivos, en la determinación de los costos, en el cronograma de construcción o plan de obra y en el flujo de caja necesario para la ejecución de la obra. En esta etapa tienen mucho peso las investigaciones de campo para detectar dificultades específicas relacionadas con la geología de las áreas en las que se intervendrá, y se detallarán los impactos ambientales, incluyendo tanto la parte física como la biótica y la social. En general es en esta fase que se escoge la solución definitiva, que será detallada en la etapa de diseño definitivo o proyecto ejecutivo. En el diseño definitivo se incluyen las obras complementarias.

Entre las obras que se pueden considerar como obras complementarias para la construcción de una presa hidroeléctrica están las siguientes:

- Camino de acceso
- Túneles de desvío
- Ataguías
- Lumbreras
- Campamentos
- Socavones

Nunca se deben olvidar las obras complementarias ya que son muy importantes dentro del presupuesto de la obra. Si no son tomadas en cuenta por el contratista éste perderá mucho dinero durante la construcción e inclusive podría llegar a quedar en bancarrota por los altos costos que tan solo una obra complementaria pudiera generar.

## II. DESCRIPCIÓN DEL P.H. LA YESCA

### LOCALIZACIÓN

El P. H. La Yesca, se localiza sobre el Río Santiago a 105 km al Noroeste de la ciudad de Guadalajara, Jalisco, a 22 km al Noroeste de la población de Hostotipaquillo y a 4 km aguas abajo de la confluencia de los ríos Bolaños y Santiago. Se ubica en las coordenadas geográficas 21°11'49'' de Latitud Norte y 104°06'21'' de Longitud Oeste, (coordenadas UTM: Y=2 344 200, X=592 760), en la colindancia de los estados de Nayarit y Jalisco. Las obras principales se localizan en los municipios de Hostotipaquillo Jalisco y La Yesca Nayarit.

Los planos siguientes muestran la ubicación del P. H. La Yesca, los municipios de Hostotipaquillo y Magdalena, la autopista Guadalajara-Tepic, la federal 15, el camino de acceso y todos los poblados cercanos.

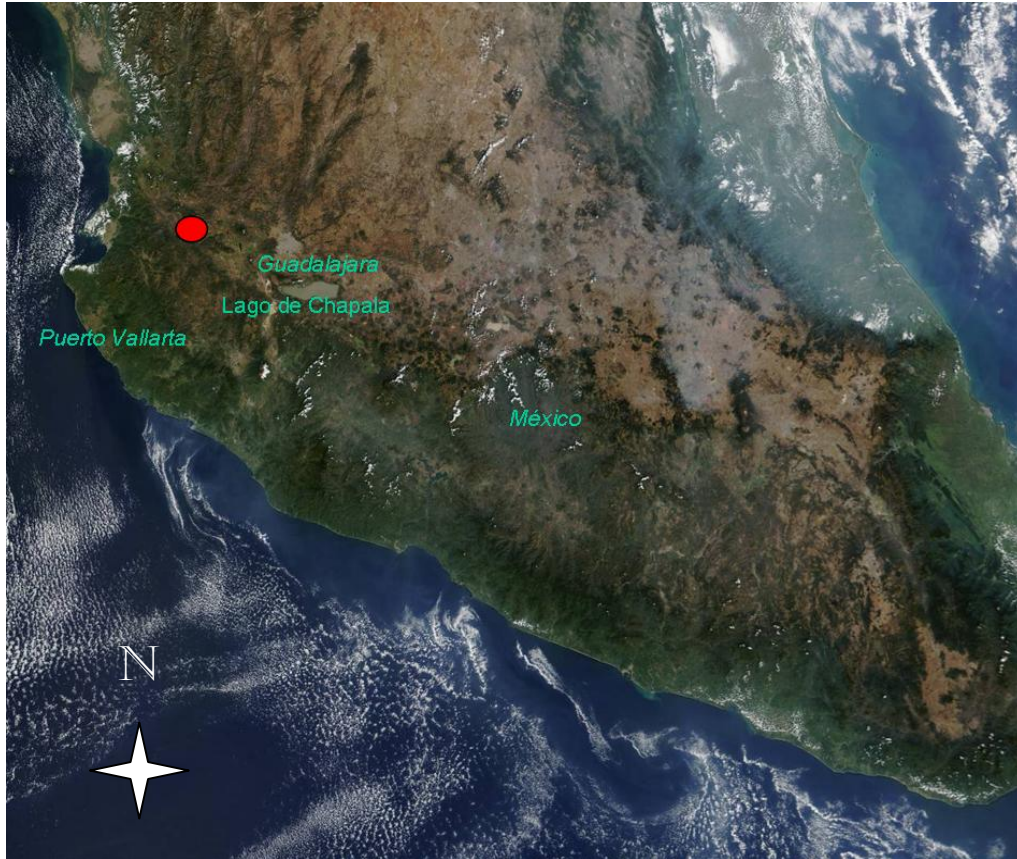


FIGURA 2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL P. H. LA YESCA

El proyecto La Yesca forma parte del aprovechamiento “en cascada” del Río Santiago, ubicándose entre la presa Santa Rosa (C.H. Manuel M. Diéguez) y el embalse que formará la presa El Cajón.

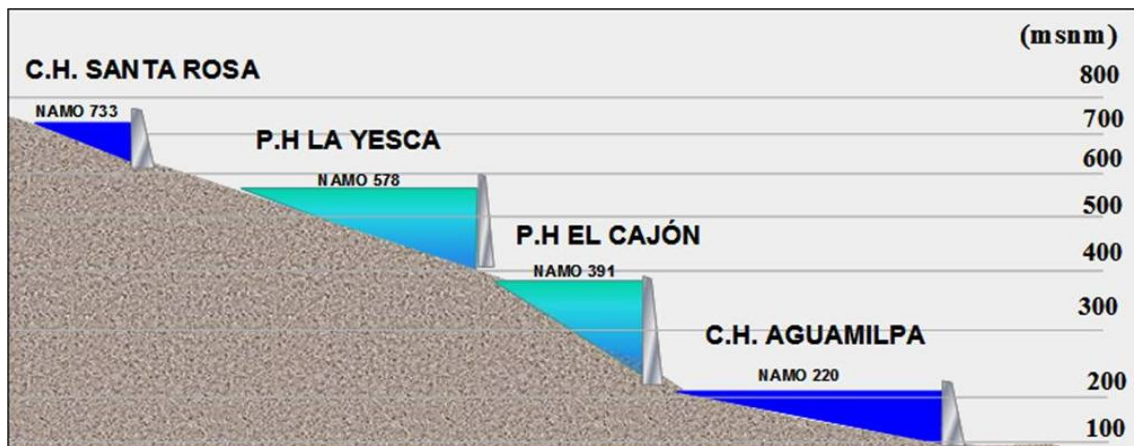


FIGURA 2.2 APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL RÍO SANTIAGO

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Lugar	Latitud Norte	Longitud Oeste
Sitio del Proyecto	21° 11' 49"	104° 06' 21"
Campamento Mesa de Flores	21° 11' 10"	104° 05' 40"
Hostotipaquillo	21° 03' 48"	104° 03' 47"

TABLA 2.1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS

VIAS DE COMUNICACIÓN

El acceso al sitio se hace por la Maxipista Guadalajara-Tepic, recorriendo 60 km desde el anillo periférico de Guadalajara, hasta la desviación al poblado de Magdalena, y de allí se recorre un tramo de 15 km por la carretera federal No. 15 hasta el entronque con el camino que lleva al pueblo de Hostotipaquillo, al cual se llega por una carretera pavimentada de 8 km. De aquí parte una terracería de

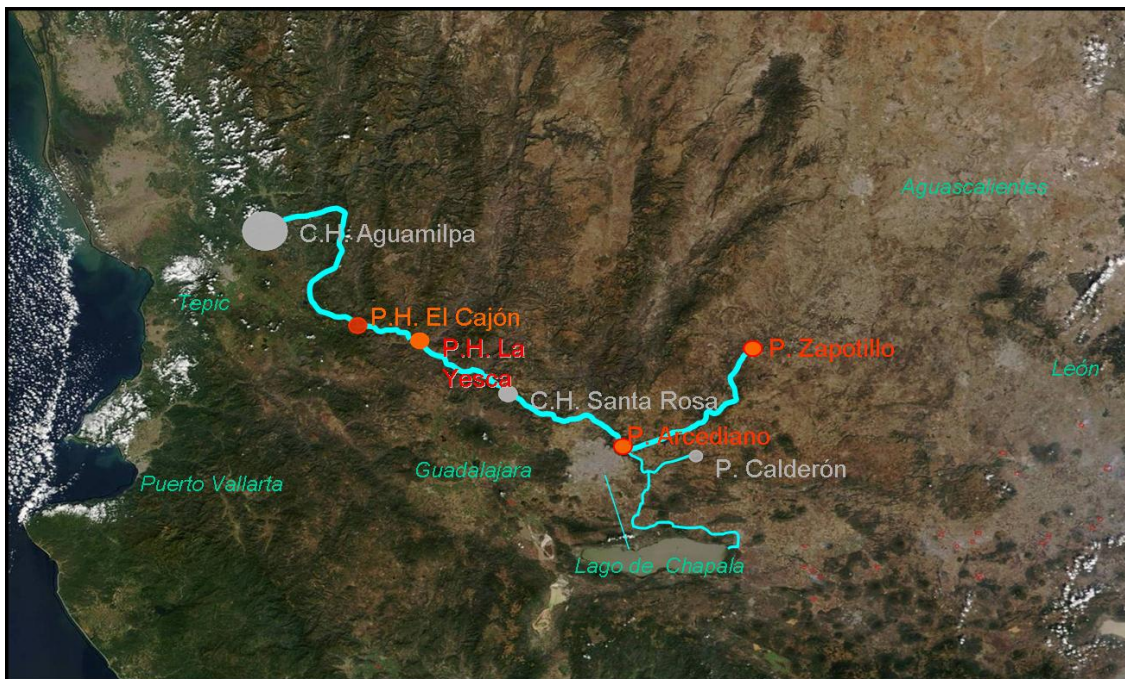


FIGURA 2.3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTOS SOBRE EL RÍO SANTIAGO

condiciones regulares y transitables la mayor parte del año, de 20 km hasta el caserío conocido como Mesa de Flores. Se llega a la boquilla por la margen izquierda del río, transitando por otro camino de terracería de 6,5 km.

## BENEFICIOS DEL PROYECTO

1. Generación media anual total de 1,210 GWh (943 GWh firme y 267 GWh secundaria).
2. Incremento en Generación en El Cajón/ Aguamilpa (29 GWh).
3. Cambio de Energía secundaria a firme en El Cajón/Aguamilpa (118.5/22.7 GWh).



FIGURA 2.4 HOSTOTIPAQUILLO, JAL.

4. Diversificación de fuentes de energía.
5. Creación de 5,000 empleos directos y 5,000 empleos indirectos durante su construcción estimada en 56 meses de duración.
6. Construcción del puente Analco, sobre el río Bolaños.
7. Restitución y mejora del acceso al poblado La Yesca.
8. Importante derrama económica en la región.
9. Capacitación de los lugareños en diversas actividades productivas.
10. Mejoras sociales en los poblados Mesa de Flores, Hostotipaquillo y la Yesca,
11. Mejora en las vías de acceso terrestre de la región.
12. Propicia la actividad pesquera comercial y turística.
13. Interconexión fluvial a lo largo del embalse, mejorando la comunicación de la zona.

## PLANEACIÓN DE ASPECTOS SOCIALES Y EXPROPIACIONES

La CFE se hace cargo de:

- Atender a los afectados en su patrimonio por medio de una comunicación personal constante.
- Promover, con participación de Autoridades Agrarias, las asambleas informativas sobre el Proyecto Hidroeléctrico.
- Gestionar ante la Autoridad Agraria la expropiación de bienes Ejidales y Comunales.
- Respetar los derechos de los núcleos Agrarios y sus características socioculturales.
- El mejoramiento de la calidad de vida de forma sustentable mediante la aplicación de programas de desarrollo comunitario y la capacitación en actividades productivas
- La construcción de los poblados en sitios de interés de los afectados.

- Generación de 10 000 empleos directos e indirectos durante 5 años de construcción, destacando la participación de trabajadores de poblados cercanos al sitio del P.H. y de forma especial la de los miembros de los núcleos agrarios.



FIGURA 2.5 ASAMBLEAS INFORMATIVAS



FIGURA 2.6 EMPLEOS

SUPERFICIE INUNDABLE

Terreno Ejidal	166 Ha
Pequeña propiedad	3 184 Ha
Total	3 350 Ha

TABLA 2.2 SUPERFICIE INUNDABLE

GEOLOGIA DEL SITIO

La geología del sitio es una masa rocosa compuesta por una dacita pseudo estratificada y masiva basculada hacia el NW, afectada por fracturamiento de origen tectónico. El patrón sísmico en la región es de tipo enjambre, asociado con las fosas tectónicas de Tepic-Chapala y Chapala-Colima.

DATOS HIDROLÓGICOS

Escurrencimiento medio anual	3 088.2 hm <sup>3</sup>
Escurrencimiento medio mensual	257.35 hm <sup>3</sup>
Avenida máxima registrada	7 191 m <sup>3</sup> /s
Gasto medio anual	97.90 m <sup>3</sup> /s
Período de registro	54 años

OBRA DE CONTENCIÓN

Tipo	Enrocamiento con cara de concreto
Elevación de la Cortina	579.00 msnm
Elevación máxima del parapeto	580.50 msnm
Longitud de la Corona	624.00 m

Altura total al desplante	220.50 m
Elevación de desplante	360.00 msnm
Talud aguas arriba y aguas abajo	1:4:1



FIGURA 2.7 OBRA DE CONTENCIÓN CON CARA DE CONCRETO

## EMBALSE

Nivel de diseño	556.12 msnm
Elevación al NAMINO	518.00 msnm
Elevación al NAMO	575.00 msnm
Elevación al NAME	578.00 msnm
Capacidad útil	1,392.00 hm <sup>3</sup>
Área al NAME	33.40 km <sup>2</sup>

## OBRA DE DESVÍO

Dos túneles sección portal	14 x 14 m
Longitud total de dos túneles	1, 443.90 m
Gasto máximo de avenida de diseño (Tr 200 años)	8,653 m <sup>3</sup> /s
Altura de preatagüía de aguas arriba	33.00 m
Volumen aproximado de preatagüía	203,940 m <sup>3</sup>
Altura de la atagüía de aguas arriba (integrada a la cortina)	54.00 m
Volumen aproximado de la atagüía	1,15 Mm <sup>3</sup>



FIGURA 2.8 OBRA DE DESVÍO

OBRA DE EXCEDENCIAS

Gasto máximo de avenida de diseño (Tr 10,000 años):	15,915.00 m <sup>3</sup> /s
Gasto máximo de descarga:	14,264.00 m <sup>3</sup> /s
Elevación de cresta vertedora:	556.00 m
Longitud efectiva de cresta:	72.00 m
Carga máxima:	22.00 m
Compuertas radiales (6) de:	12.00 x 22.40 m
Ancho de la plantilla M canal de descarga:	45.10 m
Longitud total M canal de descarga:	498.40 m
Velocidad máxima de descarga:	40.00 m/s

OBRA DE GENERACIÓN

Número y tipo de unidades:	2 (Francis)
Unidad de Generación:	750 MW
Diámetro Interior de tubería:	7.7 m a 5.5 m
Longitud de conducción a presión por unidad:	195.00 m
Casa de máquina en caverna:	22.20 x 95.00 x 50.00 m
Gasto de diseño por unidad:	250.00 m <sup>3</sup> /s

FOTOGRAFÍAS SATELITALES DEL SITIO



FIGURA 2.9 FOTOGRAFÍA SUPERIOR (OCTUBRE 2006)



FIGURA 2.10 FOTOGRAFÍA SUPERIOR CON REPRESENTACIÓN DE LA CORTINA



FIGURA 2.11 FOTOGRAFÍA EN DIRECCIÓN ESTE-OESTE



FIGURA 2.12 FOTOGRAFÍA EN DIRECCIÓN OESTE - ESTE



FIGURA 2.13 FOTOGRAFÍA SUR - NORTE



FIGURA 2.14 FOTOGRAFÍA SUR-NORTE CON REPRESENTACIÓN DE CORTINA. VISTA DESDE EL ENROCAMIENTO



FIGURA 2.15 FOTOGRAFÍA NORTE - SUR

FOTOGRAFÍAS DEL SITIO



FIGURA 2.16 RÍO SANTIAGO, AL FONDO CAMPAMENTOS DE CFE, FOTOGRAFÍA TOMADA DESDE UN MIRADOR HACIA AGUAS ABAJO

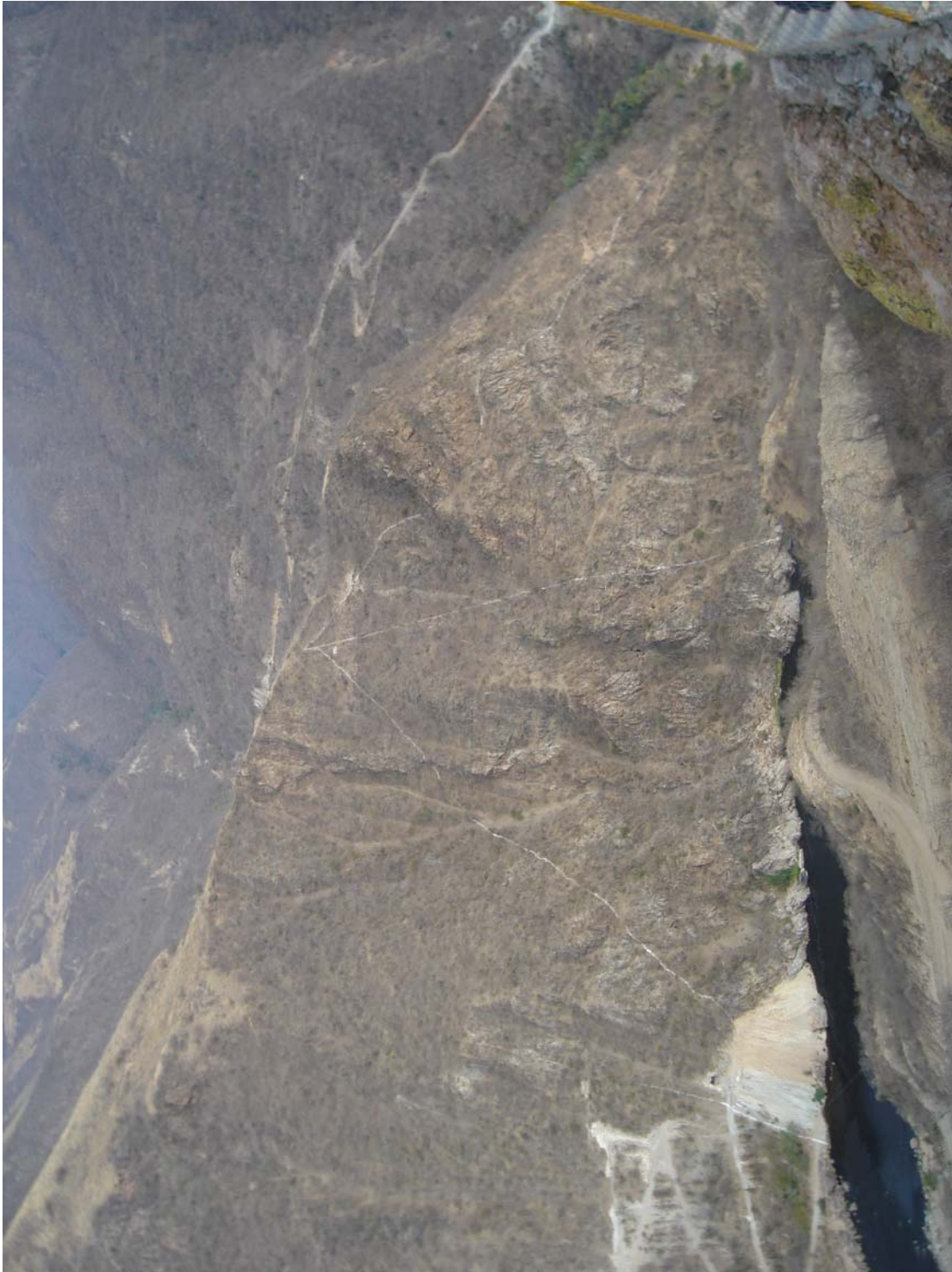


FIGURA 2.17 FOTOGRAFÍA DEL TRAZO DONDE SE ENCONTRARÁ LA CORTINA. ABAJO UN SOCAVÓN

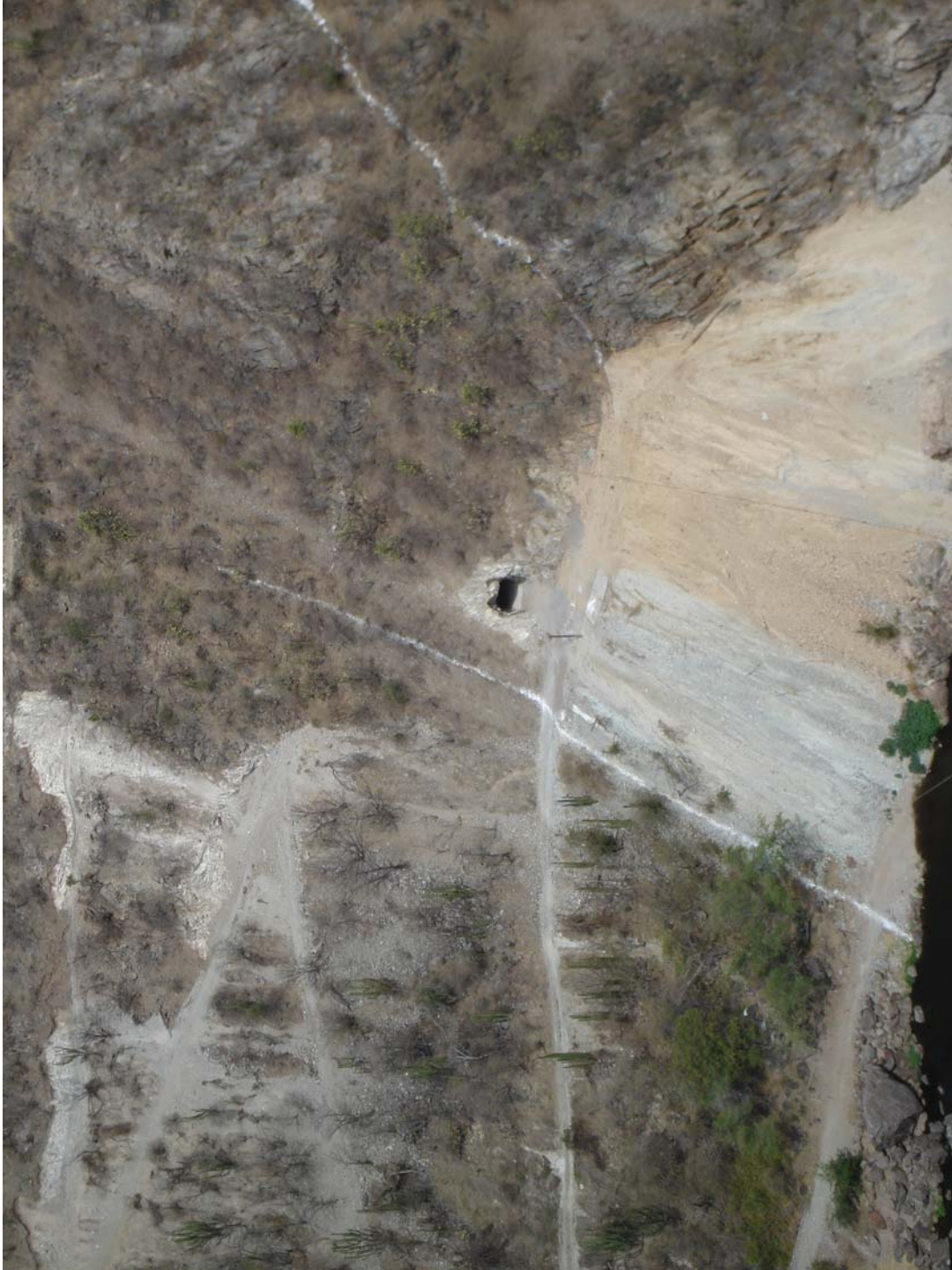


FIGURA 2.18 SOCAVÓN EN LA MARGEN DERECHA DEL RÍO SANTIAGO



FIGURA 2.19 ENTRADA AL SOCAVÓN NO. 5



FIGURA 2.20 INTERIOR DEL SOCAVÓN. YA CUENTA CON VARILLAS PARA ESTABILIZAR EL CORTE

FOTOGRAFÍAS DE LA MAQUETA DEL PROYECTO



FIGURA 2.2I CARA DE CONCRETO DE LA CORTINA Y ATAGUIAS AGUAS ARRIBA. VISTA DESDE LA MARGEN DERECHA



FIGURA 2.22 CARA DE CONCRETO, ATAGUÍAS AGUAS ARRIBA Y TÚNELES DE DESVÍO





FIGURA 2.24 ENROCAMIENTO Y SALIDA DE OBRA DE DESVÍO



FIGURA 2.25 OBRA DE EXCEDENCIAS

### III. DESCRIPCIÓN DEL CAMINO DE ACCESO

La carretera de acceso al sitio de construcción del proyecto La Yesca se localiza en el municipio de Hostotipaquillo y aprovecha la ruta actual (2006) en servicio de un camino de terracería que comunica los poblados de Hostotipaquillo y Mesa de Flores. Esta terracería entre estos 2 municipios tiene una longitud de 20.380 km. El trazo se ubica sobre terrenos de propiedad privada y sobre los Ejidos de Hostotipaquillo, Los Conocos y Ejido Michel.

Se ha determinado que la carretera de acceso al sitio del proyecto se apegue a la especificación para caminos tipo “C” de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Los criterios para diseño y construcción son los siguientes:

- Aprovechar al máximo la ruta existente.
- Aplicar al diseño la especificación correspondiente al camino tipo “C” de la SCT indicada en su Libro 2.01.01 “Proyecto Geométrico de Carreteras”
- Reducir en lo posible la afectación a la propiedad privada o social.
- Reducir al mínimo la afectación al medio ambiente.
- Diseñar el trazo definitivo con el mínimo de cortes y terraplenes.
- Ubicar el trazo preferentemente sobre terreno firme evitando en lo posible la construcción de terraplenes.
- Balancear el movimiento de cortes y terraplenes.

La terracería actual tiene un ancho promedio de 6 a 7 metros. Los primeros 10 km, medidos a partir del poblado de Hostotipaquillo, se ubican en terreno de plano a semiplano con un trazo aceptable, mismo que requiere la corrección de algunas curvas y ampliar el ancho de corona a 11 metros para hacerlo a la especificación mencionada.

El tramo del km 10+000 al km 12+000 requiere de un nuevo trazo para hacerlo a la especificación mencionada, porque el trazo actual tiene pendientes muy fuertes entre el nivel 1040 msnm y el 910 msnm.

El tramo del km 12+000 al km 13+800 requiere corrección de curvas y ampliar el ancho de corona a 11 metros para hacerlo a dicha especificación.

El tramo del km 13+800 al km 20+380 requiere de un trazo nuevo para hacerlo a la especificación mencionada, porque el trazo actual tiene pendientes muy fuertes fuera de esta especificación. Se estima que con el trazo nuevo, la longitud de la carretera será de 23 km

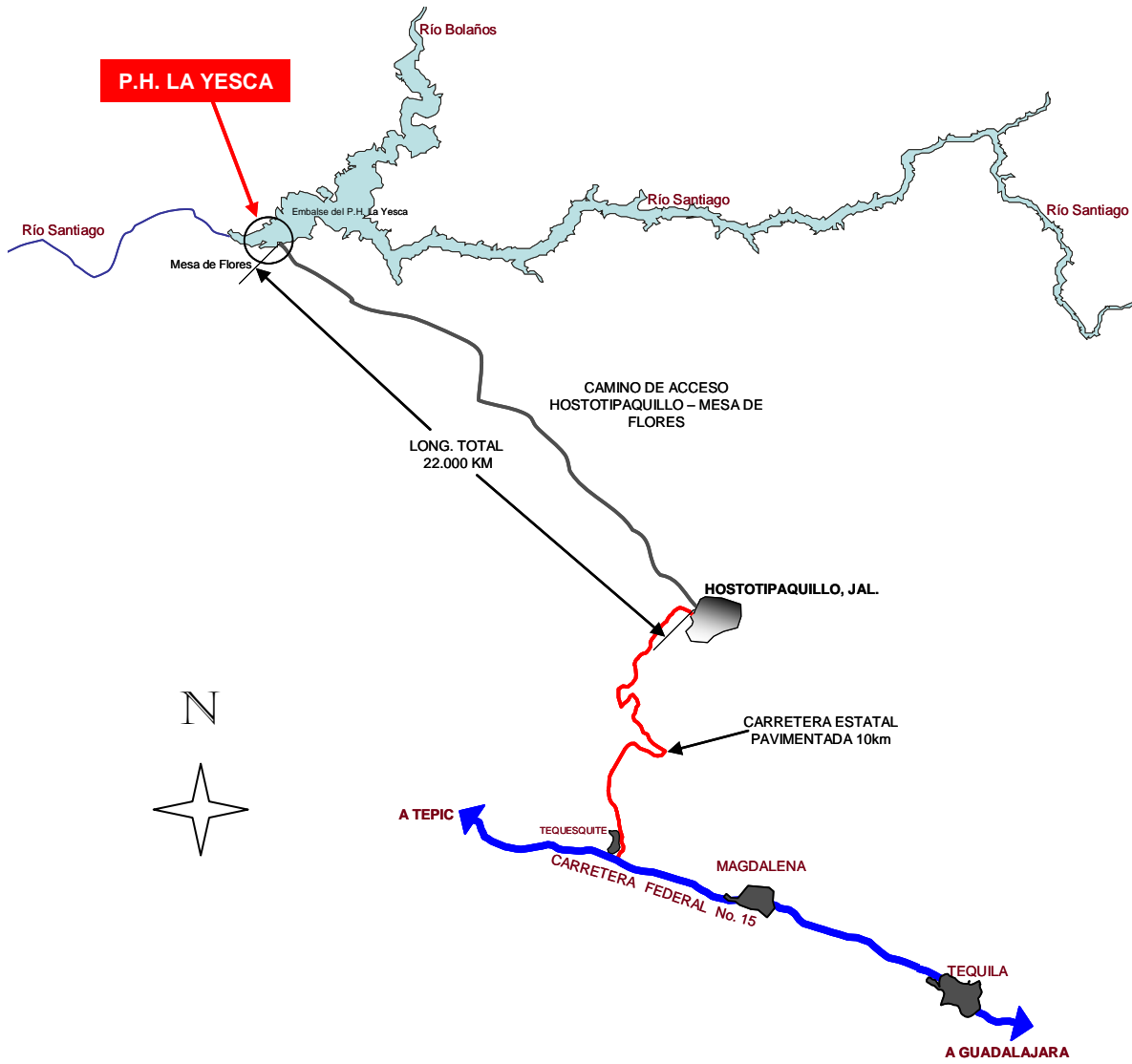


FIGURA 3.1 PROYECTO DE LA CARRETERA HOSTOTIPAQUILLO – MESA DE FLORES

La sección tipo para los trabajos de corte y terraplén a nivel terracerías es la siguiente:

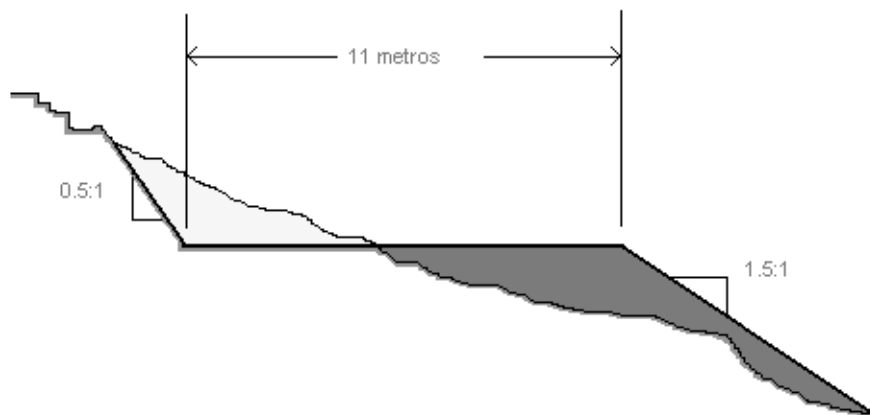


FIGURA 3.2 SECCIÓN TIPO PARA CORTE Y TERRAPLÉN

DATOS TÉCNICOS DEL CAMINO	
› Tipo	“C” modificado/SCT
› Longitud	22.000 km
› Pendiente gobernadora	6 %
› Pendiente máxima	8 %
› Velocidad de proyecto	40-80 km
› Ancho de corona	9.00 m
› Ancho de calzada	7.00 m
› Grado máx. De curvatura	30°
› Puentes	1.00
› Tiempo de construcción:	175 días

TABLA 3.1

Cantidades de obra principales			
No	Concepto	Unidad	Cantidad
1	Desmante	hectárea	72
2	Despalme	m <sup>3</sup>	215 000
3	Excavación	m <sup>3</sup>	2 321 000
4	Terraplén	m <sup>3</sup>	750 000
5	Subrasante	m <sup>3</sup>	71 000
6	Sub base	m <sup>3</sup>	32 000
7	Base	m <sup>3</sup>	31 000
8	Carpeta	m <sup>3</sup>	14 600

TABLA 3.2

## ALCANCE TOTAL

Actualmente para llegar al P. H. La Yesca hay que salir de de la Autopista Guadalajara-Tepíc, entrar a la carretera federal 15, atravesar el municipio de Magdalena, seguir por la federal 15, llegar al entronque hacia Hostotipaquillo y después tomar el camino hacia Mesa de Flores. La entrada a Magdalena y a Hostotipaquillo no son opciones dado que las calles de estos municipios no tienen la capacidad para que pueda entrar maquinaria. Es necesario un camino que comunique al P. H. La Yesca con la Autopista de una forma más cómoda. Se busca unir el P. H. La Yesca con la Autopista Guadalajara – Tepíc construyendo un trébol donde actualmente se encuentra un puente. A partir de ahí ampliar un camino de terracería existente hacia La Quemada y comunicarlo con el entronque de la carretera federal 15 y el camino a Hostotipaquillo. Construir un libramiento de aproximadamente 1 km de longitud para evitar la entrada de maquinaria a Hostotipaquillo. De esa manera quedará directamente comunicado el P. H. La Yesca con una vía de comunicación amplia. Todo este camino a nivel de rasante



FIGURA 3.3 PUENTE DONDE SE CONECTARÁ EL CAMINO A LA AUTOPISTA



FIGURA 3.4 ESTADO ACTUAL DEL CAMINO HACIA LA QUEMADA



FIGURA 3.5 ENTRONQUE DE LA CARRETERA FEDERAL 15 CON LA CARRETERA A HOSTOTIPAQUILLO. "EL TEQUESQUITE"



FIGURA 3.6 ESTADO ACTUAL DE LA CARRETERA A HOSTOTIPAQUILLO



FIGURA 3.7 ESTADO ACTUAL (EN CONSTRUCCIÓN) DEL CAMINO AL P. H. LA YESCA

## ALCANCE DE LA PRIMERA ETAPA

Las obras de la primera etapa consisten en la construcción de la carretera a nivel de terracerías, es decir a nivel de cortes y terraplenes. Las obras se deben entregar con la corona de la carretera con un ancho aproximado de 11 metros, nivelada para que a partir de esta corona en la segunda etapa, se construya la capa subrasante, sub-base, base y carpeta. También se incluye la colocación de postes de concreto con seis hilos de alambre de púas para delimitar el derecho de vía de la carretera, localizado a veinte metros a cada lado del eje. En el alcance de la primera etapa se incluyen obras de protección, muros de contención si se requieren y obras de drenaje que queden cubiertas en los cortes y terraplenes, se incluye además la elaboración y entrega del diseño ejecutivo de las capas de la estructura de la carretera: capa subrasante, sub-base, base y carpeta, diseño de señalización, obras de protección, estudio geotécnico, estudio de bancos de préstamo, localización de bancos de desperdicio y la elaboración de los planos “Así quedo Construido” de las obras que se construyan.

Se establece también el diseño ejecutivo de la ampliación de la carretera que va del entronque de la Carretera Federal No. 15 a Hostotipaquillo, incluyendo el diseño de los entronques al libramiento y accesos al poblado de Hostotipaquillo, Jalisco.

## ACCESO ACTUAL

Las obras de la primera etapa, son a partir del poblado de Hostotipaquillo Jalisco, el cual se localiza a 22 km del poblado de Magdalena Jalisco, por carretera pavimentada. A partir de Magdalena hacia Plan de Barrancas, se recorren once kilómetros por la carretera federal No. 15, en el cruce “El Tequesquite”, se dobla hacia la derecha y se recorren otros once kilómetros hasta el poblado de Hostotipaquillo.



FIGURA 3.8 ESTADO ACTUAL DEL CAMINO DE ACCESO



FIGURA 3.9 ESTADO ACTUAL DEL CAMINO DE ACCESO



FIGURA 3.10 ESTADO ACTUAL DEL CAMINO DE ACCESO. TRAMO DE UN SOLO CARRIL



FIGURA 3.11 ESTADO ACTUAL DEL CAMINO DE ACCESO. FOTOGRAFÍA AÉREA SE OBSERVA CURVA MUY CERRADA

## CLIMATOLOGÍA

En toda la región en que se desarrolla el camino de acceso la temporada de lluvias ocurre entre junio y octubre. En esta zona se originan los ciclones tropicales del Pacífico durante el verano y parte del otoño. La precipitación anual varía entre 993 y 1255 mm, la temperatura en promedio varía de 46° C a 12° C, la humedad relativa promedio es del 38%.

## PROGRAMA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN

La elaboración, aplicación y cumplimiento del programa general de las obras es responsabilidad del Contratista. A continuación se describen las condiciones que el Contratista debe cumplir con carácter obligatorio en la ejecución de todos los trabajos y que deben aparecer en su propuesta de programa:

1. La construcción del camino debe ejecutarse con cinco frentes de trabajo simultáneos desde el inicio de las obras, promediando 4 a 5 kilómetros de longitud de carretera para cada tramo.
2. La Comisión Federal de Electricidad requiere que la construcción de las obras se deben ejecutar en un máximo de 6 meses.
3. El Contratista debe prever los recursos, la logística y planeación necesarias para cumplir con la ejecución de lo indicado en los puntos 1 y 2 anteriores.
4. Las alcantarillas, puentes y obras de drenaje deben programarse y ejecutarse anticipadamente a las terracerías, para que no interfieran el avance de los terraplenes.

5. Durante toda la construcción del camino debe mantenerse la comunicación vehicular al sitio del proyecto en forma continua y permanente, por lo que el Contratista debe prever lo necesario para su cumplimiento, como establecer y construir las desviaciones siempre dentro del derecho de vía.
6. Las actividades de restauración de áreas afectadas para dejarlas en condiciones de reforestación, deben cumplir con lo indicado en los Capítulos 9 (Protección ambiental), 15 (Reforestación) y 16.02.00 (Actividades de protección ambiental) de las especificaciones y se deben ejecutar dentro del plazo de ejecución del contrato.

#### LIBRAMIENTO DE HOSTOTIPAQUILLO

La construcción del libramiento es indispensable dado que la entrada y salida de maquinaria es grande y no puede entrar a las calles de Hostotipaquillo. El libramiento se encontrará a 900 metros de la salida actual de Mesa de Flores, como se ilustra en la Figura 3.8



FIGURA 3.8 SALIDA ACTUAL A MESA DE FLORES Y PUNTO DONDE ARRANCARÁ EL LIBRAMIENTO. LA LÍNEA AMARILLA CON PUNTOS ROJOS MARCA LA DISTANCIA DE 900 METROS ENTRE UN PUNTO Y OTRO



PUNTO ACTUAL DE SALIDA DE HOSTOTIPAQUILLO A MESA DE FLORES



PUNTO DONDE COMENZARÁ EL LIBRAMIENTO



FIGURA 3.9 TRAZO DEL LIBRAMIENTO SOBRE EL TERRENO. EN LA PARTE IZQUIERDA SE ALCANZA A NOTAR PARTE EN CONSTRUCCIÓN.

Los planos siguientes muestran el libramiento en alineamiento horizontal, perfil y secciones a cada 20 metros.

## IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

Para obtener el procedimiento constructivo se recomienda formar el catalogo de conceptos a través de generadores de precios. Aquí se describen los conceptos y se muestran ejemplos de cómo se llevan a cabo cada uno de ellos. Considerando que el proceso constructivo solo llega hasta nivel de terracerías se comprende que no se toman detalles de la construcción de: riegos de liga, riego de sello, pintura sobre la carpeta, bordillos, cunetas, contra-cunetas drenes, lavaderos, bombeo, base, sub-base, encarpetao a nivel de rasante, sobre elevación y sobre ampliación. Se entienden únicamente los conceptos que llevarán al proyecto a nivel terracerías, como son: cortes, terraplenes, alcantarillas, obras de drenaje, pasos ganaderos y puentes vehiculares. Se anexan algunos planos de alineamiento horizontal, secciones a cada 20 m y perfiles de corte y terraplén.

COMPLEMENTO DEL DISEÑO DE LA CARRETERA,  
HOSTOTIPAQUILLO-MESA DE FLORES.

Localización y trazo en campo del eje del camino partiendo del eje



preliminar entregado por CFE, consistente en: ubicación de puntos sobre el eje del camino a cada 20 m ajustando en campo el alineamiento horizontal a las especificaciones para camino tipo “C” de la SCT, incluye la referencia para apoyo del trazo definitivo y para la construcción de las obras.

FIGURA 4.1 LOCALIZACIÓN Y TRAZO DEL CAMINO



FIGURA 4.2 DELIMITACIÓN DEL DERECHO DE VÍA

Delimitación del derecho de vía a lo largo de los 22 kilómetros con postes de concreto con 6 hilos de alambre de púas localizados a 20 metros de cada lado del eje de la carretera. Definición del trazo del camino con base a la información topográfica y geotécnica del terreno, aplicando especificaciones y normas de SCT.



FIGURA 4.3 DESMONTE

Remoción de la vegetación existente y capa superficial del terreno (30.00 cm. aprox.) utilizando equipo mecánico (tractores de carriles, motosierras), cerca de 42 ha.



FIGURA 4.4 DESPALME

Despalme con maquinaria de movimiento de tierras como tractores de carriles, cargadores frontales y carros de volteo. El material de desperdicio se ocupa como terraplenes provisionales para posteriormente ser bancos de desperdicio.

Obtención del perfil del terreno natural sobre el eje del camino preliminar trazado y ajustado a las especificaciones para camino tipo "C" de SCT, incluye: nivelación del trazo y colocación de bancos de nivel a cada 500 m.

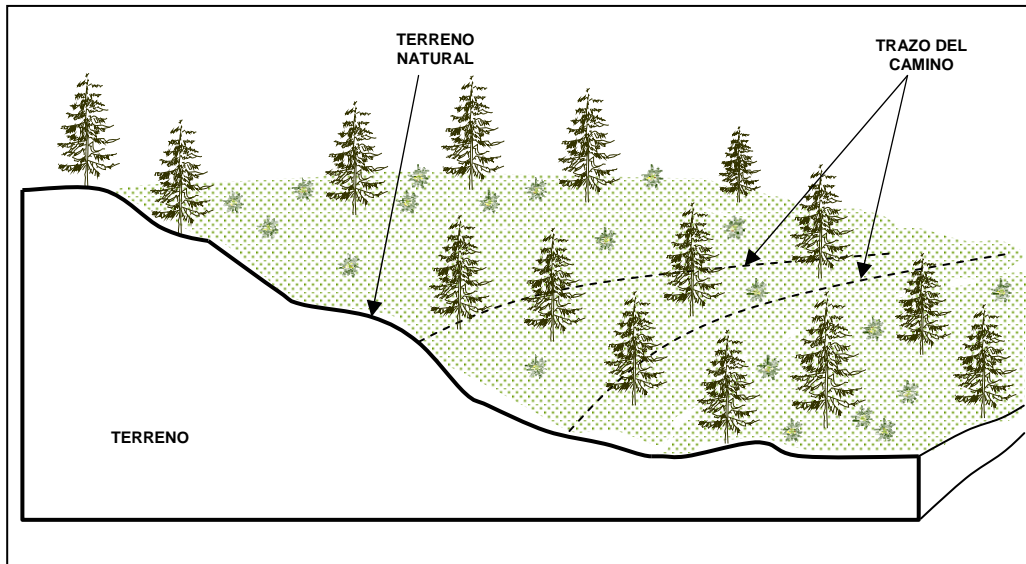


FIGURA 4.5 TRAZO DEL CAMINO SOBRE EL TERRENO NATURAL PARA POSTERIORMENTE HACER CORTES Y CONSTRUIR TERRAPLENES

Seccionamiento transversal del eje del camino localizado y aceptado por la CFE a cada 20 m, para la configuración del terreno natural, con un ancho suficiente para alojar la sección tipo del camino.

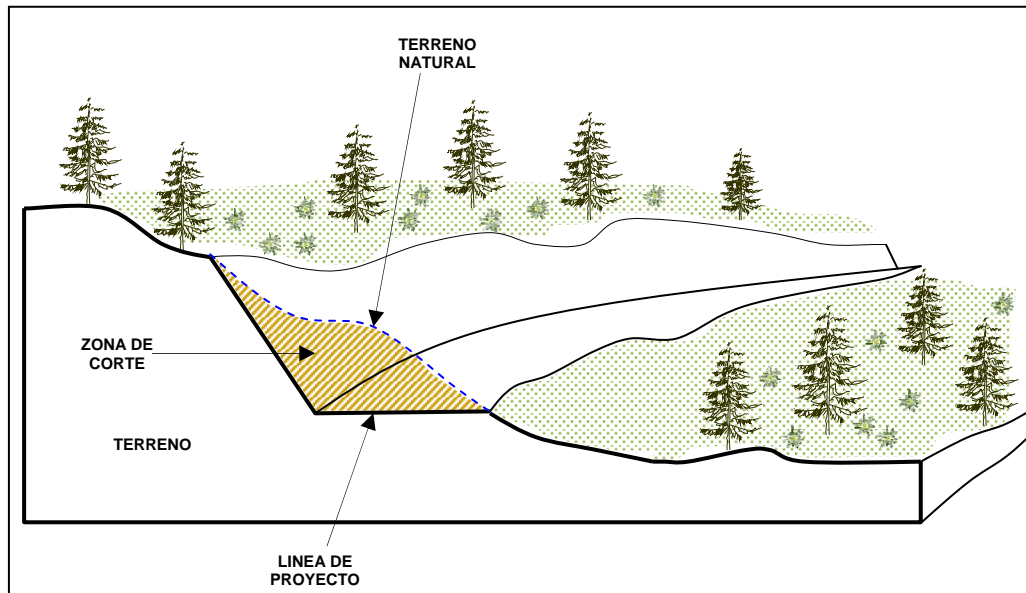


FIGURA 4.6 CORTES EN EL TERRENO NATURAL SOBRE EL TRAZO DEL CAMINO. LOS CORTES, SON EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO EN EL TERRENO NATURAL PARA LA FORMACIÓN DE LA SECCIÓN DE PROYECTO, ESTOS PUEDEN SER REALIZADOS CON USO Ó SIN USO DE EXPLOSIVOS. DEPENDIENDO DEL TIPO DE MATERIAL

Estudio geotécnico que incluye la localización de banco de desperdicios, de materiales (de préstamo para terracerías y de agregados para pavimentos y concretos) y diseño de pavimentos.

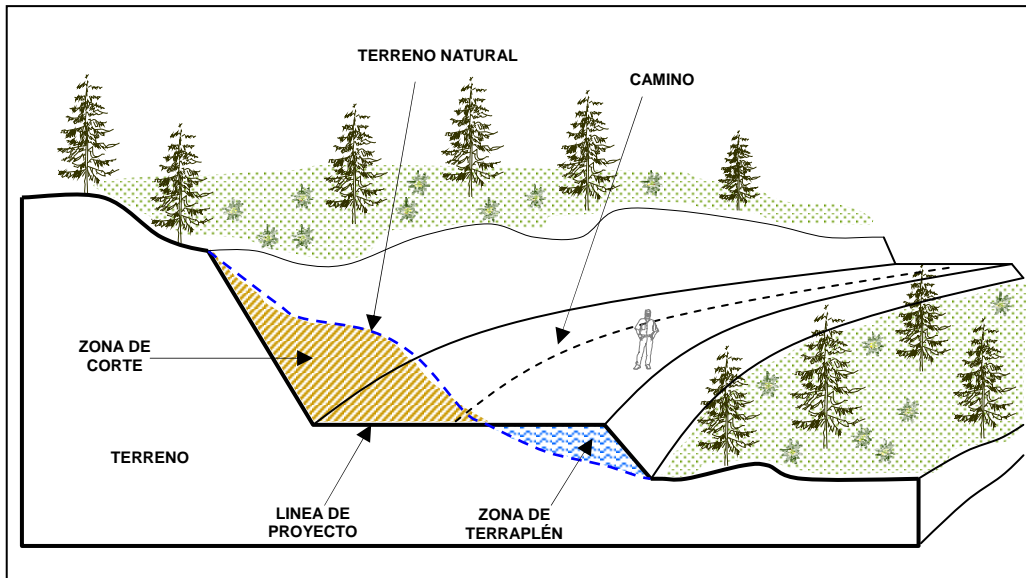


FIGURA 4.7 CUANDO EL MATERIAL PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES CUMPLA CON LAS ESPECIFICACIONES, PUEDE SER UTILIZADO EN LA FORMACIÓN DE TERRAPLENES, LOGRANDO CON ESTO REDUCIR EL COSTO DE LA OBRA.

Diseño ejecutivo definitivo del camino que incluye el alineamiento horizontal y alineamiento vertical, secciones de construcción a cada 20 m, cálculo de curva masa, memorias de cálculo y datos de construcción.

Localización y diseño ejecutivo de obras de drenaje (alcantarillas, cunetas, contra-cunetas, lavaderos, bordillos y canales) y de obras de protección (muros de contención, parapetos, fantasmas, protección de taludes, etc.).

Proyecto de señalamiento horizontal y vertical (preventivas, restrictivas, informativas, diversas, turísticas y de servicios) que incluye el diseño de soporte para señales verticales.

Elaboración de catálogo de concepto y especificaciones generales y particulares de construcción y normas de calidad, para todas las obras del

proyecto, considerando los datos del diseño definitivo de la carretera que debe incluir la memoria de cálculo de cantidades de obra.

### DESVIACIONES DE LA VIALIDAD

Son los caminos provisionales que se construyen para dar acceso a los vehículos que transiten por la carretera. Su ejecución debe considerar un ancho y una pendiente adecuada para permitir la circulación. Estas vialidades deben incluir la señalización adecuada para su uso.



FIGURA 4.8 DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMINO ES NECESARIO QUE EXISTA UNA VÍA CONSTANTE DE PASO TANTO PARA EL CONTRATISTA, LA CFE Y TERCEROS.

## CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA HOSTOTIPAQUILLO-MESA DE FLORES

## IV. 1 CONSTRUCCIÓN DE TERRACERÍAS

<i>CONCEPTO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>UNIDAD</i>
Desmonte	42.59	ha
Despalme desperdiciando el material de corte y para terraplenes	112 191.42	m <sup>3</sup>
Excavaciones a cielo abierto SIN uso de explosivos, en cortes y adicionales debajo de la subrasante	1,002,557.22	m <sup>3</sup>
Excavaciones a cielo abierto CON uso de explosivos, en cortes y adicionales abajo de la subrasante cuando el material se utilice en la formación de los terraplenes o se desperdicie.	668,371.48	m <sup>3</sup>
Compactación del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes para 90%	30 983.00	m <sup>3</sup>
Compactación de la cama de los cortes en que no se haya ordenado excavación adicional para 95%	42 603.00	m <sup>3</sup>
Formación y compactación de terraplenes adicionados con sus cuñas de sobreebanco para 90%	815 482.67	m <sup>3</sup>
Formación de la parte de los terraplenes y de sus cuñas de sobreebanco, construidas con material NO compactable	203 870.67	m <sup>3</sup>
Excavación para canales	4 523.04	m <sup>3</sup>



FIGURA 4.9 ADEMÁS DE DESPALME, LOS TRACTORES TAMBIÉN SE USAN PARA LA FORMACIÓN DE LAS TERRACERÍAS TANTO EN CORTES COMO EN TERRAPLENES.



FIGURA 4.10 TAMBIÉN SE USAN LOS TRACTORES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS DERIVACIONES DE LA VIALIDAD. ES RECOMENDABLE QUE ÉSTAS SE ENCUENTREN EN BUENAS CONDICIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN.



FIGURA 4.11 PARA LA COMPACTACIÓN DE TERRACERÍAS Y TERRAPLENES SE OCUPAN RODILLOS VIBRATORIOS PARA OBTENER LA COMPACTACIÓN REQUERIDA DEL 90% Ó 95%

## VI. 2 CONSTRUCCIÓN DE TRAMOS EN ROCA

El uso de explosivos para la fragmentación de roca o material tipo C es el método más adecuado. Se utilizó ANFO mezclado con hidrogel (aproximadamente 70% de hidrogel o emulsión y 30% de ANFO). El ANFO consiste en una mezcla de nitrato de amonio y un combustible derivado del petróleo, desde bencina hasta aceite de motor. Estas mezclas son muy utilizadas principalmente por las empresas mineras y de demolición, debido a que son muy seguras, baratas y sus componentes se pueden adquirir con mucha facilidad.

Las cantidades de nitrato de amonio y combustible varían según la longitud de la cadena hidrocarbonada del combustible utilizado. Los porcentajes van del 90% al 97% de nitrato de amonio y del 3% al 10% de combustible. El uso de un combustible insoluble en agua acaba con el principal problema del nitrato de amonio, su tendencia a absorber agua.

Se barrenó en la roca hasta 9 m de profundidad, que es la altura de de las bermas, y se depositaron dentro los explosivos. Fueron activados de manera electrónica con deferencia de explosión entre ellos de milésimas de segundo.



FIGURA 4.12 BARRENADO EN ROCA PARA EL DEPÓSITO DE LOS EXPLOSIVOS



FIGURA 4.13 COLOCACIÓN SE LOS EXPLOSIVOS EN SUS RESPECTIVOS BARRENOS CONECTADOS A LA LÍNEA DE EXPLOSIÓN.



FIGURA 4.14 CADA EXPLOSIVO SE CONECTA A LA LÍNEA PRINCIPAL



FIGURA 4.15 CADA EXPLOSIVO TIENE UN TIEMPO PARA DETONAR DESPUÉS DE SER ACCIONADO Y UN NÚMERO PARA SU REFERENCIA. EN LA IMAGEN SE NOTA QUE ES EL TERCER EXPLOSIVO Y DETONARÁ 75 MILISEGUNDOS DESPUÉS DE SER ACTIVADO POR EL CONTEO REGRESIVO.



FIGURA 4.16 LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES Y DE TODO EL PERSONAL ES PRIMORDIAL POR LO QUE SE COLOCAN ESTOS LETREROS DE "PELIGRO" Y SE HACE SONAR UNA ALARMA DESDE 5 MINUTOS ANTES DE LA VOLADURA PARA ADVERTIR A TODA PERSONA CERCANA QUE SE ALEJE



FIGURA 4.17 SE DESPEJA EL ÁREA DONDE SE HARÁN LAS VOLADURAS



FIGURA 4.18 SE PRODUCE LA VOLADURA (FRAGMENTACIÓN DEL MATERIAL

La idea de que cada explosivo detone en tiempos distintos es con el fin de fragmentar lo más posible y con mayor facilidad la roca. Aunque la diferencia en tiempos de explosión entre un explosivo y otro es pequeña, durante la voladura es muy significativa.

Después de las voladuras se procede a retirar el material fragmentado con el uso de Tractores de Carriles, Cargadores frontales y Camiones de volteo de distintas capacidades.

Los Tractores de carriles hacen el movimiento de tierras y acomodo de material para que el cargador frontal proceda a cargar a los volteos disponibles. Como el área de trabajo es reducida se trabaja con poca maquinaria. En el frente

de trabajo que se encuentra entre el cadenamiento 19+000 al 20+000 se hará un movimiento de tierras de aproximadamente 668,371.48 m<sup>3</sup> a partir de voladuras.

El movimiento de material y construcción de bermas se hace bajo el siguiente procedimiento:

1. Se remueve el material fragmentado con retroexcavadora y tractores.



FIGURA 4.19

2. Se acomoda el material con tractor para que el cargador frontal pueda tomarlo.



FIGURA 4.20

3. El cargador frontal carga los volteos



FIGURA 4.21

La razón de utilizar camiones de volteo en vez de Camiones fuera de carretera es tanto la falta de espacio en algunos tramos como la ausencia actual de un camino lo bastante amplio para acceder al sitio de los trabajos.

4. Los volteos descargan el material en los lugares destinados para banco de desperdicio formando terraplenes que les permiten tener mayor espacio para desplazarse



FIGURA 4.22

5. Las bermas se forman con la ayuda de tractores de carriles, dejando un peralte de 9 metros, un ancho de entre 3 y 4.5 metros y un talud de 0.5:1



FIGURA 4.23

6. Los cortes que ya hayan llegado al nivel deseado son compactados, así también como las horillas que formaran parte de la berma. Esto se hace con rodillos vibratorios, como el de la imagen 4.11

## VI. 3 PUENTES Y OBRAS DE DRENAJE

Cada obra tiene sus obras complementarias, para este caso, el camino de acceso es una obra complementaria del P. H. La Yesca. Las obras complementarias del camino de acceso son las obras de drenaje y los puentes. Existe un solo puente, varias alcantarillas y varios pasos ganaderos.

El único puente es el Puente Las Juntas, su construcción necesita de las siguientes especificaciones.

<i>CONCEPTO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>UNIDAD</i>
Excavaciones para estructuras	303.20	m <sup>3</sup>
Material para drenes que cubran las caras posteriores de los muros	48.00	m <sup>3</sup>
Tubos de PVC para drenes de 10 cm de diámetro	40.00	m
Mampostería de tercera clase con mortero de cemento relación 1:5	109.28	m <sup>3</sup>
Zampeados de mampostería de tercera clase junteados con mortero de cemento	30.00	m <sup>3</sup>
Acero de refuerzo con LE>392.2 Mpa (4000 kg/cm <sup>2</sup> )	25 235.00	kg
Concreto con f'c=24.5 Mpa (250 kg/cm <sup>2</sup> )	415.00	m <sup>3</sup>
Apoyo de neopreno reforzado ASTM D 2240, dureza 60 = 9.8 Mpa (ft=100 kg/cm <sup>2</sup> )	16.00	pza.
Acero estructural A-36, Incluye: Aplicación del primario anticorrosivo y acabado	98,083.00	kg
Juntas de dilatación		
b) No metálicas	7.00	m <sup>2</sup>
1) De cartón asfaltado de 3.0 cm de espesor		

<p>Sikaflex 1-A o similar de 4 cm de espesor, el precio incluye: Sikaflex 1-A, pegamento de Colmadur y Colmasol o similar. La unidad de medida será el decímetro cúbico colocado con aproximación de 2 decimales. La colocación será en los lugares indicados en el Plano No. T-39.1 de fecha Diciembre de 1980, de la Dirección de Carreteras Federales de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP).</p>	<p>24.00      dm<sup>3</sup></p>
<p>Parapeto con defensas para calzada. Incluye: Suministro de todos los materiales necesarios y todas las actividades de construcción; pilastras, colocación de lámina galvanizada calibre 12 tipo IMSA, ARMCO o similar, acero de refuerzo, guarnición, cartón asfáltico, Sikaflex 1-A o similar, pernos galvanizados de 1.6 cm de diámetro, tuercas y rondanas, cajas y tubos para pernos. La unidad de medida será el metro lineal de parapeto, terminado a satisfacción de Comisión, con aproximación de 2 decimales. La construcción del parapeto, se hará de acuerdo al Plano No. T-34.1.1 de fecha Diciembre de 1980, de la Dirección de Carreteras Federales de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP).</p>	<p>60.00      m</p>

A continuación se muestran los principales planos

Para las obras de drenaje se tienen los siguientes conceptos

<i>CONCEPTO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>UNIDAD</i>
Excavaciones para estructuras.	5,791.16	m <sup>3</sup>
Rellenos para la protección de las obras de drenaje	4,812.33	m <sup>3</sup>
Mampostería de tercera clase en obras de drenaje y muros de contención con mortero de cemento	2,440.00	m <sup>3</sup>
Tubos para drenes de PVC de 7.6 cm de diámetro	160.40	m
Material para drenes, que cubran las caras posteriores de muros.	220.00	m <sup>3</sup>
Zampeados de mampostería de tercera clase junteados con mortero de cemento.	300.00	m <sup>3</sup>
Concreto hidráulico De f'c= 14.7 Mpa (150 kg/cm <sup>2</sup> ).	71.00	m <sup>3</sup>
Concreto hidráulico De f'c= 24.5 Mpa (250 kg/cm <sup>2</sup> ).	470.00	m <sup>3</sup>
Acero de refuerzo		
a) Varillas.	53,400.00	kg
Tubería de concreto Reforzado de f'c=27.5 Mpa (280 kg/cm <sup>2</sup> ) de 105 cm de diámetro.	480.00	m
Tubería de concreto Reforzado de f'c=27.5 Mpa (280 kg/cm <sup>2</sup> ) de 120 cm de diámetro.	80.00	m

Las imágenes siguientes muestran la construcción de las obras de drenaje y de los pasos ganaderos, se anexan planos contiguos.



FIGURA 4.24 CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLAS CON TUBOS DE CONCRETO Y JUNTA DE CEMENTO



FIGURA 4.25 TUBO DE CONCRETO APOYADO SOBRE MURO DE MAMPOSTERÍA



FIGURA 4.26 CONSTRUCCIÓN DE PASO GANADERO CON MUROS DE MAMPOSTERÍA



FIGURA 4.27 MURO DE MAMPOSTERÍA PARA PASO GANADERO CON TUBOS DE PVC

Los principales señalamientos del camino son los informativos, restrictivos, preventivos y de servicios.

El resultado de los trabajos es un camino a nivel terracerías bien compactado, perfectamente delimitado y cortes estabilizados como en las imágenes que se muestran en las figuras siguientes.



FIGURA 4.28 CAMINO TERMINADO Y DELIMITADO



FIGURA 4.29 TERRACERÍA BIEN COMPACTADA Y TERMINADA



FIGURA 4.30 BERMAS BIEN FORMADAS Y ESTABILIZADAS

## V. CONCLUSIONES

El proceso constructivo del camino de acceso no parece muy complicado, sin embargo el plan de trabajo debe realizarse con normas rigurosas de seguridad y calidad. El uso de maquinaria debe hacerse bajo un estricto plan de trabajo, ya que el uso de maquinaria es muy costoso. Se debe tener un excelente conocimiento del uso de explosivos para formar las voladuras en roca.

Considero que, aunque se han atrasado durante la construcción del camino, se está construyendo con gran cuidado y normas de seguridad muy estrictas. Los terraplenes tienen una muy buena compactación, las bermas están bien estabilizadas y sin problemas de derrumbes. Las obras de drenaje se han construido previamente a los terraplenes así como los pasos ganaderos. El Puente “Las Juntas” aún no se ha construido.

La construcción es la meta de todo proyecto de ingeniería como se dice en la introducción, pero necesita de los conocimientos de todas las demás ramas de la ingeniería civil. Se necesitan estudios geotécnicos, hidrológicos, económicos y ambientales principalmente, con el fin de construir una obra de calidad.

Es muy necesario para la construcción tener en cuenta absolutamente todos los detalles que se pueden encontrar durante el proceso constructivo, para lo cual es necesario, además de los conocimientos de ingeniería, tener visión y experiencia. Estas dos cualidades, dentro de un grupo de ingenieros, pronostican un proyecto que se construirá con los mayores estándares de calidad tanto ambientales, económicos y de servicios.

Esta obra complementaria, el camino de acceso, es muy importante para el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca por las facilidades que brindará a su construcción. Quizás sea la obra complementaria más costosa, pero es indispensable y si no se pone atención a estas obras a tiempo, los costos de proyecto se verán afectados gravemente.

El impacto ambiental debe verse desde todos los ángulos, es decir, tanto se debe poner atención a la flora y fauna como a los aspectos sociales y económicos. El camino de acceso no solo brindará servicio al personal de la CFE sino también la gente que vive a las rancherías cercanas.

El P. H. La Yesca junto con las obras que conlleva, será una obra que beneficiará a toda la población cercana al proyecto. Los proyectos de ingeniería por lo general dan servicio a grandes cantidades de gente y generan infraestructura de servicio.

## BIBLIOGRAFÍA

<http://www.cfe.gob.mx/es/>

Personal de la Comisión Federal de Electricidad en las instalaciones de Hostotipaquillo, Jal.

<http://www.compranet.gob.mx>

Langerfors y Kihlström. TÉCNICA MODERNA DE VOLADURA DE ROCAS.  
Editorial Urmo. España.

Crimins, Samuels y Monaha. TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN EN ROCA. Editorial Limusa. México, 1978.

Chavarri M., Carlos M. MOVIMIENTO DE TIERRAS. FUNDEC, A. C., México, 1994.

Software Google Earth

<http://www.wikipedio.org>