



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN

**“CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE BARRANCA DEL
DIABLO, KM 510+930 CARRETERA
TEPIC-SAN BLAS, NAYARIT.”**

TRABAJO PROFESIONAL Y EXAMEN PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

MARIO ESPARTACO LÓPEZ GUERRERO.

ASESOR:

ING. RAFAEL SANTÍN MORALES.

Santa Cruz Acatlán, Naucalpan, Estado de México

Septiembre 2019.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

"Porque un puente es algo más que una cosa de acero y piedra:
es la concreción del esfuerzo de cabezas, corazones y manos humanas.

Un puente es más que una suma de deformaciones y tensiones:
es una expresión del impulso de los hombres
-un desafío y una oportunidad de crear belleza-.

Un puente es el símbolo del heroico esfuerzo de la humanidad
hacia el dominio de las fuerzas de la naturaleza.

Un puente es un monumento a la tenaz voluntad
de conquista del género humano".

Steinman y Watson.

DEDICATORIA.

A Silvia mi inseparable compañera de vida quien siempre me apoyó y acompañó incondicionalmente en el tiempo que estudié la carrera.
A mis hij@s Mario, Mena y Mafer quienes han sido el impulso para superarme día tras día.

† A Mamá Luz, que nunca me soltó de su mano.

A mis padres

† A mi madre Ana María, quien como madre siempre me supo sacar adelante y como arquitecta me transmitió su amor por la arquitectura y la construcción,

A Jesús quien siempre me acompañó en las decisiones tomadas.

A mis hermanos

Ana, Citlalli, Pavel, Chuss y Paco, compañeros de grandes aventuras, quienes siempre han estado cerca aún y la distancia que nos separa.

A la Tía Ofelia, a mis Primas Haba, Praga y Odesa, que han sido en estos años la familia cercana en quien me he apoyado.

Gracias a Dios que me ha permitido estar en la palma de su mano.

AGRADECIMIENTOS.

Mi eterno agradecimiento al Ingeniero Víctor Ortiz Ensastegui quien ha sido mi tutor en esta fabulosa profesión, de quien heredé la pasión por los puentes.

A IDINSA y la familia Ortiz que me abrió sus puertas desde mi etapa de estudiante, permitiéndome iniciar en la construcción mientras completaba mis estudios.

A mis jefes y compañeros de IDINSA que me han impulsado en el desarrollo de este trabajo y me han permitido aprender de su amplia experiencia en diversas especialidades, José Elizalde, Armando López, Marcial González, † a los compañeros que ya partieron, a los que ya recorren otros caminos y tantos otros que no menciono, pero están presentes.

Al Reforma Athletic Club, lugar que me permitió soñar en dar inicio mis estudios universitarios, donde conocí grandes amigos y compañeros de trabajo, así como muchas familias de socios que siempre me impulsaron a superarme.

INDICE.

CAPITULO 1

PUENTES EN DOBLE VOLADIZO	13
Antecedentes	14
Puentes en La Edad Contemporánea	14
Puentes en Doble Voladizo	16
Puente Emilio Henrique Baumgart, (Puente de los Peces)	18
Puente Nibelungos Viejo, Worms	19

CAPITULO 2.

DICTAMEN DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA, AMBIENTAL Y LEGAL, REVISIÓN CONCEPTUAL Y EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y PROYECTOS EJECUTIVOS.....	20
<i>ANTECEDENTES.....</i>	21
Normatividad.....	21
Contratación del estudio de factibilidad.....	22
Contenido del estudio de factibilidad	22
Descripción de la obra.....	22
<i>INTEGRACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN NECESARIA</i>	23
Estudios de ingeniería básica.....	23
Proyectos ejecutivos	23
Estudios de impacto ambiental	23
Otros documentos que se consultaron para elaborar el dictamen	23
<i>ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA</i>	24
Oficio de autorización de la inversión de la SHCP	24
Correspondencia de proyecto con planes de desarrollo.....	24
Estudios de planeación de factibilidad financiera	26
Dictamen de factibilidad económica	29
<i>ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL.....</i>	29
Generalidades	29
Revisión del impacto ambiental.....	30
Fundamento legal.....	31
Antecedentes a solicitud de MIA regional.....	32
Manifestación de impacto ambiental modalidad regional	33
Evaluación de la manifestación de impacto ambiental.....	34

Enunciando las acciones para dar cumplimiento a las condicionantes que disponga, en su caso, la SEMARNAT.....	35
Observaciones para las medidas preventivas de protección ambiental.....	36
Dictamen de factibilidad ambiental.....	38
<i>ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD LEGAL.....</i>	<i>38</i>
Dictámenes o permisos de uso de suelo o cambio de uso de suelo a los niveles que corresponda (Estatal y/o Municipal).....	38
Cambio de uso de suelo.....	40
Permisos para explotación de bancos de materiales.....	40
Dictamen de factibilidad legal.....	41
<i>ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA.....</i>	<i>41</i>
Estudios de ingeniería básica, revisión conceptual.....	41
Proyectos, revisión conceptual.....	46
Normas y especificaciones técnicas.....	52
Programas de trabajo	52
Revisión de costos.....	53
Conciliación de observaciones y adecuaciones al proyecto.....	53
Conclusiones	54
Dictamen de factibilidad técnica.....	55
<i>DICTAMEN GENERAL.....</i>	<i>55</i>
<i>ELECCIÓN DE TIPO DE PUENTE Y ANTECEDENTES DEL SISTEMA DOBLE VOLADIZO.....</i>	<i>55</i>
Elección de tipo de puente	55
Antecedentes del sistema constructivo en doble voladizo.....	57
CAPITULO 3.	
ANTECEDENTES CONTRACTUALES Y TÉCNICO-ADMINISTRATIVOS	60
<i>Descripción y antecedentes contractuales del proyecto</i>	<i>61</i>
Plano general	63
Croquis de ubicación.....	64
Licitación, adjudicación y contrato del proyecto.....	64
Convenios Modificatorios al Contrato	66
Normativa y bitácora	67
Control de calidad	68
Protección al medio ambiente y medias de prevención, control y mitigación al impacto	

ambiental.....	72
Forma de pago.....	76
CAPITULO 4.	
CASO PRACTICO PUENTE BARRANCA DEL DIABLO	77
<i>Actividades previas al inicio de obra.....</i>	<i>78</i>
Instalación de oficinas y apertura de la obra.....	78
<i>Planeación, estrategia y programa de ejecución de la obra.....</i>	<i>79</i>
Planeación.....	79
Estrategia.....	79
Programa de ejecución de obra.....	83
<i>Construcción del puente barranca del diablo (PBD).....</i>	<i>85</i>
Caminos de Acceso a la obra.....	85
Instalación de Almacenes, patio de habilitado y oficina de obra.....	85
Desmontes y despalmes	86
Caminos de construcción	87
Excavaciones para estructuras.....	88
Apoyo A2.....	88
Apoyo A3.....	89
Estribo E1	90
Estribo E4.....	90
Resumen de excavaciones	91
Construcción de zapatas.....	91
Apoyos P2 y P3.....	91
Estribos E1 y E4	94
Detalles de los planos de las zapatas de los estribos E1 y E4.....	95
Construcción de pilas intermedias, muros y cabezales de estribos	96
Pilas apoyos P2 y P3.....	96
Estribos E1 y E4	98
Superestructura.....	101
Detalles de los planos de las dovelas sobre pila	102
Dovelas sobre pila.....	103
Armado de acero de refuerzo y ductos para presfuerzo de dovelas sobre pila.....	107

Fases de colado de dovelas sobre pila	108
Montaje de carros de colado	111
Detalle de armado de carros de colado	117
Sistema de presfuerzo	118
Dovelas en doble voladizo	122
Detalles de los planos del presfuerzo longitudinal de construcción en dovelas en voladizo y presfuerzo definitivo de servicio	128
Listado de los tendones del presfuerzo longitudinal.....	129
Corrimiento de Carros de Colado.....	130
Ciclo de colado de dovelas in situ con carros de colado en doble voladizo	131
Dovelas de orilla.....	134
Detalles de los planos de las dovelas de orilla.....	135
Dovelas de cierre	138
Detalles de los planos de las dovelas de cierre.....	139
Presfuerzo longitudinal	141
Detalles de los planos del presfuerzo longitudinal.....	142
Trayectoria del presfuerzo longitudinal de servicio P2- CL P2P3.....	144
Trayectoria del presfuerzo longitudinal de servicio CL P2P3-P3.....	145
Dispositivos antivibratorios	147
Inyección de lechada en ductos de presfuerzo y sello de cajetines	148
Propiedades de la lechada	149
Composición de la lechada de inyección.....	149
Dosificación de los materiales.....	149
Preparación de la lechada	149
Ejecución de la inyección.....	150
Cierre de muros de respaldo en estribos.....	151
Rellenos en accesos y losas de aproximación	151
Colocación de carpeta asfáltica.....	153
TRABAJOS DIVERSOS	155
Dispositivos de señalamiento y protección.....	155
Guarniciones y parapetos	156
Detalle de Parapeto y Guarnición	157

Juntas de dilatación	157
Detalles de los planos de la junta de dilatación	159
<i>EL BARRANCA DEL DIABLO EN NÚMEROS.....</i>	<i>160</i>
Volúmenes más representativos en la ejecución del P.B.D	160
Importes y volúmenes totales de ejecución del P.B.D.....	161
Importes por partida P.B.D	162
Los tres materiales que más participan	163
El concreto, acero y presfuerzo en los elementos del PBD	164
Integración del Costo Directo, Ma, Mo, Eq y Subcontratos.....	165
Costos paramétricos	165
<i>EQUIPOS ESPECIALES.....</i>	<i>167</i>
Grúas torre.....	167
Carros de colado	169
Equipos de tensado	171
Equipos de termofusión	172
CONCLUSIONES.....	174
GLOSARIO	175
BIBLIOGRAFÍA	177
ANEXOS.....	180
<i>ÍNDICE DE IMÁGENES.....</i>	<i>180</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>184</i>
<i>ÍNDICE DE GRÁFICAS.....</i>	<i>185</i>

RESUMEN.

El rol que juega la evolución surgida en los procesos constructivos de los puentes, no ha sido justamente valorado pues de las vías de comunicación y en general de la infraestructura carretera depende la comunicación entre poblaciones y la rapidez con la que ésta sucede.

Es posible generar eficiencia en los tiempos de construcción partiendo de un proyecto bien estructurado donde se busca mejorar el rendimiento de los materiales y maquinaria requeridos, así como del personal involucrado en la construcción.

Para el caso del puente que se presenta a continuación “Barranca del Diablo” el cual comunica eficientemente a los pobladores de Tepic y el puerto de San Blas, los estudios de factibilidad técnica, económica, ambiental y legal que se requirieron, dictaminaron la obra como viable lo que propició el inicio de los trámites ante las dependencias involucradas para la obtención de los recursos económicos y permisos federales para la construcción de la obra.

Se examinan los antecedentes contractuales y técnico administrativos, revisaremos el proyecto general, así como el proceso de licitación y contratación, la normativa, aseguramiento de calidad y las medidas de mitigación y protección al medio ambiente que se tuvieron que cumplir una vez que se inició la construcción de la obra.

Como caso práctico, se analizan las etapas de construcción del puente, las estrategias y programas de obra, así como los procedimientos constructivos que requiere un puente en doble voladizo con dovelas coladas en sitio, se describen las diferencias entre los tipos de dovelas, así como los sistemas de presfuerzo utilizados y los dispositivos especiales, equipos utilizados y obras complementarias.

Teniendo al “Barranca del Diablo” como caso de éxito puesto que cumple con la principal función que es conectar la carretera TEPIC-SAN BLAS, NAYARIT sin dejar de fuera la importancia de minimizar el impacto ambiental que cualquier construcción de esta magnitud genera, puesto que se realizaron actividades preventivas y de mitigación tanto en la fase de construcción como en la de operación.

OBJETIVO GENERAL

Describir las funciones desarrolladas en mi práctica profesional, en las actividades realizadas para la construcción del Puente Barranca del Diablo, describiendo las etapas desde los estudios de factibilidad, la etapa de licitación y contractual, así como las actividades durante la construcción algunas de las cuales enlisto a continuación: caminos de acceso, excavaciones, cimentación, pilas, obra falsa, dovela sobre pila, armado de carros de colado, dovelas en voladizo, dovelas de orilla, dovelas de cierre, presfuerzo longitudinal trabajos complementarios y obras auxiliares.

JUSTIFICACIÓN.

La construcción de puentes, ha significado para la humanidad una innegable solución técnica a la necesidad en la comunicación entre pueblos, ha facilitado el movimiento de la población, mejorando las condiciones de los caminos, acortando las distancias tiempos de recorrido, obteniendo con esto una reducción de costos de los traslados, haciendo eficiente el comercio entre las comunidades y que estas tengan la posibilidad de acceder a los servicios de la capital del Estado, como son educación y salud.

INTRODUCCIÓN.

A lo largo de la historia de la humanidad, los primeros puentes que aparecen fueron utilizados por las tribus nómadas quienes al encontrar dificultades para cruzar cauces o formaciones acuíferas hacían uso de troncos caídos, de esta manera y retomando su importancia; en este trabajo revisaremos específicamente la técnica de construcción en puentes empujados y en voladizos, el cual surge en el periodo contemporáneo, donde hay un gran salto en las técnicas; en este periodo se adaptan los nuevos materiales a las tipologías que se venían construyendo, como lo es el caso de los puentes de hierro, en este mismo periodo se desarrolla el concreto armado y los criterios de diseño y análisis de estructuras, con los cuales es posible desarrollar las nuevas tipologías como son los puentes de concreto presforzado, los puentes atirantados, y los colgantes.

Importante mención es que gracias a estas nuevas técnicas el arco pudo resurgir como opción constructiva para puentes de gran luz, tipología que los romanos llevaron a la perfección, construyendo puentes para llegar con sus ejércitos a las tierras conquistadas, después de los romanos la construcción al igual que las artes y las ciencias cayó en un periodo no de retroceso sino de estancamiento conocido como periodo medieval, en el cual se siguieron construyendo puentes en arco, de acuerdo a las técnicas romanas, aunque hubo algunas variaciones en la forma del arco. Posteriormente y junto con el renacimiento hay un renacer en la técnica y arte,

conocido como periodo moderno, en el cual hubo un resurgimiento de los puentes, conservando la tipología en arco, pero con diseños muy vistosos y adornados, los cuales siguen siendo unas verdaderas esculturas hechas puentes como los puentes en arco que se han construido en China.

Como parte introductoria de este trabajo, se hará una breve semblanza cronológica del desarrollo de la construcción de puentes de doble voladizo, los cuales pueden ser construidos hoy en día a partir de la evolución de tres de los hitos que marcaron el desarrollo en la construcción de puentes, el primero de ellos la utilización del hierro fundido, el cual permitió sustituir las piezas de mampostería o madera de los arcos por piezas prefabricadas y moldeadas para un arco metálico, de la utilización de este material se pudo pasar al hierro forjado y posteriormente al acero.

El segundo hito fue la utilización del concreto, el cual permitió que las estructuras que antes se pudieran pensar frágiles por el tipo de material que los constituía, se volvieran resistentes y por tanto aportaran mayor confiabilidad en el peso que este podía soportar, en un inicio fue utilizado en algunos puentes de ferrocarril, construidos mediante arcos colados con concreto simple, el verdadero cambio fue la utilización de concreto armado, con el cual se pudo pasar del arco a los dinteles rectos o de sección variable, mediante traveses o losas macizas, o puentes en arco con longitudes mayores a las que los arcos con mampostería podían solucionar.

El tercer hito en la construcción de puentes, fue la aportación que realiza en principio el Ingeniero Eugene Freyssinet, con el sistema de presfuerzo, con el cual el diseñador tenía la posibilidad de modificar el comportamiento mecánico de una sección, pues ya no solo se dependía de la forma, el diseñador tenía la posibilidad de introducir a la estructura esfuerzos que podían contrarrestar los esfuerzos que las solicitaciones inducían a dicha estructura. Con la aparición del presfuerzo hubo un salto tecnológico, que permitió construir las estructuras en dovelas, tanto prefabricadas como coladas en sitio, estas partes se podían unir en una sola pieza gracias a la aplicación de fuerzas de tensado en barras o cables, los cuales unían una sucesión de dovelas convirtiéndolas en un todo capaz de soportar los esfuerzos como si se hubieran construido en una sola pieza. El presfuerzo también permite que una sección eleve sus capacidades mecánicas, ya que al colocar cables o barras tensadas la pieza tiene un comportamiento diferente, pues habrá mayor fuerza que resista los esfuerzos de tensión y por ende tendremos piezas que soporten mayores momentos o nos permitan lograr construir traveses con mayores longitudes.

CAPITULO 1. PUENTES EN DOBLE VOLADIZO.

"Si cuando aparece un material nuevo, la técnica tarda en crearlos tipos estructurales apropiados a sus características, la sensibilidad artística tarda todavía más en aceptar la evolución. Es necesario un período de transición para estaren condiciones de juzgar las nuevas formas".

Eduardo Torroja Miret.

Objetivo Específico.

Describir el desarrollo de los puentes doble voladizo, los cuales aparecen gracias al desarrollo científico y tecnológico en análisis de estructuras, resistencia de materiales y a la innovación de procedimientos. Esta tipología surge como una solución a las limitantes en cuanto a claros y la geomorfología del lugar, el doble voladizo se construye a través de estructuras de concreto presforzado donde se aumentan las capacidades mecánicas de los elementos induciendo esfuerzos, aumentando el rendimiento en la mano de obra a través de ciclos repetitivos, disminuyendo los programas de construcción.

Antecedentes.

El hombre pronto se encuentra con la necesidad de cruzar terrenos inaccesibles, de esta forma los puentes constituyen un elemento de extrema importancia en la construcción de carreteras, pues durante mucho tiempo el hombre carecía de los conocimientos, es decir, la ingeniería para proyectar los cálculos estructurales, así como los materiales requeridos para unir a través de un pasaje sobre elevado dos extremos de un camino, separados por alguna condición geográfica que impidiera el libre paso, Fernández-Troyano nos recuerda que la magia consiste en *“sostener el camino en el aire”*, dejándolo flotar contra todo pronóstico, sorteando el orden establecido, así pues como se ha mencionado antes; la construcción de puentes surge de la necesidad que tuvieron las sociedades de salvar obstáculos de una manera eficiente, como son ríos, lagunas, barrancas, carreteras, vías férreas, e inclusive estrechos de mar, como lo describiera Miguel Aguiló *“los puentes ... expresan la superación de un obstáculo, de una incomunicación, de una situación comprometida”*, el puente representa la perfecta unión entre lugares, la comunicación, el intercambio y el progreso, en palabras de Juan José Arenas *“un puente ha sido, y es, sin género de dudas, un elemento indispensable para el desarrollo de la civilización y de la cultura”*.

El avance científico y tecnológico en las áreas de análisis de estructuras, resistencia de materiales y la tecnología aplicada a los procedimientos constructivos ha permitido la evolución en cada etapa de los proyectos como son el diseño de estructuras cada vez más complejas, así como la utilización de diferentes materiales y la aplicación de diferentes técnicas de construcción aplicadas cada una de ellas a las diferentes situaciones que implique el proyecto.

Puentes en La Edad Contemporánea.

Definitivamente en este periodo y particularmente en el siglo XIX, se considera la época más brillante en la construcción de Puentes, la revolución Industrial cambió de una manera brusca la forma de producción, de un trabajo artesanal se pasó a un trabajo mecánico y organizado, las necesidades de intercambio aumentaron de una manera exponencial, y con ello las vías de comunicación debieron de ser más rápidas y seguras, el ferrocarril se extendió por Europa y Norte América y con él los puentes, no solo fue necesario construir un mayor número de puentes, sino que además estos debieron de salvar claros cada vez más grandes. Para ello fue necesario estudiar el fenómeno de resistencia y elasticidad de los materiales, que en 1678 Robert Hook estableció como leyes de la mecánica elástica. Con la fundación de la "Ecole de Ponts et Chaussées" se planteó de una manera sistemática el conocimiento científico del problema resistente. Los trabajos que desarrollaron Navier, Coulomb, Poisson y algunos otros durante el siglo XIX sentaron las bases seguras para el estudio de la resistencia de materiales, Muller-Breslau y Castigliano siguieron los trabajos, Rankine publica su mecánica aplicada en 1858 y Culman su estática gráfica en 1866, con todos estos elementos se empezó a conocer con cierto rigor el comportamiento resistente de las estructuras, lo que permitió al momento de proyectar un puente, dimensionar sus distintos elementos, cuantificando su grado de seguridad, y con ello ajustar al máximo su seguridad, además con la obtención de nuevos

materiales se tenían muchas más posibilidades que con los anteriores, pues su capacidad de resistencia era mucha más alta.

Se forma al Ingeniero tal y como lo entendemos hoy en día, se afrontan los problemas sin conocerlos del todo, extrayendo de la experiencia los conocimientos teóricos, elaborando posteriormente el cuerpo de los conocimientos científicos, el Ingeniero de la época es una mezcla de científico y hombre práctico y su logro final es una tecnología cada vez más potente. La época produjo una serie de ingenieros extraordinariamente brillantes, como son Telford, Brunel, Nelson, Eiffel, Vicat, De Edads, Los Roebing, entre otros.

La variación fundamental del puente se realiza por el cambio en una de sus variables más significativas, el material utilizado y su resistencia, pasando por la fundición, el hierro forjado y finalmente el acero, introduciendo dos posibilidades extraordinariamente fructíferas, se aumenta extraordinariamente la relación entre capacidad resistente y peso propio, y en segundo lugar se consigue por primera vez y de una manera generalizada para la construcción, la posibilidad de obtener materiales moldeables, se pasa de tallar piedras y cortar árboles, a poder fabricar un material más resistente de cualquier forma, en serie, con la cual venían una gama de posibilidades de construcción inusitadas. En este periodo es cuando se desarrolla el estudio de las celosías, la cual permite resolver la flexión de un gran dintel, por medio de la articulación de una serie de elementos lineales, flexibles y cortos, su importancia en la historia de la construcción será a partir de entonces similar a la de otra invención tipológica, como lo fue el arco.

Las primeras celosías de Telford y Brunel, son torpes, no acaban de saber bien cómo funcionaban, y son los ingenieros norteamericanos en los muchos puentes que tuvieron que construir por la expansión del Ferrocarril hacia el Oeste, los que fueron estableciendo los métodos más adecuados, Fink, Whipple, Howe, Pratt, Warren, extendieron sus procedimientos hasta mediados del siglo XIX. Finalmente fue Carl Culmman enviado del Gobierno Suizo a Norteamérica para estudiar el trabajo de los ingenieros americanos en visita a varios puentes de 1849 a 1851, el que resolvió de una manera definitiva el problema, mediante el análisis de los sistemas reticulados donde introdujo el método gráfico, exponiendo el resultado de su trabajo en la obra estática grafica en 1866.

La celosía y su unión por remachado se extiende por el mundo, en todas las tipologías, los puentes rectos, los arcos y los colgantes las utilizan para dar rigidez a flexión a sus elementos estructurales.

La construcción de puentes metálicos en el Siglo XIX le debemos dos hechos importantes que sustentan el concepto de estructura resistente que tenemos ahora. El primero de índole conceptual, la estructura pura, clara y sin adornos aparece desnuda en las instalaciones fabriles y puentes. La segunda aportación la encontramos en los procedimientos constructivos, pues procedimientos actuales como son el doble voladizo, empujados y por dovelas, son logros de aquella época.

Puentes en Doble Voladizo.

En Francia se desarrolla los puentes en pórtico de tramo recto con canto constante, con vigas presforzadas de sección T, prefabricadas en talleres cerca de la obra, con lo que se empieza a industrializar el sistema constructivo con prefabricados, ya que la losa de rodamiento se cuela sobre estas mismas vigas eliminando la cimbra para la losa, y montando las vigas con una viga lanzadora, lo que permite que el claro anterior ya colado, sirva de patio de maniobras para los siguientes.

Mientras tanto en Alemania se desarrollaba otro tipo de estructuración, también de tramo recto, pero de canto variable, coladas en sitio sobre cimbras y apuntalamientos, los cuales dieron origen a los dinteles continuos, sin juntas sobre los apoyos intermedios en pilas. La continuidad sin juntas transversales en la calzada, ofrece ventajas tanto funcionales, estéticas, constructivas y estructurales. Este tipo de dinteles rectos presentan algunas ventajas sobre los clásicos arcos, pues permiten hacer cruces de poca altura a diferencia de los arcos que requieren de una relación de flecha vs luz, por ejemplo, para un claro de 70 m un arco requeriría de una flecha de 7 m, un tramo continuo se resuelve con un canto de 3 m.

Los puentes de tramo recto y canto variable, inician el camino de la variación de inercia del tablero, concentrándola en las zonas de pilas, de modo que la ley resultante de flexiones cargue más en las pilas, en forma de mayores momentos negativos, y aligere los positivos del claro. Con esta tendencia a medida que los claros crecen se logran menores espesores de la sección transversal y por tanto de peso propio en las zonas del claro, donde ese peso hace daño, mientras se concentran incrementos de pesos en zonas de pilas, cerca de los apoyos intermedios, donde resultan menos perjudiciales.

Después de Freyssinet, es necesario nombrar inmediatamente al Ingeniero Alemán Ulrich Finsterwalder, uno de los ingenieros que más ha contribuido al desarrollo de los puentes pretensados, el Puente de Balduinstein sobre el río Lahn, construido en 1950, por la empresa Dywidag, estructura con un claro de 62 m es el primer puente construido con el sistema de voladizos sucesivos con concreto pretensado, Finsterwalder recoge este procedimiento de Emilio Henrique Baumgart (Brasil, 1889-1943), que en 1930 construyó el Puente de los Peces, sobre el río Peixe con una longitud total de 145.5 m, fue el primer puente construido por el sistema de voladizos sucesivos con concreto armado con barras de acero de refuerzo las cuales se unían roscando unas con otras, en su época ostento el record del mayor claro con 68.5 m.

El puente Baldwinstein fue construido con un sistema de presfuerzo de barras roscadas, las cuales se conectaban en la dovela n-2 para el armado de la dovela n, es decir la barra que se armaba y sujetaba la dovela por colar, estaba anclada dos dovelas atrás de esta, esto aplicaba para cada dovela en voladizo.

La dovela era colada sobre una cimbra móvil la cual se fijaba desde la dovela anterior, ya colada y aplicada la carga a la barra de presfuerzo el cual se aplicaba una vez que el concreto alcanzaba su resistencia y se hacía reaccionar contra las dovelas anteriores.

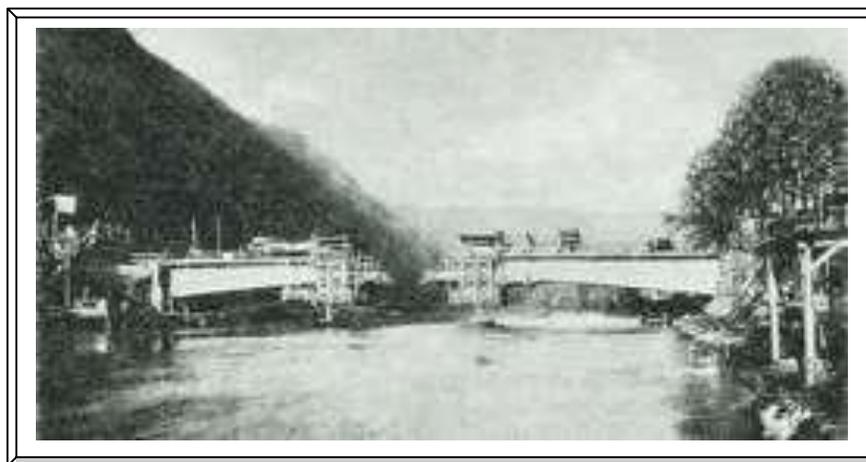


Imagen. 1 Puente Balduinstein, Alemania 1950.

Después del puente Balduinstein le siguieron la construcción de los puentes Mosela en Coblenza y Nibelungos en Worms sobre el río Rin en 1951, su carro de avance, tal y como lo conocemos hoy en día y el atirantamiento provisional, son aportaciones suyas, que desembocan en uno de los puentes más importantes que se han construido, el puente Bendorf, con una longitud total de 1,029 m, el claro más largo de 208 y un ancho de 30.86 m, cuya construcción inicio en marzo 1962 y terminó en agosto de 1965.

La introducción de los prefabricados en la construcción de puentes por voladizos sucesivos, aparece en la Unión Soviética en el año de 1958 con el Puente Kranoholonski sobre el río Moskowa, que consiguió su record en tramos de puentes rectos con el tramo central de 148 metros, sistema utilizado por primera vez en Europa Occidental, simultáneamente utilizado por Carlos Fernández Casado en el Puente Almodóvar y por Campenon-Bernard en el puente Choisy-le-Roi en 1962.

Desde entonces la tipología ha experimentado un notable desarrollo, impulsado principalmente por los franceses, su ámbito de desarrollo a quedado reducido a puentes de gran longitud, pero de claros pequeños, de 120 metros como máximo, de lo contrario se encarecen sustancialmente los medios de montaje.

Puente Emilio Henrique Baumgart, (Puente de los Peces).

El Puente sobre el río Peixe, inicialmente llamado Puente Herbal y renombrado como Puente Emilio Henrique Baumgart, en honor a su diseñador, fue construido en 1930, el puente de 121.9 m consta de 3 claros 26.8 + 68.3 + 26.8 m, con un ancho de 9.5 m en el cual se alojan una calzada de 7.5 m y dos banquetas de 1 m, el claro central en el momento de su construcción tuvo el record de mayor claro en concreto armado que junto con el procedimiento constructivo de voladizos sucesivos trajo amplio reconocimiento a nivel mundial, el puente fue destruido por una crecida del río en 1983, tras 53 años de servicio en excelentes condiciones.

La sección transversal de consiste en un par de vigas de sección variable, ubicadas a los lados del tablero, en la zona de pilas tiene una altura de 4 m y 1 m de ancho, al centro del claro tiene una altura de 1.7 m y 0.30 m de ancho, separadas 2.07 m del centro del tablero corren dos vigas longitudinales de 50 cm de ancho, dos vigas transversales en toda la longitud del tablero rigidizan el tablero, dispuestas a cada 3.09 m.

El sistema constructivo que se eligió llevar a cabo, fue por voladizos sucesivos, ya que el puente se ubica en una zona montañosa donde las crecientes son repentinas pudiendo subir el nivel del río hasta 11 m en muy poco tiempo, así como el difícil acceso de materiales y equipos, aunados a los bajos costos de la mano de obra local fueron decisivos en la elección del sistema constructivo.

Los claros externos fueron ejecutados con cimbra de madera y apuntalamiento, así como los primeros 9.3 m del claro central a ambos lados de las pilas, el resto del claro central de 50.3 m fue ejecutado mediante 30 dovelas de 1.55 m y un cierre central de 3.8 m.



Imagen. 2 Construcción del Puente de los Peixes.

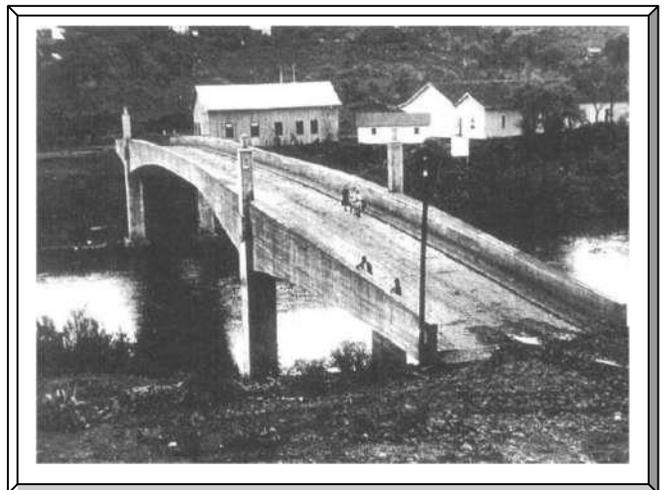


Imagen. 3 Puente Emilio Henrique Baumgart.

Puente Nibelungos Viejo, Worms.

El puente Nibelungos conecta la ciudad de Worms a través del Rin con las ciudades de Hesse, Lampertheim y Bürstadt. Para cruzar el Rin está documentado que había un servicio de ferry desde el año de 858, hasta que se construyó el primer puente de barcasas en 1855, para 1897 se inicia la construcción de un puente fijo, ya que la creciente demanda de mano de obra de la industria de Worms, requería de un medio de paso eficaz, inaugurado en marzo de 1900 como puente Ernst Ludwig fue el primer puente fijo sobre el Rin, el puente tenía una longitud de 774 m, en el cauce del río había tres claros los cuales se habían resuelto con tres arcos de armadura en celosía de paso superior, el claro central tenía 105.6 m y los dos extremos 94.4 m, contaba con dos torres de acceso en las márgenes del río.

En los inicios de la Segunda Guerra Mundial las torres fueron tomadas y en estas se instalaron 4 cañones antiaéreos para la defensa del puente, el 20 de marzo de 1945, el puente fue volado por el ejército alemán.

Terminada la guerra y pesar de las necesidades, la construcción de un nuevo puente carretero se aprobó hasta el otoño de 1949, con un memorándum de la ciudad de Worms, en el otoño de 1950 comenzaron los trabajos preparatorios para la nueva estructura, la torre de la puerta oriental (margen derecha), muy dañada, se retiró por encima de la calzada, y se mantuvo el pedestal de una altura de tres pisos debajo de la calzada.

El inicio de la construcción del puente de carretera de 744 m de largo fue en mayo de 1951, la inauguración tuvo lugar el 30 de abril de 1953. Se han conservado el histórico puente oriental de 292 m de largo y el histórico oeste de 137 m de largo, cada uno de ellos con una construcción de puente de bóveda. El tramo sobre el río fue reconstruido con una longitud de 316 m y ancho de 16.75 m, fue "el primer gran puente de concreto pretensado de Alemania en estructura en voladizo". La superestructura consta de dos travesaños de concreto pretensado tiene un tramo principal de 114.2 m y fue diseñada por Ulrich Finsterwalder y Gerd Lohmer en voladizo sobre las pilas del puente anterior.

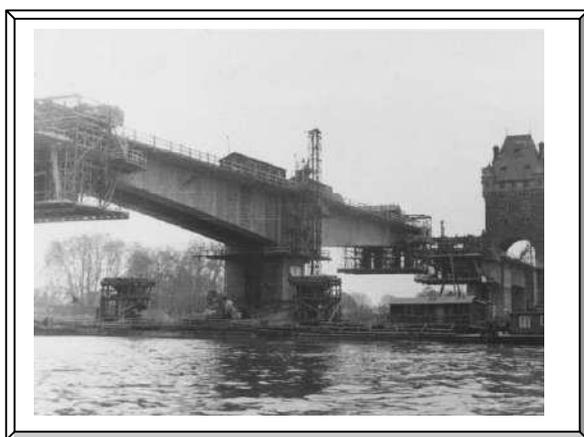


Imagen. 4 Puente Nivelungos reconstrucción por voladizos sucesivos, presf.



Imagen. 5 Puente Nibelungos Worms.

CAPITULO 2.

DICTAMEN DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA, AMBIENTAL Y LEGAL, REVISIÓN CONCEPTUAL Y EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y PROYECTOS EJECUTIVOS.

*"Un puente se plantea con unos determinados datos
-trazado, terreno, condiciones
funcionales-a los que se aplica un conjunto de posibilidades alumbradas
por la tecnología
-cómo es en realidad la tipología estructural de puentes
conocida-para resolver una función de paso, una
función del camino,dentro de un proceso de
interpretación apoyado,
ni más ni menos, en qué puente queremos hacer
ahí.La variable más significativa es
la luz,
cuya elección implica opciones económicas, estéticas y de encaje.
De ahí se deriva dónde se ponen las
pilas,lo cual incluye resolver cómo se accede
a ellas
e implica opciones sobre el proceso constructivo".*

Javier Manterola.

Objetivo Específico.

Conocer los estudios y análisis preliminares que se tienen que elaborar para que una obra pública pueda ser considerada viable para su ejecución, pudiendo asignarle recursos del presupuesto para su ejecución.

Estos estudios se integran en un único Estudio de Factibilidad, en el cual se evalúan independientemente los análisis de factibilidad Económica, Ambiental, Legal y Técnica, lo cual dará origen a un Dictamen General, documento necesario para los trámites necesarios de acuerdo a la Normatividad vigente para su programación y presupuestación.

ANTECEDENTES.

Normatividad.

Todas las Obras publicas que requieran de inversión federal deberán de sujetarse a la Normatividad vigente, en cuestión de Planeación y Presupuestación:

I. *De acuerdo a la Ley Federal de Presupuesto de Responsabilidad Hacendaria:*

- Artículo 34, TITULO SEGUNDO De la programación, Presupuestación y Aprobación CAPITULO I De la Programación y Presupuestación establece que: Para la programación de los recursos destinados a programas y proyectos de inversión, las dependencias y entidades deberán de sujetarse al procedimiento, sujetándose a lo establecido en el reglamento.
- Artículo 46, SECCIÓN X Programas y Proyectos de Inversión, establece que la Cartera se integrará con los conceptos señalados en las fracciones de este artículo que cuenten con el análisis de Costo y Beneficio correspondiente, presentado por las dependencias y entidades a través del sistema de Programas y Proyectos de Inversión.
- Artículo 53, SECCIÓN X Programas y Proyectos de Inversión, establece que Los Programas y Proyectos de Inversión señalados en este articulo deberán contar con el dictamen favorable a que se refiere el Artículo 34, Fracción II de la Ley, sobre el análisis de factibilidad técnica, económica y ambiental y, en su caso, sobre el proyecto ejecutivo de obra pública. Este dictamen se deberá obtener antes de la emisión de los oficios de inversión correspondientes, o en los casos que estos no se requieran, antes de iniciar el procedimiento de contratación de que se trate, en los términos que establezca la Secretaría.

II. *De acuerdo a lo señalado en la Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con las Mismas, TITULO SEGUNDO DE LA PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO, CAPITULO UNICO:*

- Se establece en el Articulo 21.- Las dependencias y entidades según las características, complejidad y magnitud de los trabajos formularan sus programas anuales de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y los que abarquen más de un ejercicio presupuestal, así como sus respectivos presupuestos, considerando:
 - I. Los estudios de preinversión que se requieran para definir la factibilidad técnica, económica, ecológica y social de los trabajos.

III. *De acuerdo a lo señalado en el Reglamento de la Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con las Mismas, TITULO SEGUNDO DE LA PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTACIÓN, CAPITULO PRIMERO GENERALIDADES:*

- Se establece en el Articulo 6.- En la planeación de obras y servicios, las dependencias y entidades, según las características, complejidad y magnitud de los trabajos, deberán considerar, además de lo previsto en la Ley, lo siguiente:
 - I. La coordinación.....

V. Los análisis de factibilidad de acuerdo a los estudios de Costo Beneficio.

Contratación del estudio de factibilidad.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes en el Estado de Nayarit, como promotor del Proyecto, contrató a la Empresa SCALA Supervisión, Consultoría, Asesoría y Laboratorio S.A. de C.V. la elaboración del Dictamen de Factibilidad.

Contenido del estudio de factibilidad.

El dictamen incluye lo siguiente:

- Antecedentes del estudio.
- Integración de la documentación necesaria.
- Análisis de la factibilidad económica.
- Análisis de la factibilidad ambiental.
- Análisis de la factibilidad legal.
- Análisis de la factibilidad técnica, revisión de estudios de ingeniería básica,
- Proyectos ejecutivos, programas, presupuestos y normas.
- Dictamen general.

Descripción de la obra.

- A. El proyecto consiste en construir un camino tipo A2 de 12.0 m de ancho de corona, lo que permitirá tener dos carriles de circulación de 3.5 m y acotamientos exteriores de 2.5 m de ancho, dando una corona de 12.0 m, alojados dentro del derecho de vía que en su mayor parte fue negociado con los ejidatarios de la zona, el proyecto va de Tepic a San Blas, la construcción se ejecutará por tramos, del Entronque Carretera Federal 15 - Mecatán con una longitud de 26.0 Km de longitud, del Tramo Mecatán - Matanchen de 9.0 Km y la ampliación del Tramo Matanchen - San Blas de 8.2 Km, va del Km 0+000 en el entronque Trapichillo al Entronque Matanchen, se cuenta con el proyecto ejecutivo del Tramo 5+000 al 16+500 y del 29+500 al 31+000.
- B. Actualmente operan dos rutas de camino tipo D con un ancho de corona en su mayor longitud de 6.0 m en condiciones de operación bajas, con deterioros considerables en la superficie de rodamiento. El proyecto geométrico no corresponde con las características del TDPA, lo cual hace aún más difíciles las condiciones de operación.
- C. A lo largo del proyecto se une con poblaciones de importancia poblacional, por lo que presenta dos tramos con diferente TDPA del Km 0+000 al 26+00 un TDPA de 3,243 y del 26+000 al 35+000 con 2,565.
- D. La mayor parte del camino, de acuerdo a su topografía, y velocidades de operación se clasifica como lomerío y montañoso, de acuerdo a sus condiciones geométricas.
- E. Actualmente se tiene una congestión debido a saturación vial; aunado a las condiciones geométricas del camino y a las bajas velocidades de tránsito de vehículos en esta vialidad, la circulación de los vehículos de largo itinerario se entorpece con los movimientos direccionales de tránsito local en las poblaciones coincidentes, todas estas causas hacen detrimento en la operación.

- F. A lo largo del camino se tienen identificados en anteproyecto la construcción de 70 m de estructura mayor y de 2 entronques, sin embargo, aún no se tienen identificados los cadenamientos definitivos, sin embargo, se consideran dentro del presupuesto y en esta etapa de construcción.

INTEGRACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN NECESARIA.

Para desarrollar el presente dictamen, se recopiló, clasificó y ordenó la documentación necesaria, procediendo a efectuar los diferentes análisis que se requieren para su elaboración.

A continuación, se da una relación de la información proporcionada por la Dependencia.

Estudios de ingeniería básica.

- Levantamiento Topográfico (13 Km).
- Estudios de Bancos de Materiales (1).
- Estudio Geotécnico para Terracerías y Obras de Drenaje Mayor.

Proyectos ejecutivos.

- Proyecto de Terracerías (13 Km).
- Proyecto de Obras de Drenaje Mayor (13 Km).
- Proyecto de Señalamiento Vertical y Horizontal (13 Km).
- Programas de Trabajo.
- Presupuesto Base.
- Trabajos por Ejecutar.
- Especificaciones Particulares (1 Juego).
- Especificaciones Generales (1 Juego).

Estudios de impacto ambiental.

- Estudio de Impacto Ambiental.
- Resolutiva de Manifestación de Impacto Ambiental.

Otros documentos que se consultaron para elaborar el dictamen.

- Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 PRESIDENCIA.
- PNI (Programa Nacional de Infraestructura.
- Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes, SCT.
- Programa de trabajo 2007, SCT.
- Programa Integral de la Red Carretera Estatal y de Comunicaciones 2005-2011.

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA.

Oficio de autorización de la inversión de la SHCP.

Con fecha 5 de Octubre de 2009, La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Autorizó una afectación presupuestaria destinada a la Ampliación en Infraestructura Carretera, mediante el oficio de liberación de inversión número 5.SC.OMI.09.-070, correspondiente a la solicitud 3.1.417.224.3.1.417.-718 y tarjeta 229/2009, de conformidad con los artículos 34 y 39 de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, Artículos 49 y 48 la fracción II del Artículo 156 y 156a y al último párrafo del Artículo 157 de su reglamento donde se autoriza la solicitud de modificación al oficio de inversión 5.SC.OMI.-043 correspondiente a la Dirección General de Carreteras, dentro de la cual se encuentra la partida de Infraestructura. En la página 165/345 el número de sección asignado es 1077, y la clave presupuestaria correspondiente al tramo Tepic-San Blas es 2009 09 638 3 1 01 00 003 K0003 6100 3 1 003 con un importe de operación de 73.6 MDP, en el mes 7 un importe de 4.715, en el mes 8 un importe de 9.715, en el mes 9 un importe de 14.715 y en el mes 10 un importe de 29.430.

En el rubro UR 638 en descripción de la inversión al Centro SCT Nayarit, para el proyecto para el proyecto de inversión Tepic-San Blas (09096380007) con metas de proyecto de 35 Km en total a 4 años, se tiene programado en el año 2009 la construcción de 4.9 Km al año 2009 y con un monto total de inversión 950,000 MDP de los cuales para el año 2009 se tiene autorizado un monto de 75.1125 MDP, para el año 2010 y 2011, se proyecta un presupuesto de 250.00 MDP respectivamente y para 2012 un monto de 374.888 MDP, ende destinada a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, para las obras mencionadas.

Correspondencia de proyecto con planes de desarrollo.

En este punto se revisa la concordancia del proyecto con El Plan Nacional de Desarrollo, El Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes, Planes Estatales, Con otros programas sectoriales, institucionales y regionales, así como las previsiones contenidas en programas y presupuestos anuales de egresos o inversión ya sea de la Federación o de las Entidades respectivas.

A. Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012.

De la revisión y análisis del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012 (EJE 2. Economía competitiva y generadora de empleos, 2.10 Telecomunicaciones y Transportes) y del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012, se concluye que este último concluye con los objetivos rectores del PND. Por lo que el programa guarda estricta concordancia con los criterios establecidos en el PND.

B. Programa Nacional de Infraestructura (PNI).

Por otro lado, el Proyecto se encuentra alineado en el PNI 2007-2012 ya que en su visión de largo plazo en el punto 3.2 "Infraestructura Carretera" se tiene considerado los siguientes puntos.

-PNI 2007-2012, deriva del PND y tiene como objetivo aumentar la cobertura, la calidad y la competitividad de la infraestructura del País, por lo que se constituye como un elemento fundamental para elevar el crecimiento, generar más y mejores empleos y alcanzar el desarrollo humano sustentable.

-Infraestructura Carretera Estrategias

Complementar la modernización de los corredores troncales transversales y longitudinales que comunican a las principales ciudades, puertos, fronteras y centros turísticos del País con carreteras de altas especificaciones.

Desarrollar ejes interregionales que mejoren la comunicación y la conectividad de la red carretera.

Dar atención especial a la construcción de libramientos, y accesos para facilitar la continuidad de flujo vehicular.

Mejorar el estado físico de la infraestructura carretera y reducir accidentes.

-Programa de Construcción y Modernización de infraestructura carretera periodo 2007-2012.

De la revisión y análisis del "Programa de Caminos Rurales y Alimentadores" Tienen una gran relevancia social, debido a que a través de ellos es posible la comunicación permanente entre los centros de población, con los polos regionales de desarrollo, centros de consumo y de producción en el medio rural, así como para dar acceso a amplios grupos de población campesina a servicios básicos de salud y educación, así como a mayores oportunidades de empleo y desarrollo en general. El programa atiende los caminos rurales, y alimentadores estratégicos y prioritarios responsabilidad directa de SCT, así como las obras que los Gobiernos Estatales y los sectores productivos requieren para atender las demandas de las comunidades y promover su desarrollo económico y social. El proyecto considera un ancho de corona de 12.0 m. Podemos concluir que forman parte de los caminos por construir en el Estado de Nayarit, con una inversión total para este proyecto de 950.0 MDP, sin considerar el IVA para aplicar a los ejercicios 2009 al 2012.

C. Programa de trabajo SCT.

De la revisión y análisis del "Programa de Trabajo 2009 de SCT", en específico el inciso "Programa de Inversión, Construcción y Modernización de Carreteras", se iniciarán los trabajos de modernización de la carretera y formará parte de los caminos Federales por ampliar.

Estudios de planeación de factibilidad financiera.

Se elabora estudio de factibilidad financiera, elaborado por la empresa consultora SCALA, en el cual se manejan variables que arrojan valores conservadores en los indicadores económicos, por lo tanto, fue posible contemplar diferentes escenarios, en el cual se manejaron variables con más apego a la realidad, fue posible el manejo de diferentes escenarios, y una mejor movilidad de los parámetros económicos.

Los objetivos del proyecto, ubicación del proyecto, descripción de la ruta actual, inversión y costos de mantenimiento, costos de operación vehicular, costos por tiempo de recorrido, cálculo de indicadores de rentabilidad de análisis se describirán más tarde.

Del análisis de Factibilidad Financiera denominado "Análisis Costo-Beneficio CARRETERA TEPIC-SAN BLAS", se extrae lo siguiente:

a) Descripción del proyecto.

El proyecto consiste en la construcción de una carretera entre Tepic y San Blas, dividido en cuatro tramos: (A) Construcción del Tramo Entronque Carretera Federal 15 al Km 8 del Proyecto, de 8 km de longitud, (B) Construcción del Km 8 del Proyecto a Mecatán de 18 Km, (C) construcción del Tramo Mecatán - Matanchen de 9.0 Km y (5) ampliación del Tramo Matanchen - San Blas de 8.2 Km, los cuales tendrán una sección A2, con 12 metros de ancho de corona, para alojar 2 carriles de circulación (uno por sentido) de 3.5 m cada uno y acotamientos de 2.5 m a cada lado.

Esta sección ha sido adoptada como funcional en algunos casos similares, con resultados excelentes, incrementando así su capacidad al manejar altos volúmenes de tránsito, como para disminuir drásticamente el índice de accidentes, al proporcionar un alto grado de seguridad al usuario, pues además de facilitar las maniobras de rebase, permite el estacionamiento temporal de emergencia para vehículos averiados en los acotamientos, y después del análisis pertinente resultó ser la solución más conveniente.

La inversión total es de 950 MDP, sin incluir el IVA, considerando los volúmenes de obra del proyecto y precios unitarios promedio de obras similares; el monto definitivo total de la obra se ajustará de acuerdo a los resultados de las licitaciones que se realicen para cada uno de los tramos a construir, según el programa de ejecución de obras. El costo total del proyecto incluye terracerías, obras de drenaje, pavimentos, señalamientos, puentes y entronques.

b) Resumen del Estudio de Evaluación.

En este punto se analiza la oferta de servicio mediante el análisis de las características físicas y geométricas de la red actual y sus capacidades resultantes, así como la demanda vehicular actual y futura.

La red vial relevante está constituida por caminos de bajas especificaciones, ocasionando graves problemas para su operación, en horarios específicos se

encuentra la inseguridad. En general, las secciones transversales de la red actual tienen problemas severos de mantenimiento y de proyecto geométrico, convirtiendo al recorrido en peligroso para los usuarios locales y para los turistas. Con la construcción de este proyecto se busca optimizar la circulación hacia las poblaciones de menor importancia de la región, acortando distancias y tiempos de recorrido, redistribuyendo los flujos vehiculares y disminuyendo los costos generalizados del viaje para el tránsito que opera en el sistema.

La oferta actual son los caminos: Tepic-El Trapichillo, El Trapichillo-Entronque San Blas (cuota), Tepic-Entronque San Blas (libre), Entronque San Blas-San Blas, San Blas-Matanchen, Tepic-Entronque Mecatán, Entronque Mecatán-Mecatán, Entronque Mecatán-Santa Cruz, Santa Cruz-Matanchen, todos estos con diferentes características geométricas por lo que resulta un mantenimiento de coste elevado. Para la situación optimizada se proponen diferentes medidas de mejora a la carretera actual para restituir el nivel de servicio de proyecto; mediante la construcción de un revestimiento, mejorando así la superficie de rodamiento, de esta forma teóricamente tendría que disminuir el IRI, además de la colocación de señalamiento, horizontal y vertical.

Cabe mencionar que no obstante la situación actual del camino, con esta mejora el incremento de velocidad es mínimo, debido a que la capacidad de esta carretera está sujeta a sus características geométricas y de superficie de rodamiento.

c) *Situación con Proyecto.*

Con la Puesta en operación del proyecto se tendrán beneficios significativos; y se calculan partiendo de los costos generalizados de viaje con y sin proyecto. Con la puesta en operación del proyecto se tendrán beneficios significativos para los usuarios lo cual conlleva a una mayor competitividad en la región, al contar con una carretera de altas especificaciones que evitará el paso por las diferentes localidades, lo que permitirá el movimiento de mercancías y personas de manera eficiente para atender la demanda generada por el desarrollo turístico de la Riviera Nayarita Impulsado por el Gobierno del Estado. El TDPA de los tramos de proyecto son vehículos inducidos de los tramos actuales, esto se obtuvo utilizando el método de asignación de tránsito de AASHTO, resultando diferentes tránsitos para los diferentes tramos.

Haciendo un análisis de interacción de oferta-demanda se analizaron varios parámetros, como las velocidades promedio que se obtuvieron con base en estudios de evaluación de carreteras con características similares. Los resultados muestran velocidades para vehículos A en condiciones óptimas que va de 95 kph en el primer año de operación al año 2039 decrece a 75 kph, para vehículos B en condiciones óptimas para el primer año de operación va de 90 kph a 63 kph en el último año de evaluación, y para vehículos tipo C en el año 2009 una velocidad de 90 kph al año 30 decrece a 63 kph, datos obtenidos por la consultora con base en trabajo de campo.

d) Evaluación Socioeconómica del Proyecto.

El propósito de este apartado es identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios sociales del proyecto carretero, para obtener la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI). Partiendo de la premisa de que los beneficios sociales son crecientes en el tiempo, es decir, en este tipo de proyectos el criterio de aceptación no es el Valor Actual Neto (VAN), sino la TRI, garantizando con esto la obtención del Máximo VAN.

Una vez identificados los costos de inversión y mantenimiento, se presentan costos de inversión por 950 MDP y costos de mantenimiento de acuerdo a los vigentes a 2009.

La particularidad de este tipo de estudios es que la sociedad perciba un beneficio por el ahorro debido a los menores costos de operación vehicular y la reducción en tiempo de las personas que viajan, por lo que está en función de los ahorros en tiempo de viaje de los usuarios y ahorros en costo de operación vehicular.

Los beneficios anuales por ahorro en el tiempo de viaje se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo de viaje para cada situación, sin y con proyecto. Y los beneficios anuales derivados de los ahorros en costos de operación vehicular se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular anuales totales de la situación sin proyecto, menos los correspondientes a la situación con proyecto, año por año para los 30 años del horizonte de proyecto.

e) Revisión del Método de análisis y resultados.

El método utilizado se considera adecuado, ya que es el de uso normal para la evaluación económica de un proyecto de infraestructura carretera y se basa en determinar las ventajas que ofrecerá al usuario en términos de ahorros de costos de operación y tiempos de recorrido, comparándose con la inversión requerida. Se trata entonces de una relación entre los beneficios que recibirá la sociedad con la realización del proyecto de los costos en que incurrirá esta misma para proporcionarlos.

De esta forma, la evaluación económica se basa en comparar dos escenarios, con proyecto y sin proyecto.

Respecto a la evaluación económica, se considera favorablemente conservadora con los datos de partida, obteniendo los siguientes valores.

Tasa Interna de Retorno (TIR).....	21.80 %
Valor Presente Neto (VPN)	1,393.00 MDP
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI).....	13.50 %

En el Análisis de sensibilidad, en el escenario más desfavorable, cuando el costo de la obra se incrementa en un 40% los indicadores económicos resultan favorables:

Tasa Interna de Retorno (TIR).....	18.1 %
Valor Presente Neto (VPN)	1,087.00 MDP

Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)..... 9.7 %

Aunque los Indicadores resultan favorables aun aumentando el 40%, no es adecuado un aumento en ese porcentaje en el costo total de construcción, ya que el valor del TRI estaría cercano al 12 %, lo cual resultaría inconveniente para el análisis.

Por último, partiendo del escenario base se realizó un análisis de sensibilidad, considerando el retraso de la obra por dos años, obteniendo una TIR de 21 %, un VPN de 1,315.2 MDP y un TRI de 13.4 %.

Nota: (El 12% es el mínimo valor de la Tasa social de descuento (lr), Respecto a la comparación de un TIR mayor indica que el proyecto es económicamente rentable, pues permitirá ofrecer beneficios significativos debidos a ahorros en costos de operación y reducción en tiempos de recorrido, los cuales son superiores a los costos de inversión y conservación necesarios a lo largo de la vida útil de proyecto, por otro lado en comparación con el valor del TRI si este es mayor al 12% (lr), quiere decir que el proyecto se encuentra en su momento óptimo de construcción, el 12% es el valor mínimo autorizado por la Unidad de Inversiones de la SHCP (UISHCP).

Dictamen de factibilidad económica.

Por todo lo antes mencionado, el dictamen en lo que al Análisis de Factibilidad Económica es FAVORABLE, en los términos y con los resultados contenidos en el documento analizado y las modificaciones propuestas en el presente dictamen.

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL.

Generalidades.

Fundamentado en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Ley de Protección al Ambiente, para toda obra se deberá hacer un análisis considerando el grado de impacto que genera sobre el ambiente.

Una vez evaluado el tipo de obra, y determinado el grado de impacto ambiental, será necesario que la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, calcule los parámetros de los daños causados al ambiente, emitiendo un resolutivo de dicha evaluación.

En base a este resolutivo en el cual se establecerá la posibilidad de ejecución de un proyecto en el ámbito Legal Ambiental. Por lo que dentro de lo básico a revisar son las condicionantes prevalecientes del sitio de la obra, así como los efectos que pudieran dañar al ambiente, siendo necesario analizar formas de regulación de daños en la zona, condiciones, restricciones, etc. Es necesario hacer un análisis del sitio de la obra profundizando en los factores involucrados del tipo físico y ambiental, así como un análisis detallado de la ubicación

del proyecto, flora, fauna, suelo, geología, clima, este deberá incluir el antes y el después de la ejecución de la obra, de esta forma también se involucrará la influencia del proyecto en la población.

El objetivo principal de un Estudio de Factibilidad Ambiental, es asegurar que el proyecto planeado, sea posible ejecutar bajo restricciones, modificaciones o adaptaciones, y con este documento evaluado, se logra agilizar su tramitología, con un plan de estrategias de construcción, y aportando argumentos para la mejora del proyecto en sí, en tiempos record del período de ejecución.

Nunca deberá de perderse de vista el encuadre Legal y Normativo Ambiental, así como el uso del suelo.

Revisión del impacto ambiental.

Debido a la importancia del proyecto denominado "Camino Tipo A2 Tepic-San Blas (Tramo aproximadamente de 35 Km)", ubicado en los Municipios de Tepic y San Blas tuvo a bien solicitar mediante La Secretaría de Obras Públicas del Estado de Nayarit, la revisión de la MIA-Modalidad regional a lo cual, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) emitió el Oficio resolutivo con el numero S.G.P.A./DGIRA.DG.1978.08.

Dicho acto está fundamentado en el cumplimiento del Artículo 28 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente el cual se cita a continuación.

ARTÍCULO 28.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, afín de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría.

I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos.

XIII.- Obras o actividades que correspondan a asuntos de competencia Federal, que puedan causar desequilibrios ecológicos graves e irreparables, daños a la salud pública o a los ecosistemas o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio y la protección del ambiente.

ARTICULO 29.- Que señala los efectos negativos que sobre el ambiente, los recursos naturales, la flora y la fauna silvestre y demás recursos a que se refiere esta Ley, pudieran causar las obras o actividades de competencia Federal que no requieran someterse al procedimiento de evaluación del impacto ambiental a que se refiere la presente sección estarán sujetas en lo

conducente, a las disposiciones de la misma, sus reglamentos, las Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental, la Legislación sobre los recursos naturales.

De acuerdo a la Legislación se requerirá de la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría, según la Fracción I,"vías generales de comunicación" y Fracción VII, "cambios de uso de suelo de áreas forestales, así como selvas y zonas áridas" así mismo el REIA en su Artículo 5 se refiere al requerimiento de la evaluación de impacto ambiental para inciso B), "construcción de carreteras, autopistas o puentes...." e inciso O) Fracción I, el cambio de uso de suelo de áreas forestales, así como de selvas y zonas áridas a cualquier otro uso.

Fundamento legal.

Considerando que el Proyecto se ubica en el Estado de Nayarit, le son aplicables los instrumentos de planeación, de ordenamiento territorial y ecológico, así como Jurídicos y Normativos siguientes:

a) La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Artículo 2.- La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dice el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con el objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer, en los términos de la Ley Reglamentaria, la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.

b) La Ley de Vías Generales de Comunicación, en sus artículos 2 Y 3

ARTICULO 2.- Son partes integrales de las vías generales de comunicación:

I. Los servicios auxiliares, obras, construcciones y demás dependencias y accesorios de las mismas.

II. Los terrenos y aguas que sean necesarias para el derecho de vía y para el establecimiento de los servicios y obras a que se refiere la fracción anterior. La extensión de los terrenos y aguas y el volumen de estas se fijará por la Secretaría de Comunicaciones.

Puentes: a) Nacionales: Los construidos por la federación, con fondos Federales o mediante concesión o permisos Federales por particulares, Estados o Municipios en los caminos Federales, o vías generales de comunicación, o para salvar obstáculos topográficos sin conectar con caminos de un país vecino...

ARTICULO 3.- Las vías generales de comunicación y los modos de transporte que operan en ellas quedan sujetos exclusivamente a los Poderes Federales. El Ejecutivo ejercitará sus facultades por conducto de la SCT en los siguientes casos y sin perjuicio de las facultades expresas que otros ordenamientos legales concedan a otras Dependencias del Ejecutivo Federal.

c) *La Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, que señala en sus artículos 1 y 2 lo siguiente:*

ARTICULO 1.- La presente Ley tiene por objeto regular la construcción, operación, explotación, conservación y mantenimiento de los caminos y puentes a las que se refieren las fracciones I y V del artículo, los cuales constituyen vías generales de comunicación, así como los servicios de autotransporte Federal que en ellos operan y sus servicios auxiliares.

ARTICULO 2.- Para los efectos de esta Ley se entenderá por:

I. Caminos o carreteras:

...c) Los que en su totalidad o en su mayor parte sean construidos por la Federación: con fondos Federales o mediante concesión Federal por particulares, Estados o Municipios.

ARTICULO 5.- Para el desarrollo de proyectos como el que nos ocupa el promovente requiere contar previamente con la autorización en materia de impacto ambiental que emita la Secretaría, ya que las obras y actividades que pretende desarrollar en este proyecto se encuentran previstas en los siguientes preceptos legales.

Antecedentes a solicitud de MIA regional.

El día 2 de abril de 2008, fue recibido en DGIRA el oficio SOP/DGPDU/DDU/1156/2008 de fecha 2 de abril del mismo año, mediante la cual la promovente ingreso la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional, para sus análisis y evaluación, mismo que quedó registrado con la clave 11NA2008VD025.

El 3 de abril de 2008, la DGIRA publicó en la Separata número DGIRA/013/08 de la gaceta ecológica y en la página electrónica del portal de la SEMARNAT, el listado de las solicitudes de autorización de los procedimientos de evaluación en materia de Impacto Ambiental, en el periodo del 27 de marzo al 3 de abril de 2008, entre los cuales se incluyó la solicitud del presente proyecto.

El 15 de abril de 2008, la DGIRA, notifico a las siguientes instancias el ingreso del proyecto al Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, a fin de que manifestaran lo que a su derecho conviniera:

- a) A la Presidencia del Municipio de Nayarit, mediante el oficio S.G.P.A./DGIRA-DESP y S-0459.08.
- b) A la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de Nayarit, mediante el oficio S.G.P.A./DGIRA-DESP y S-0460.08.

El 15 de abril de 2008, la DGIRA, integro el expediente del proyecto, mismo que se puso a disposición del público en el Centro de Información para la Gestión Ambiental (CIGA), así como a través de la página electrónica de la SCT.

El 28 de mayo de 2008, fue realizada una visita de campo a la zona donde se pretende realizar el proyecto, con el fin de verificar el tipo de vegetación y sus condiciones, a lo largo del trazo de la carretera, corroborando la información presentada en la MIA-R. En dicha visita participó personal de la Secretaría de Obras Públicas del Estado de Nayarit.

Vencido el plazo para presentar inconformidad por la puesta en marcha de este proyecto, no se recibió queja alguna para tal efecto.

Manifestación de impacto ambiental modalidad regional.

La fracción II del Artículo 13 del REIA, impone la obligación al promovente de incluir en la MIA, una descripción y para el presente proyecto se tiene que consiste en la construcción de 34.9 Km del Camino Tepic-San Blas.

Las características geométricas de la carretera obedecen a una Autopista tipo A2, con un ancho de corona que va de 12 m a 15 m, el ancho de calzada es variable y va de 7 m a 10.5 m con dos carriles de 3.5 m y acotamientos exteriores de 2.5 m

La superficie requerida para la construcción de este proyecto suma la cantidad de 133.16 Ha, de la cual 67. Ha, se requieren desmontar ya que presentan vegetación forestal por selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y bosque de Quercus.

El presente proyecto fue ubicado fuera de las Áreas Naturales Protegidas de competencia Federal o Estatal, además se puede establecer que no existe influencia, ni se prevén afectaciones con ninguna de las más cercanas por la obra propuesta. Cabe hacer mención que el trazo del proyecto tampoco se encuentra dentro de alguna de las regiones terrestres, marinas, hidrológicas prioritarias o AICAS establecidas por la CONABIO, por otra parte, se estableció que no se afectará el corredor biológico del Nayar.

Sin embargo, debido a las buenas condiciones climáticas y a la vegetación que se desarrolla, se presenta mucha actividad humana que modifica el paisaje, lo que nos ha dado como resultado amplias zonas de vegetación secundaria. Tal disturbio es debido a la tala, fuego

y nomadismo agrícola, además a esto se cultiva café para aprovechar la sombra del estrato superior, lo que genera asociaciones de la selva con la agricultura temporal.

De la misma manera, se realizan actividades pecuarias bajo condiciones de relieve moderado en áreas de la selva asociada a pastizal inducido. Por lo antes expuesto es que la tendencia de la región sin considerar la realización del proyecto es el incremento en la fragmentación del hábitat debido al cambio de uso de suelo para actividades agropecuarias.

De acuerdo a lo anterior se han identificado estos rubros como los principales Impactos Ambientales Acumulativos y Residuales.

1. Pérdida de la Vegetación consistente en la selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia en 69.7 Ha del área entre cerros, con un volumen estimado de 946.42 m³ de reta.
2. Pérdida de la capa orgánica de 69.7 Ha derivado de las actividades de despalme.
3. Despалme de fauna y pérdida de hábitat derivado de la remoción de vegetación.
4. Pérdida de la capacidad de infiltración del suelo en 29.3 Ha por la construcción de la carpeta asfáltica.

En vinculación con lo anterior, durante la construcción y operación del presente proyecto se presentarán otros impactos ambientales, sin embargo, se consideran poco significativos, temporales y mitigables, como la alteración de la calidad del aire por las emisiones a la atmósfera y el potencial de atropellamiento de fauna durante la operación de la carretera.

Por lo cual el promovente propone medidas de mitigación, las cuales se describirán en otro apartado.

Evaluación de la manifestación de impacto ambiental.

La fracción V del artículo 13 del REIA, dispone la obligación del promovente de incluir en la MIA-R uno de los aspectos fundamentales del PEIA, que es la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales acumulativos y residuales del SAR, para posteriormente identificar los que el proyecto potencialmente pueda ocasionar y actual en forma acumulativa y sinérgica con los anteriores; considerando que el procedimiento se enfoca prioritariamente a los impactos que por sus características y efectos son relevantes o significativos y consecuentemente pueden afectar la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas.

Conforme a lo anterior la promovente, consideró los instrumentos metodológicos necesarios, afín de llevar a cabo la descripción del SAR en el cual pretende insertarse el proyecto, de igual forma fueron empleados durante la valoración de los impactos ambientales que pudieran haber generado por el desarrollo del mismo, y fueron presentados los anexos fotográficos, así como los planos de conjunto y topográficos, mismos que corresponden a los elementos técnicos que sustentan la información que confirma la MIA-R.

En relación con lo anterior la DGIRA establece que:

- a) La dinámica hidrológica en el SAR y en particular a lo largo del trazo, no se verá afectada debido a la construcción de estructuras del drenaje superficial.
- b) El proyecto no busca la utilización de recursos naturales, aunque algunos de ellos resultarán afectados parcialmente por el desarrollo del mismo, en este caso la superficie forestal que será necesario remover, considerando la extensión del SAR y de los efectos de los ecosistemas sobre los cuales será necesaria la remoción de la vegetación forestal es una superficie no relevante para la totalidad de la superficie forestal.
- c) Los materiales que se requieren para la construcción de terracerías y estructuras de pavimento se traerán de bancos completamente liberados para su explotación. Se aclara que para el ataque de estos no será necesaria la remoción de vegetación, ya que está actualmente en explotación.
- d) El proyecto no se encuentra dentro de ningún área natural protegida de carácter Estatal o Federal.
- e) El proyecto causará molestias durante la etapa de construcción por el tránsito de la maquinaria y equipo sobre la vialidad existente, sin embargo, mediante la señalización adecuada, se evitará la ocurrencia de accidentes; terminada la ampliación no ocasionará desequilibrios ecológicos, ni rebasará los límites y condiciones establecidos en las disposiciones relativas a la protección al ambiente y a la preservación y restauración de los ecosistemas. Tampoco modifica el patrón de escurrimientos, ya que las ampliaciones de las obras de drenaje se construirán con las mismas características de las existentes. Al concluirse la obra la atmósfera deberá recibir menor cantidad de emisiones procedentes de los vehículos automotores al aumentarse la velocidad de operación.

Enunciando las acciones para dar cumplimiento a las condicionantes que disponga, en su caso, la SEMARNAT.

Con fundamento en la Fracción VI del Artículo 13 del REIA, establece que la MIA-R debe contener las estrategias para la prevención y mitigación de los impactos ambientales acumulativos y residuales del SAR, en este sentido, la DGIRA considera que las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas por la promovente en la MIR-R son ambientalmente viables de llevarse a cabo, toda vez que provienen, controlan y minimizan y/o compensan el nivel del impacto ambiental que fue evaluado y que se pudiera ocasionar por el desarrollo del presente proyecto, entre las cuales las más relevantes para los impactos ambientales significativos se enlistan a continuación:

1. Construir pasos de fauna en corredores biológicos ubicados en las principales cañadas por donde atraviesa el proyecto.
2. Construcción de un pedraplén en la zona de inundación temporal en la cercanía del entronque de la carretera San Blas - Santa Cruz.

3. Reforestación a razón de 5:1 por cada individuo removido.
4. Disposición de residuos de cortes en zonas desprovistas de vegetación con pendientes menores al 5%.

Observaciones y recomendaciones para las medidas preventivas de protección ambiental.

a) Medidas Preventivas.

Se plantea la siguiente relación de medidas generales utilizadas para este tipo de obras de modernización de vías de comunicación.

Establecer una supervisión ambiental permanente durante el tiempo que dure la construcción, mediante la contratación de una empresa supervisora especializada y que entre otras actividades atienda lo referente al impacto ambiental.

Establecer y operar una campaña permanente de seguridad para prevenir el posible incremento temporal de accidentes debido al uso y circulación de maquinaria y equipos, controlando las velocidades, puntos de incorporación y cruce de maquinaria y transportes empleados en la construcción, para proteger a los usuarios y sus vehículos.

Esta campaña deberá realizarse en coordinación con las empresas constructoras, supervisoras, representantes de las Dependencia y Autoridades Federales, Estatales y/o Municipales que controlen la operación de las obras.

1. Deberán establecerse campañas de seguridad similares a la anterior durante las etapas de operación y mantenimiento, estableciendo la debida coordinación con las Autoridades Federales, Estatales y Municipales que controlan la operación de las obras.
2. Los accesos a los frentes de trabajo para maquinaria y vehículos de carga deberán establecerse sólo a través de la terracería construida, sobre caminos de acceso dentro del derecho de vía y de la zona de las obras o en puntos controlados de la carretera en uso, cuidando de no afectar la superficie de rodamiento y llevando el control de tránsito con bandereros y señalamiento necesario.
3. Deberá de existir una verificación periódica de los vehículos y maquinaria utilizadas en la etapa de construcción y mantenimiento para que los motores de combustión interna se mantengan dentro de normas en cuanto a emisión de gases, así como para que los vehículos destinados al transporte de material, mantengan sus cajas cubiertas con lona para evitar que tiren el material pétreo o emitan polvo. Se recomienda que la empresa supervisora revise periódicamente el estado físico de los vehículos y equipo de construcción para cumplir lo antes señalado, dando instrucciones a la empresa ejecutora de la obra para que retire aquellos vehículos y/o equipo de construcción que estén en malas condiciones mecánicas.

b) Medidas de Remediación.

Dentro del derecho de vía serán derribados árboles identificados de diferentes especies, sin embargo, la Secretara de Medio Ambiente y Recursos Naturales Delegación Nayarit deberá autorizar el derribo del total de árboles afectados, cubicando el VTA; del cual deberá recomendar que el producto resultante de los trabajos sea donado a las comunidades circunvecinas que se encuentran dentro del tramo de referencia.

Para sustituir estos árboles la SCT, deberá de plantar árboles nativos de la región en las áreas que considere pertinentes e inmediatamente después de plantarlos, informar a la dependencia para verificar la conclusión de las actividades.

c) Medidas de Rehabilitación:

No aplica

d) Medidas de Mitigación y Compensación:

1. Disminución de la cubierta vegetal y afectación a la fauna.
Retirar cualquier organismo de fauna nidos o madrigueras que se localicen dentro del área con vegetación a desmontar y reubicarlos en hábitats similares a donde fueron encontrados.
Realizar desmonte en etapas para permitir que la fauna se desplace a sitios continuos con vegetación.
2. Rescate previo de especies vegetales de importancia ecológica.
3. Rehabilitación de los sitios afectados por la construcción y ampliación de los tramos carreteros, mediante la implementación de un programa de reforestación con especies nativas.
Afectación de la estratigrafía e incremento de los índices de erosión del suelo.
Recuperación de la capa orgánica y acamellonamiento del despalme para su posterior utilización en la restitución de suelos y reforestación de los sitios afectados.
4. Afectación de la calidad del agua por arrastre de sedimentos en zonas desprovistas de vegetación.
Construcción de obras de retención y captación de sedimentos.
5. Alteraciones del paisaje.
Reforestación en camellones, sitios de bancos de préstamo y áreas de compensación destinadas a reforestarse
6. Afectación de la calidad del aire por emisiones contaminantes de polvos y ruidos.
7. Estricto apego a la Normatividad y reglamentación aplicable durante la operación de maquinaria y equipo.
Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo.
Colocación de lonas en las cajas de camiones que transporten tierra y materiales.
8. Realizar un programa de manejo de residuos. Humectación de suelos para evitar formación de polvos.

Sin embargo, no se prevén impactos ambientales significativos que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones establecidas en las disposiciones jurídicas referentes a la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente, además de que los efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados podrán ser mitigados o compensados con las medidas preventivas de compensación o mitigación señaladas.

e) Medidas de Reducción.

1. Las obras de drenaje complementario de la carretera, constituidas por bordillos y lavaderos, deberán descargar el flujo de agua a cauces naturales, reingresando la precipitación pluvial a los escurrimientos naturales.
2. Durante la construcción, el constructor dispondrá de sanitarios portátiles en cada frente de trabajo.
3. Los desechos de tipo domestico que produzcan los empleados durante la construcción serán dispuestos en contenedores metálicos de no más d 200 lt con tapa metálica para disponer finalmente de ellos, a intervalos adecuados, en el basurero municipal más cercano.

Dictamen de factibilidad ambiental.

Por todo lo antes mencionado, el dictamen que corresponde al Análisis de Factibilidad Ambiental es favorable, condicionado al seguimiento y atención de las recomendaciones del Oficio de Resolutivo la Manifestación de Impacto Ambiental que emita la DGIRA para la totalidad del tramo.

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD LEGAL.

Dictámenes o permisos de uso de suelo o cambio de uso de suelo a los niveles que corresponda(Estatal y/o Municipal).

El proyecto se denominará Camino tipo A2 Tepic-San Blas (Tramo aproximadamente de 30.844 Km de camino pavimentado con concreto asfaltico, alojados dentro del derecho de vía que, en su mayor parte negociado por los ejidatarios de la zona, el proyecto va de Tepic a San Blas, en algunas zonas se utilizará el mismo trazo del camino actual en operación, por lo tanto, se hará uso de este derecho de vía.

En algunas zonas donde fue necesario corregir el trazo, se requiere permiso de uso o cambio de uso de suelo, de igual forma deberá de contar con la acreditación d la propiedad del derecho de vía.

Es conveniente que la dependencia demuestre la propiedad del área de derecho de vía para todos los casos. Por lo que será necesario que los acuerdos hechos con los ejidatarios de los predios, sean por escrito y debidamente legalizados.

Será necesario hacer la remoción de vegetación forestal por el cambio de uso de suelo en una superficie de 69.7 Ha requeridas para este proyecto el cual va a desarrollarse en los Municipios de San Blas y Tepic, en el Estado de Nayarit.

PUNTOS	LATITUD	LONGITUD
<i>INICIO</i>	502527	2,384,465,433
<i>FINAL</i>	478,571.595	2,377,947,564

Tabla 1. Puntos de Inicio y Fin de construcción.

Las superficies requeridas para la construcción del proyecto son las siguientes:

OBRA	SUPERFICIE Ha
Área entre cerros	132.01
Almacenes, Bodegas y Talleres	0.15
Patios de Maquinaria, Plantas de asfalto y Trituradoras	1.00
Bancos de Préstamo	0.00
Caminos de Acceso	0.00
<i>Suma</i>	<i>133.16</i>

Tabla 2 Superficies requeridas del proyecto.

Del total de esta superficie se requerirá desmontar 67.7 Ha las cuales presentan vegetación forestal compuesta por selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y bosques de *Quercus virginiana*.

Su trazo inicia en la comunidad de San Blas, aprovechando el derecho de vía adquirido y negociado el paso para no afectar las zonas de vegetación con la implementación del proyecto; construyendo las estructuras necesarias que continuará dando servicio a las comunidades.

En caso necesario, el costo para la adquisición de derecho de vía se fijará de acuerdo a los levantamientos de las superficies adicionales, y el costo dependerá de los avalúos maestros de los predios que emita INDAABIN y a las negociaciones que se lleven a cabo con los beneficiarios.

Es necesario evitar cualquier roce o conflicto social, por lo que será necesario que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes acredite legalmente con los trámites oficiales en la sesión del derecho de vía, para posteriormente continuar las obras del tramo restante en los siguientes años.

Considerando que las obras motivo de este análisis corresponden a la obra mencionada, se requiere permiso de uso o cambio de uso de suelo, de igual forma deberá contar con la acreditación de la propiedad del derecho de vía. Considerando que la obra por ejecutar tiene

una longitud de 31 Km y que, de esta longitud sólo se cuenta con 13 Km de proyecto, resulta una superficie disponible para iniciar las obras de 52 Ha sin problemas de posesión.

Cabe mencionar que se deberá agilizar los trámites para obtener los permisos de ocupación previa, o en su caso considerar la ampliación del periodo de ejecución de la obra.

Cambio de uso de suelo.

El día 16 de diciembre de 2009 se realizó una visita técnica de campo al predio que sería objeto del Estudio Técnico Justificativo para el cambio de uso de terrenos forestales, los cuales serán utilizados para el proyecto denominado "Construcción de la carretera tipo "A" Tepic - San Blas en el tramo Km 28+500 al Km 30+000, con una longitud aproximada de 1.5 Km" en el Municipio de San Blas, Nayarit, esto se notificó al Centro SCT de Nayarit mediante oficio No. 138.01.01/4803/9.

Con fecha 22 de febrero del 2010, mediante oficio No. 6.17.407.0076/2010 el centro SCT Nayarit notifica a la Dirección General de Gestión Forestal que como parte del trámite a seguir para la autorización del cambio de uso del suelo para este proyecto se llevó a efecto el depósito requerido, al Grupo Financiero BANORTE de \$33,349.00, por concepto de compensación ambiental para ser destinados a actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento en la superficie de 4.48 hectáreas de selva media subcaducifolia preferentemente en el Estado de Nayarit.

Esta compensación ambiental fue calculada conforme al ecosistema que se pretende afectar y a los impactos ambientales que se suscitaran de acuerdo a lo que se estableció en el estudio técnico justificativo, además de que existen especies de fauna silvestre con status de amenaza y endémica, que además se afectarían más de cuatro servicios ambientales y que el proyecto se ubica en una Región Hidrológica Prioritaria, sin perder de vista que se trata de un trazo lineal que implica confinamiento de área y que la vegetación forestal se afectará con sellamiento del suelo y que el proyecto es para beneficio social.

Dicha compensación ambiental se estableció así, con la finalidad de recuperar tanto en sus condiciones biológicas como hídricas una superficie forestal no mayor a la afectada en el proyecto. La reforestación o restauración y su mantenimiento del ecosistema afectado permitirá en su caso, la cosecha del agua, el control de la erosión y la regeneración de la vegetación forestal.

Permisos para explotación de bancos de materiales.

De acuerdo a lo señalado por las especificaciones particulares "Bancos de Materiales y Depósitos", el contratista será el responsable de su liberación, adquisición o renta de los terrenos necesarios, mediante la obtención de permisos, el pago de derechos y regalías, incluyendo los acarrees, así como los trabajos requeridos para el depósito y formación de los almacenamientos con los materiales de desperdicio.

Dado lo anterior y considerando que dentro de las Bases de Licitación, trabajos por ejecutar, especificaciones generales, particulares y complementarias, así como el catálogo de conceptos y cantidades de obra que se entregarán a los licitantes participantes, se precisa que la elección, obtención de permisos y liberación de los bancos préstamo y depósito a desperdicio de los materiales, así como el pago de los derechos correspondientes, son obligación de la contratista, en el entendido que la calidad de los materiales extraídos de dichos bancos deben de cumplir la Normatividad SCT.

Dictamen de factibilidad legal.

Del análisis de la información y considerando que las obras se llevarán a cabo durante los ejercicios 2009 - 2012, el dictamen en lo que corresponde al Análisis de Factibilidad Legal es Favorable para iniciar las obras en los tramos actualmente liberados, condicionando a la liberación oportuna de los terrenos necesarios para la continuación de los trabajos.

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA.

Estudios de ingeniería básica, revisión conceptual.

Los estudios de ingeniería básica de los Km 5+000 al 16+500 y del 29+500 al 31+000 comprendieron:

- Levantamientos Topográficos.
- Estudio Geotécnico para Terracerías y Obras de Drenaje, incluye el diseño de Pavimento.
- Estudios Topo hidráulicos para estructuras mayores.
- Estudios de Cimentación para estructuras mayores.

a) Levantamientos Topográficos.

Los levantamientos topográficos fueron revisados en las libretas de campo, archivos electrónicos de levantamientos y planos, constatando que los bancos de nivel tienen separación máxima de 500 m y con aproximación mm.

Existen suficientes referencias para restituir el trazo en cualquier momento, las secciones transversales abarcan un ancho suficiente para alojar la ampliación; respecto al levantamiento de las obras de drenaje este contiene los datos necesarios como: esviaje, tipo y dimensiones de la obra actual, etc.

Los trabajos realizados durante el levantamiento topográfico fueron:

- Trazo y nivelación de eje auxiliar.
- Seccionamiento Transversal cada 20 m.

- Configuración topográfica del camino con curvas de nivel a cada metro, con una amplitud de 20 metros a cada lado del eje auxiliar; es decir un ancho de 40 m en total.
- Levantamiento topográfico de las obras por proyectar.
- Linderos del derecho de vía existente y posibles zonas de afectación.
- Las secciones transversales abarcan un ancho suficiente para alojar la construcción del proyecto carretero.

b) Estudio Geotécnico (recomendaciones).

Fue proporcionada información de campo, de bancos y recomendaciones de los tramos 5+000 al 10+200 y del tramo 29+500 al 31+000.

Se recomienda que se anexe un informe completo que se realice bajo el siguiente esquema:

- Introducción.
- Descripción general del trabajo en estudio.
- Estudio Geotécnico para terracerías.
- Bancos de Préstamo.
- Diseño de pavimento.
- Métodos del diseño estructural del pavimento.
- Figuras.
- Anexos incluyendo informe de laboratorio, fotográfico y especificaciones.

Tablas con recomendaciones para cimentación de obras de drenaje menor y relación de obras de drenaje complementarias.

El informe geotécnico deberá de contener como generalidades información acerca de antecedentes, objetivos y características del proyecto, localización, geología regional, topografía, hidrografía y clima.

El informe geotécnico para terracerías deberá especificar los trabajos realizados en campo y laboratorio.

Por lo que la información obtenida en campo deberá corresponder a lo especificado en el cálculo de la curva masa. Además de que deberá contener las calidades de todos los materiales encontrados como terreno natural, así como recomendaciones para aprovechamiento o desecho, tipo de tratamiento a utilizar en caso de utilización, capa en la que se puede utilizar dependiendo de sus propiedades, espesores aprovechables, propiedades índice y mecánicas para su utilización en el diseño de pavimento así como su clasificación, tratamiento probable, coeficientes de variación volumétrica, clasificación para presupuesto, altura de terraplenes, taludes y observaciones.

La exploración geotécnica deberá de ser a cada 500 m, de igual forma se deberá esquematizar cada pozo con perfiles estratigráficos del terreno natural.

Para esta longitud de camino deberá corresponder a la exploración de 62 PCA en terreno natural, los cuales se deberán de realizar en el centro del camino siguiendo el eje del

trazo, tomando en cuenta el proyecto geométrico preliminar para evitar que los muestreos de los pozos queden arriba de la rasante de proyecto, lo ocasionaría que no se muestreara el terreno natural que servirá de soporte a la estructura d pavimento.

En base al análisis del material que se obtenga de los PCA's se podrá determinar si es que los terraplenes tendrán o no problemas de cimentación, por lo que el geotecnista deberá de especificar el proceso constructivo más adecuado a las condiciones prevalecientes en la zona.

En cuanto a la identificación geotécnica y a los resultados obtenidos en laboratorio se debe de dividir la longitud total del camino en subtramos de iguales características con un mismo tratamiento.

Se puede concluir que el cálculo de la curva masa del tramo 5+000 al 10+200 y del tramo 29+500 al 31+000 se encuentra completo, los taludes de cortes y terraplenes son los convenientes para el tipo de materiales que los formarán de acuerdo a la geología regional.

Dentro de la información proporcionada para el cálculo de la curva masa, se encuentra la necesaria como el cadenamamiento, número y espesores de estratos, clasificación, tratamiento probable, coeficiente de variación volumétrica, clasificación para presupuesto, tipo de modificación (corte o terraplén) y observaciones.

1. Recomendaciones Constructivas de Terracerías.

Las recomendaciones constructivas generales proporcionadas por el proyectista y por normas de construcción para los tramos 5+000 al 10+200 y del tramo 29+500 al 31+000 son las siguientes:

-En los casos que exista terraplén, se compactará al 90% o se bandeará según sea el caso; las capas de transición y subrasante se compactarán al 95% y 100% respectivamente; el grado de compactación indicado es con respecto a la prueba proctor o porter, dependiendo de la granulometría del material, se sugiere que el grado de compactación sea con respecto a la prueba AASHTO según las Normas para la Infraestructura y el Transporte, SCT.

En todos los casos cuando no se indique otra cosa, el terreno natural, después de haberse efectuado el despalme correspondiente, el piso descubierto deberá de compactarse al 90% de su PVSM o bandearse según sea el caso.

Para el caso de cortes, se recomienda abrir cajas de profundidad suficiente para alojar las capas subrasante y subyacente; ambas capas se proyectarán con préstamo de los bancos La Palma y Camichin de Jauja recomendados por el proyectista para tal fin, a menos que el estudio geotécnico se especifique que el material de terreno natural cumple con las características iguales o superiores a las de esta capa y que su compactación natural es cercana a la requerida o especificada en proyecto.

Bajo los criterios recomendados anteriormente es factible la construcción de terracerías además que se deberá de tomar en cuenta la Normativa para la Infraestructura y el Transporte, SCT.

2. Recomendaciones Constructivas de la Estructura del Pavimento.

Una vez terminados los trabajos de terracerías se procederá a construir los pavimentos.

Se recomienda que, de acuerdo al tipo de camino, TDPA, zona geológica y tipo de terreno; sobre la capa subrasante se construya una capa de subbase de 0.20 m de espesor, obtenida del banco que cumpla con las especificaciones mínimas para este fin, el cual se deberá de compactar al 100% de su Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM) de la prueba AASHTO modificada.

La base hidráulica con un espesor de 0.20 m utilizando material de banco, el cual se deberá de compactar al 100% de su Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM) de la prueba AASHTO modificada.

Sobre la Superficie de la base de capa hidráulica, debidamente terminada superficialmente seca y barrida se recomienda se aplique en todo el ancho de la sección, así como en dichos taludes que forme el pavimento, un riego de impregnación con emulsión asfáltica catiónica tipo ECI-60, a razón de 1.5 lts/m² que deberá cumplir con las Normas de Calidad establecidas por la Normativa SCT.

Sobre la Superficie de la capa de base hidráulica, debidamente terminada se aplicará en todo el ancho de la sección un riego de liga con emulsión asfáltica catiónica tipo ECI-60, a razón de 0.5 lts/m², la dosificación definitiva se determinará mediante pruebas de laboratorio.

Sobre la capa de base hidráulica y después de la aplicación de riego de liga, se recomienda se construya una capa de concreto asfáltico de granulometría densa de 0.12 m de espesor, utilizando material procedente de banco de préstamo indicado para este fin, con cemento asfáltico AC - 30 con una dosificación aproximada de 120 lt/m³ de material pétreo seco y suelto, la mezcla será elaborada en planta y en caliente y el tendido se efectuará compactándola al 95% de su peso volumétrico determinado en la prueba Marshall.

Deberá haber un diseño Marshall el cual deberá cumplir con los requisitos de diseño del propio método.

Es recomendable que como se utilizará un cemento asfáltico AC-30, la mezcla deberá de realizarse a una temperatura d 140°C a 165°C, la mezcla al momento de colocarla en la pavimentadora, deberá de tener una temperatura no menor a 135°C. La temperatura se medirá en el camión antes de descargar en la pavimentadora. La compactación se realizará inmediatamente después de tendida la mezcla y antes de que su temperatura baje a menos de 130°C. Este proceso constructivo se considera factible y adecuado, siempre y cuando en todo momento sea verificado y comparado en cumplimiento con la Normativa SCT. Cabe hacer mención que estas son solo recomendaciones basadas en la Normativa SCT, ya que no existe diseño de pavimento dentro de la información proporcionada, sin embargo, la decisión final dependerá del proyectista.

3. Recomendaciones de los Bancos de Materiales.

Los bancos de materiales destinados a diferentes usos se localizan cercanos al trazo, lo cual permitirá que los sobre acarreos sean mínimos y para evitar sobrecostos.

Los bancos para recomendados para terracerías, subyacente y subrasante son:

-Banco La Palma, ubicado en el Km 31+000 a 3500 m desviación izquierda, el material localizado es limo poco arenoso, de baja compresibilidad, medianamente compacto, húmedo, de color blancuzco (ML), el tratamiento probable es compactado, con un volumen aprovechable de 720,000 m³.

-Banco Camichin, ubicado en el Km 0+000 a 25,100 m atrás del poblado de Camichin de Jauja, el material localizado es escoria volcánica, el tratamiento probable es selección de tamaños mayores a 3", con un volumen aprovechable de 50,000 m³.

Los bancos recomendados para la extracción de base hidráulica, carpeta de concreto y sello son:

-Banco Entronque a Ruiz, ubicado en el Carretera Federal 15, Entronque a Ruiz, el material localizado es de la clasificación geológica es suelos gruesos equidimensionales de forma esférica lisos (GP), la clasificación para presupuesto es A el tratamiento probable a utilizar es cribado y triturado, el material encontrado es recomendable para su utilización en las capas de base, carpeta y sello, con un volumen aprovechable es mayor a 40,000 m³.

-Banco Cladimaco, ubicado en el Carretera Federal 200, Km 5+000, desviación derecha 4,100 m, la clasificación geológica es suelos gruesos equidimensionales de forma subangulosa medianamente rugosa (GW), la clasificación para presupuesto es A el tratamiento probable a utilizar es cribado y triturado, el material encontrado es recomendable para su utilización en las capas de base, carpeta y sello, con un volumen aprovechable es mayor a 70,000 m³.

-Banco Sifuentes, ubicado en el Carretera Federal 200, Km 5+000, desviación derecha 4,100 m, la clasificación geológica es suelos gruesos equidimensionales de forma subangulosa medianamente rugosa (GW), la clasificación para presupuesto es A el tratamiento probable a utilizar es cribado y triturado, el material encontrado es recomendable para su utilización en las capas de base, carpeta y sello, con un volumen aprovechable es mayor a 70,000 m³.

-Banco el Caminero, ubicado en el Carretera Federal 200, Km 5+000, desviación derecha 4,100 m, la clasificación geológica es suelos gruesos equidimensionales de forma subangulosa medianamente rugosa (GW), la clasificación para presupuesto es A el tratamiento probable a utilizar es cribado y triturado, el material encontrado es recomendable para su utilización en las capas de base, carpeta y sello, con un volumen aprovechable es mayor a 70,000 m³.

El estudio de los bancos de materiales presenta croquis de localización. Los informes de calidad de bancos de materiales, proporcionan datos acerca de nombre, uso, ubicación, clasificación petrográfica, volumen de despilme, material utilizable, tratamiento probable, volumen de uso, propiedad, tamaño máximo de partículas, y en general toda la información requerida para identificar técnicamente las características y ubicación de los bancos.

4. Recomendaciones de las Obras complementarias.

En lo que se refiere a las obras complementarias de drenaje, se recomienda la construcción de bordillos laterales y lavaderos.

Según proyecto la altura de la subrasante es la conveniente para poder alojar las numerosas obras de drenaje que produce el sistema de drenaje superficial.

a) Algunas Observaciones a los Estudios Complementarios.

En esta etapa de construcción no se considera la construcción de estructuras mayores, por lo que es necesaria la elaboración de Estudios Topo hidráulicos, se recomienda se realice bajo los siguientes criterios.

Hacer un levantamiento topográfico del cruce que permita definir una planta general, una planta detallada, el perfil de construcción, el perfil detallado y el tipo y dimensiones de la obra actual, definir los niveles máximos de la corriente para las crecientes máximas extraordinarias, así como un perfil hidráulico.

En general establecer criterios aceptables, además de verificar que todos los proyectos constructivos cumplan con las recomendaciones de los estudios hidráulicos respectivos. Cabe hacer mención que estas recomendaciones, mas no limitativas, por lo que deberá de seguir con el protocolo establecido para este tipo de estudios.

En cuanto a la cimentación de estructuras mayores será necesario realizar estudios de Mecánica de Suelos donde se identifique la capacidad de carga y la magnitud de los asentamientos, el análisis y revisiones deberán hacerse siguiendo la normativa vigente de la SCT.

Proyectos, revisión conceptual.

a) Terracerías.

Se revisó el proyecto de terracerías consistente en planos de 5 kilómetros, la información se presenta a manera de tablas que muestran la poligonal y referencias de trazo, geometría del alineamiento horizontal, movimientos de terracerías, obras de drenaje, estratigrafía y clasificación del terreno natural, elevación de la subrasante, ampliaciones y sobre elevaciones en curvas, datos de proyecto, sección tipo, cantidades de obras para terracerías y acarreos, así como la caratula de identificación del plano.

Así mismo se revisaron los procesos electrónicos, que incluyen datos del terreno natural, elevaciones de subrasante, geometría del seccionamiento de construcción y volúmenes de terracería.

Incluye algunos comentarios como que el eje de trazo es igual al eje de proyecto, y del Km 30+700 al Km 31+000 se considera proyecto de entronque a nivel.

El proyecto de terracerías contiene geometría de seccionamiento de construcción, áreas de secciones de construcción, referencias de afinamiento a la subrasante, volúmenes de construcción, ordenada de curva masa, geometría de las capas subrasante y subyacente, datos del proceso, secciones transversales, matriz de recuperación de datos, matriz de recuperación de secciones transversales.

b) Proyecto Geométrico.

Se verifico la existencia de un proyecto geométrico adecuado para los tramos 5+000 al 16+500 y del 29+500 al 31+000.

En algunos tramos de lomerío, se considera que podría mejorarse el proyecto geométrico en cuanto al alineamiento vertical, para optimizar la distancia de visibilidad de rebase, favoreciendo su operación.

En lo que se refiere a las estructuras de las obras de drenaje, se revisó que sus características geométricas, alineamiento en planta y perfil, sección y pendiente transversal, ubicación y esviamiento fuesen congruentes con el proyecto geométrico de la carretera y con las características de la estructura actual.

Durante la revisión del proyecto geométrico se observó que las pendientes del camino varían entre 0.06% al 6%, las pendientes más altas se tienen en tramos menores, por lo que se tipificó como terreno lomerío y montañoso.

El grado de curvatura máxima del proyecto es de 2° 45'.

La elevación del terreno natural en el tramo 5+000 al 16+500 se encuentra entre los 487.16 y 628.6 metros sobre el nivel medio del mar y del 29+500 al 31+000 las elevaciones van de 9.18 a 18.75 M.S.N.M.

1. Revisión de Alineamiento Vertical.

En todos los casos la subrasante y rasante fueron proyectadas para considerar las obras de drenaje menor y puentes que serán construidos; la ubicación y geometría de las curvas verticales corresponden también a las condiciones prevalecientes de camino. El alineamiento vertical fue modificado del camino actual, en gran proporción lo cual se considera adecuado.

2. Revisión de Alineamiento Horizontal.

El grado de curvatura, longitud total de curva y de transición, sobre elevaciones y ampliaciones de curvas horizontales en su mayoría se consideran apropiadas, de acuerdo al tipo de camino que se construirá, y que será de mayores especificaciones que el actual.

De acuerdo a la revisión detallada de los planos proporcionados, en gran parte del camino existen trazos difíciles geoméricamente, sin embargo, se logró un buen proyecto geométrico, y de esta forma corregir esta condición, logrando la supresión de condiciones geométricas difíciles.

Fue necesario modificar y ampliar los terraplenes del camino con la finalidad de aumentar la corona del camino, de tal manera que la sección tipo corresponde a las condiciones siguientes: en el tramo de ampliación Matanchén - San Blas de 8.2 Km, el tramo actual funcionará como soporte y parte de la estructura de un carril, acotamiento y talud del total de la sección; esto es, corresponde

aproximadamente a la mitad de la sección y la otra mitad coincide con el nuevo terraplén con el otro carril, acotamiento y talud.

Salvo en ocasiones, donde se requiera realizar cortes será necesario retirar el material según los requerimientos de las rasantes del proyecto y conformar la estructura del pavimento nuevo según las recomendaciones del proyectista.

En general no se requieren modificaciones sustanciales en alineamiento horizontal ni vertical.

a) Despalme para desplante de terraplenes.

En los casos en que solo se requiera despalme, se recomienda despalmar 30 cm del terreno natural y sobre la superficie descubierta compactar 20 cm de profundidad al 90% de su P.V.S.M. AASHTO estándar.

Se considera que el despalme elegido por la proyectista es el adecuado, debido a la calidad de los materiales superficiales y a la vegetación de la región en que se encuentra el proyecto.

b) Curva Masa y Movimientos de Tierra.

La curva masa y movimientos de tierra para fines de concurso no se utilizarán, ya que se solicitará a los licitantes que en sus precios unitarios para terracerías y pavimentos incluyan los acarreos y elijan los bancos de materiales, previa aprobación de la Secretaría, además de utilizar los factores de variabilidad volumétrica que estimen convenientes.

c) Especificaciones.

Se dieron especificaciones particulares para los principales conceptos de obra, haciendo referencia a las Normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

d) Obras de Drenaje Menor.

En cuanto a la cimentación de las obras de drenaje menor de los tramos en donde se tiene proyecto, se recomienda se realicen pruebas índice y mecánicas al terreno de desplante para determinar si el estrato propuesto es o no competente, y de esta forma se anexen en el informe de mecánica de suelos y geotecnia a lo largo de la línea de trazo. de igual forma deberá de tomarse en cuenta la ubicación, tipo de obra y dimensiones, altura de terraplén, profundidad, capacidad de carga, tipos de arrastre de las corrientes, esviajamiento, capacidad hidráulica, tipo de material de construcción.

La topografía, la vegetación y el material que constituye la superficie de la mayor parte del terreno natural, originaron que se tuvieran que estudiar y proyectar del Km 5+000 al 509+847.70, 27 obras de drenaje menor entre tuberías y losas de concreto hidráulico reforzado.

Del Km 510+086 al 14+840 se proyectaron 20 obras de drenaje menor, y del Km 29+610 al 30+860 se proyectaron 7 obras de drenaje menor, losas de concreto en su mayoría de 5 m. Las dimensiones de las tuberías son variadas, sin embargo, los que predominan son los tubos de 90 y 120 cm de diámetro, aunque también hay losas de dimensiones menores.

Fueron proporcionados los proyectos de obras de drenaje, sin embargo, se recomienda complementar la información necesaria para la construcción en campo.

e) Consideraciones Generales para Proyecto y Construcción de Puentes.

En el tramo en estudio se encuentra una Obra Mayor en el Km 510+920 de longitud no determinada, que drenará una superficie de 1,241 Ha, por ser una obra que no requiere una inversión elevada, se considera que se construirá en esta etapa. Al elaborar los proyectos será necesario se consideren los estudios topo hidráulicos y de mecánica de suelos que son básicos para obras mayores. Actualmente no se cuenta con el proyecto, sin embargo cuando se contrate, será necesario que se especifique sus características geométricas, alineamiento en planta y perfil, sección y pendiente transversal, ubicación y esviamiento, estas características deberán de ser congruentes con el proyecto geométrico de la carretera y con las características actuales y deberán satisfacer adecuadamente los requisitos básicos y garantizar que estos cumplan con los requisitos mínimos de eficiencia, operatividad, resistencia, funcionalidad y durabilidad en las condiciones técnicas y económicas más convenientes.

1. Proyecto Geométrico de Puentes.

No perdamos de vista que en etapas posteriores se deberán tomar las condiciones de operación prevalecientes en el momento, por lo que se preverá verificar la existencia de un proyecto geométrico completo y adecuado para toda la obra, observando la normativa aplicable en cada caso.

2. Elección de Tipo.

La Elección del tipo de estructura en el puente, deberá de obedecer a los siguientes lineamientos:

-Considerar las características geométricas y físicas del sitio, y elegir la estructura que por sus condiciones y beneficios sea la más adecuada y adaptable a estas-

-Utilizar cimentación profunda, desplantada a nivel de estratos competentes de acuerdo a los estudios correspondientes.

-Subestructuras de concreto reforzado. Ubicar los bancos de materiales cercanos a la obra que permitan la extracción de materiales pétreos de buena calidad, que aunados a la disponibilidad de cemento Portland y a la existencia

de plantas de premezclado, permitan obtener cementos hidráulicos en el plazo programado para la ejecución de la obra y con la calidad necesaria para garantizar un comportamiento adecuado.

3. Consideraciones necesarias para elaborar Proyecto Estructural de Puentes.

En la etapa de elaboración del proyecto ejecutivo estructural, deberán de tomarse las siguientes consideraciones: los elementos estructurales deberán contar con las características, dimensiones y refuerzos normalmente utilizados para el tipo de estructura elegido en cada caso.

El proyecto deberá contar con todos los planos constructivos necesarios, con la presentación necesaria para ser interpretados correctamente por el personal calificado en los sitios de las obras.

Los planos deberán contener los datos necesarios para la ubicación de las obras y de sus elementos correspondientes, conceptos y cantidades de obra desglosados, con forme a las Normas de Construcción de la SCT, listas de varillas de acero de refuerzo y Notas sobre Especificaciones Generales y Particulares de Construcción.

El diseño de puentes deberá regirse de acuerdo al Reglamento de construcciones vigente de la región, en caso de no existir, se deberá referir a la normativa aplicable.

Cabe hacer mención que estas especificaciones son las mínimas básicas, para la elaboración de proyecto de puentes. Por lo tanto, el proyectista deberá de seguir el lineamiento conducente a proyecto ejecutivo completo.

f) Pavimento.

1. Proyecto de pavimento.

Con lo referente al diseño de la estructura de pavimento, no se encuentra estudio alguno, por lo que se recomienda que el análisis se complemente con la obtención de espesores por el método del instituto de ingeniería de la UNAM y por el método AASHTO. Ambos procedimientos cumplen con lo mínimo solicitado en la Normativa SCT y los criterios tomados para análisis coherentes correspondientes al tipo de camino y magnitud del proyecto.

Los datos de entrada básicos en el método del IIUNAM; son tipo de carretera, número de carriles, vida de proyecto, TDPA, tasa de crecimiento, el método requiere también el uso de variables adicionales sobre características del terreno y materiales como Valor Relativo de Soporte crítico, en los datos del tránsito se debe de partir de TDPA inicial, su tasa de crecimiento en porcentaje anual y la composición vehicular detallada, considerando desde los automóviles y vehículos ligeros hasta los vehículos más pesados de carga, haciendo la separación adecuada de vehículos cargados y vacíos.

Otro de los métodos que se recomienda es el de AASHTO, en este método en primera instancia se realizan los cálculos necesarios para encontrar un "Número Estructural SN", con la finalidad de que el pavimento flexible, pueda soportar el nivel de carga solicitado.

Para determinar el Número Estructural SN requerido, el proyectista debe seguir el método, el cual proporciona una ecuación general y una gráfica que involucra parámetros como el tránsito en ejes equivalentes acumulados para el periodo de diseño seleccionado, un parámetro de confiabilidad "R", desviación estándar "So", módulo de Resiliencia efectivo "Mr" del material usado para la subrasante, la pérdida o diferencia entre los índices de servicios inicial y final deseados " Δ PSI".

Después de obtener el Número Estructural SN, para la obtención de la sección estructural del pavimento, se debe de utilizar la gráfica de diseño, que involucra las variables mencionadas (tránsito, So, R, MR, Δ PSI), y utilizando el criterio de una sección multicapa; siguiendo el procedimiento, se deberán obtener los espesores de cada capa, para la superficie de rodamiento o carpeta, base y subbase se deberán involucrar los coeficientes de drenaje particulares para la base y subbase, tal y como lo marca el método.

La aplicación de ambos métodos que son los más usados y son aceptados por la SCT, de igual forma hay que hacer una revisión por el método del Instituto Americano del Asfalto.

2. Cantidades de Obra.

Por lo que se refiere a las cantidades de obra calculadas, se puede concluir que son correctas, ya que fueron obtenidas mediante procesos electrónicos basándose en la geometría de las capas del pavimento que es prácticamente uniforme.

3. Especificaciones.

Se dieron especificaciones particulares para los principales conceptos de obra, haciendo referencia a las Normas de la SCT.

4. Conclusiones.

El diseño del pavimento se deberá realizar con los procedimientos adecuados a las características del terreno natural, de las terracerías y del tránsito previsto y su futuro crecimiento, así como las técnicas convenientes para proporcionar una superficie segura y confortable, que presente una durabilidad razonable y haga innecesarios los trabajos de reconstrucción en corto y mediano plazos.

g) Obras Complementarias.

1. Obras Complementarias de Drenaje.

El proyecto deberá de considerar la construcción de bordillos con sus lavaderos.

2. Obras Complementarias de Construcción.

zonas despobladas y arropo de taludes con material producto de despalme y construcción de puentes.

h) Señalamientos.

1. Proyectos.

En términos generales los planos que comprenden tanto el proyecto del señalamiento vertical como el horizontal están completos y cumplen la Normatividad SCT.

2. Normas y Especificaciones.

Para dichos proyectos se utilizó el Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras y el Señalamiento Turístico y de Servicios, que la Normativa SCT en vigor, normando lo relativo al proyecto de señalamiento horizontal y vertical, diseño de señales, diseño de estructuras de soporte y presentación de dichos proyectos, consideración que se valora adecuada.

Normas y especificaciones técnicas.

La Normatividad establecida en los estudios, procedimientos y proyectos analizados para poder formular el presente dictamen, como ya se ha comentado en otros incisos del presente capítulo, incluye las normas, especificaciones generales, particulares y complementarias de proyecto suficientes para llevar a buen término los trabajos dentro de la Normatividad SCT, sin embargo, se recomienda un mayor número de referencias correspondientes a las nuevas Normas SCT, edición 2004.

Lo anterior debe incluirse en los planos de proyecto, las bases y términos de referencia de las licitaciones de obra, en las que se debe establecer que los concursantes de obra manifiesten que conocen todas las disposiciones de las Normas SCT vigentes.

Programas de trabajo.

a) Revisión de Programas.

El Programa de Obras abarca los Ejercicios de 2009, 2010, 2011 y 2012 el cual se considera adecuado de acuerdo a la disponibilidad de los recursos.

Para cumplir con el programa de obra del presente ejercicio, será indispensable contar con los frentes necesarios en terracerías, pavimento, obras de drenaje y complementarias, así como señalamiento.

Para la ejecución de la obra en los periodos subsecuentes, además de lo anterior deberá considerarse el contar con el derecho de vía debidamente liberado.

b) Empresa de Supervisión.

La secretaría de Comunicaciones y Transportes del Estado de Nayarit. podrá concursar y contratar los servicios de una Empresa Supervisora, encargada de coadyuvar con sus representantes en los siguientes trabajos:

-Revisar los Proyectos ejecutivos, conservar las referencias y bancos de nivel, vigilar el cumplimiento de la geometría de todos los elementos que integran la obra, verificar el control de calidad de los materiales y de todos los conceptos de obra, llevar cartas de control, rechazar y/o verificar los trabajos de calidad, supervisar los avances de obra y el cumplimiento de los programas; revisar los números generadores y las estimaciones de obra y tenerlas al día, actualizar los planos ejecutivos, opinar sobre las adecuaciones y modificaciones requeridas al proyecto; integrar los expedientes de cada contrato; participar en los cierres de los trabajos, supervisar e informar acerca del cumplimiento de las condicionantes dadas por SEMARNAT para el otorgamiento de la autorización correspondiente, etc.

El aprovechamiento integral y adecuado de la supervisora, debe de conducir junto con el funcionamiento normal de las empresas constructoras, a la ejecución satisfactoria de las obras con la calidad requerida, con los costos planeados y en el tiempo programado.

Se recomienda que esta supervisora se contrate durante un periodo tal que comprenda desde quince días antes de la ejecución de los trabajos, hasta el periodo de finiquito y entrega de la obra, esto brindará a las autoridades encargadas de la obra el apoyo suficiente para la revisión del proyecto, la optimización de la ejecución de todas las etapas de la obra y un correcto cierre de la misma.

Revisión de costos.

a) Presupuesto probable.

Los costos probables de los diferentes conceptos fueron determinados por la proyectista, basándose en precios unitarios promedios del mercado en la región y los volúmenes de obra de proyecto, ambos se consideran adecuados.

No obstante, lo anterior los presupuestos base deberán ser revisados previos a las licitaciones de obra, de acuerdo a los criterios que determine el Centro SCT Nayarit. Durante el proceso de licitación se espera que los costos de construcción varíen de acuerdo a las propuestas económicas de los participantes, sin embargo, se considera conveniente que dicha variación no supere más del 10% respecto al presupuesto base y en base al análisis de sensibilidad obtenido del análisis financiero.

El costo total de la obra se estima en 950 MDP a precios de 2009, sin considerar IVA.

Conciliación de observaciones y adecuaciones al proyecto.

Es necesario complementar el proyecto con las recomendaciones hechas en cada apartado y deberá tenerse antes de los procesos de licitación para que durante el proceso de ejecución no haya retrasos ni confusiones innecesarias.

En el proyecto existente, no se encontraron observaciones relevantes que ameriten realizar adecuaciones al mismo.

Se recomienda atender las revisiones solicitadas en cada caso y adicionar a los proyectos, especificaciones particulares y presupuesto base, así como las citas necesarias a la Normativa SCT, Edición 2004.

Conclusiones.

La localización geométrica del trazo y demás características del proyecto son adecuadas a lo establecido en Los Planes Estatales y Municipales de Desarrollo, así como a los lineamientos y Normativas del Sector Comunicaciones y Transportes y no afectan zonas naturales protegidas o habitacionales, sin embargo si afecta algunas zonas productivas por lo que fue necesario que los ejidatarios afectados realizaran negociaciones con la SCT para ceder los derechos del área de trazo y su derecho de vía, sin embargo será necesario obtener los acuerdos por escrito y debidamente legalizados, bajo este esquema el Derecho de Vía no representa problema.

Los trabajos de ingeniería básica, estudios de campo y laboratorio, diseños, proyectos y especificaciones particulares y complementarias garantizan la ejecución de una buena obra y de ser necesario hacer las correcciones marcadas en cada caso en particular.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por medio del Centro SCT Nayarit podrá licitar la supervisión de las obras, para ejecutar principalmente labores de supervisión oportuna, corresponsable, continua y permanente, así como seguimiento y controles de calidad, acabados, presupuesto, programa, seguridad e impacto ambiental de los trabajos de construcción. Mediante la participación de la empresa de Supervisión, podrán cubrirse otras actividades como el cierre de los trabajos, actualización y entrega de planos archivos, etc.

Los proyectos no se encuentran completos, para la ejecución de los trabajos de terracerías, obras de drenaje, obras complementarias de drenaje, pavimentos, señalamientos y obras diversas, sin embargo, la información entregada en su mayoría cumple con la calidad necesaria y la Normatividad establecida.

La ejecución de la obra incrementa la seguridad y la comodidad de usuarios y vehículos, así como el desarrollo de la zona.

Las características y cantidades de obra a ejecutar son lo suficientemente atractivas para motivar el interés de las constructoras idóneas para el tipo y magnitud de estos trabajos, por lo que se espera la participación abundante de empresas en los procesos de licitación, aumentando una competencia sana que garantice los resultados favorables en cuanto a ejecución. Los plazos establecidos para los trabajos se deben cumplir de acuerdo a las estrategias planeadas.

La empresa de Supervisión en coordinación con el personal de la dependencia, facilitará a que la obra sea ejecutada con calidad, de acuerdo a los costos y programa de trabajo establecidos en los documentos contractuales.

Dictamen de factibilidad técnica.

Por las razones anteriormente expuestas el dictamen de Factibilidad Técnica es Favorable.

DICTAMEN GENERAL.

El dictamen general es favorable para la construcción de la obra, esta opinión es por parte de SCALA, que es la empresa contratada para tal efecto.

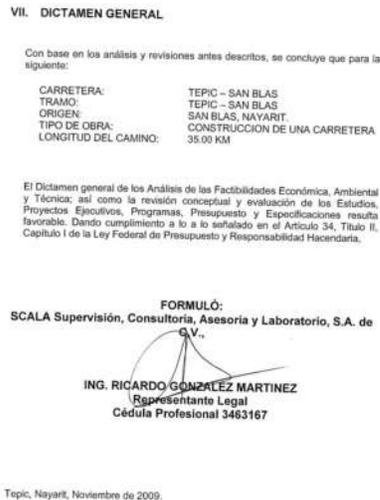


Imagen. 6 Dictamen general del proyecto.

ELECCIÓN DE TIPO DE PUENTE Y ANTECEDENTES DEL SISTEMA DOBLE VOLADIZO.

Elección de tipo de puente.

En la actualidad existen diferentes tipos de puentes que pueden cumplir con la misma finalidad, aunque cada uno presenta algunas ventajas en el desempeño o en los procedimientos constructivos, cada uno tendrá oportunidad de ser aplicado en función del claro, la carga viva, los materiales disponibles, los equipos de construcción, los gálibos necesarios, o simplemente de la inventiva del Ingeniero y de los requisitos estéticos que desee cumplir. Con el paso de los años el puente no sólo se considera un elemento funcional sino también un elemento artístico de una ciudad, y sin duda un signo de poder e influencia respecto a otras ciudades.

Los distintos elementos estructurales, la forma en que se concibe que vaya a trabajar la estructura y el procedimiento constructivo, dan como resultado la agrupación de puentes en conjuntos claramente tipificados están por ejemplo los puentes de vigas rectangulares, puentes de vigas postensadas, puentes de losa maciza, puentes de losa nervurada, puentes en arco, puentes en sección cajón, puentes atirantados, puentes colgantes, entre otros. Cada uno de ellos presenta una complejidad distinta durante su etapa de proyecto y durante su etapa constructiva, lo cual lo diferencia de cualquier otra tipología.

La elección del tipo de puente que se pretenda proyectar está en función de su longitud, ya que de un menor número de claros dependerá un menor costo, y a su vez claros más grandes resultará en un menor número de pilas, ahora bien tener un menor número de pilas podrá ser o no una ventaja en función a la cimentación y a la altura de la estructura, es decir si hay columnas de gran altura (mayores a 80 m) seguramente nos conviene tener las menos posibles para hacer más eficiente tanto inversión como la construcción.

A continuación, se presenta una tabla que, a partir de ciertos parámetros, podemos obtener un indicativo de que tipo de superestructura que debemos de proponer, aunque cabe mencionar en este punto que son consideraciones generales y habrá que estudiar cada caso en particular.

Longitud de Claro Vs. Tipo de Puente.

TIPO DE PUENTE/LONGITUD DE CLARO	5	10	13	15	20	25	30	35	40	50	60	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	
Colgantes																						
Atirantados																						
Arcos																						
Cajón Sección Variable																						
Cajón Sección Constante																						
Losas Aligeradas SV																						
Losas Aligeradas SC																						
Losas Nervadas																						
Vigas																						
Bóvedas																						
Pórticos																						
Marcos																						
Rango de posible utilización																						
Rango Óptimo																						

Tabla 3. Longitud de claro contra el tipo de Puente

El Puente Barranca del Diablo es un puente del tipo cajón sección variable, el claro central del puente es de 114.82 metros, lo cual se ajusta al rango recomendado en la tabla 3 que menciona con un rango de claros de 60 a 200 metros, que se recomienda en la tabla 3 como rango óptimo.

Longitud de Claro Vs. Sistema Constructivo.

SISTEMA CONSTRUCTIVO/LONGITUD DE CLARO	5	10	13	15	20	25	30	35	40	50	60	80	100	125	150	200	250	300	350	400	
Encofrado Estructural Autoportante																					
Avance por voladizos con atirantamiento																					
Avance por voladizos in situ con carros																					
Avance por voladizos con dovelas prefabricadas y viga de lanzamiento																					
Empujado																					
Tramos sucesivos con cimbra autoportante																					
Cimbra convencional																					
Montaje con grúa																					
Vigas de lanzamiento																					
Izado																					
Ripados																					
Hincado																					
Encofrado Túnel																					
Rango de posible utilización																					
Rango Óptimo																					

Tabla 4. Longitud de claro contra el Sistema Constructivo.

Ahora bien, en cuanto al sistema constructivo el Puente Barranca del Diablo es un Puente del tipo Doble voladizo con dovelas construidas in situ con carros de colado, con el claro central que se ajusta al intervalo de 100 a 200 metros que recomienda para el rango óptimo.

Antecedentes del sistema constructivo en doble voladizo.

El termino de construcción de Puentes en Doble Voladizo, se refiere al sistema constructivo de la superestructura compuesta por una viga de sección cajón la cual se va construyendo con una sucesión de dovelas coladas in situ o prefabricadas, el sistema inicia con la conexión de la superestructura con las columnas, mediante un elemento que recibe el nombre de dovela sobre pila, este elemento es esencial en este sistema, pues esta dovela soportará y dará el espacio suficiente para armar los carros de colado e iniciar con la construcción de las dovelas en doble voladizo.

Para la construcción de la dovela sobre pila o dovela cero es necesario dejar algunas preparaciones en los últimos trepados de la columna para el soporte de la obra falsa que soportará la cimbra para la dovela, estas preparaciones dependerán del sistema que se haya elegido para la construcción de esta dovela, pudiendo ser conos de anclaje para una estructura de línea de Peri o Doka, o como el caso del Barranca del Diablo, donde se diseñó una obra falsa a base de perfiles metálicos, por lo que dejamos un sistema de placas y viguetas I ahogadas en los últimos colados, para de ahí soldar la obra falsa.

Por lo general, esta dovela sobre pila se va construyendo por etapas, generalmente en tres: losa inferior, muros laterales e interiores y losa superior, cabe señalar que la etapa más compleja es la losa superior, ya que en esta etapa habrá que tener un apuntalamiento para sostener los volados de la losa superior, el cual estará soportado en la obra falsa.

En la losa superior se tienen que dejar los ductos de presfuerzo, tanto para la construcción como para la etapa de servicio, además habrá que dejarse los pasos necesarios para los sistemas de fijación de los carros de colado, y como en el caso del puente barranca del diablo, el presfuerzo transversal.

Una vez colada la dovela sobre pila, la siguiente etapa es la del armado de los carros de colado, para esta actividad, previamente se deberá haber definido que carro se usará y quien lo rentará o venderá, ya que hay que hacer una revisión de la interacción con la estructura en todas las etapas de colado de dovelas, para ir adaptando la geometría de la cimbra de las dovelas a las del proyecto.

Después de que se arman los carros de colado se procede a la nivelación de las plataformas de acuerdo con el procedimiento de control geométrico el cual es un proceso de verificación de puntos de control para revisar las deformaciones o desplazamientos de la estructura por la interacción de las cargas transmitidas por el carro de colado, el peso de los materiales y equipo colocados en ellos, así como la reacción de la aplicación del presfuerzo y la consecuente recuperación de las deformaciones de la estructura ante esta acción, esto se hace para ir verificando en cada colado de dovela se cumpla con la deformación de proyecto y así al llegar a la dovela de cierre, lleguen los dos voladizos a la misma cota, pues de lo contrario podría

correrse el riesgo de llegar a la dovela de cierre con un diferencial en la cota de la rasante, dando origen a un escalón en la superestructura, lo cual nos impediría realizar un cierre de acuerdo al proyecto, en el caso de que se presentaran diferencias en el control geométrico estaríamos en la posibilidad de corregir dichas diferencias y recuperar las deformaciones hasta llegar a las de proyecto.

Este control geométrico es necesario, ya que la cinemática de la estructura es muy sensible, se comporta de acuerdo a diversos factores como son temperatura ambiente, viento, características del concreto, acero de refuerzo y acero de presfuerzo como son la resistencia y el módulo de elasticidad, así como también la aplicación de la fuerza de tensión del presfuerzo y la interacción de los cables de presfuerzo con los ductos, trayectorias y sistemas de anclaje, por lo que cualquier variación en las condiciones planteadas en el proyecto afectan la forma en la que reacciona la estructura al avance en la construcción de las dovelas.

En general después de construida la dovela de inicio y ya con los carros montados, se procede a construir las dovelas en voladizo, las cuales después de nivelar las plataformas del carro se procede a colocar el acero de refuerzo y cerrar la cimbra de los muros interiores de la sección cajón, se realiza una nueva renivelación de los carros para que el colado quede de acuerdo a los niveles de proyecto, después de esto se realiza el colado de la dovela y se le da el tiempo de fraguado, una vez que ha transcurrido el tiempo en el cual el concreto toma el 80% de la resistencia de proyecto, la cual se verifica mediante un ensaye de cilindros a la compresión tomados en la etapa de colado, una vez que se ha alcanzado la resistencia aprobada en proyecto, es posible aplicarle la carga a los cables de presfuerzo, para después liberar los carros y poder avanzarlos a la siguiente dovela, realizando un levantamiento de las cotas de la dovela antes y después del avance del carro de colado, iniciando así un nuevo ciclo a la siguiente dovela.

Simultáneamente hay que construir la dovela de orilla, esta se ubica en los estribos y es una dovela que generalmente se construye con cimbra común y apuntalamiento provisional la dovela de orilla tendrá una sección la cual se ajustará a las dovelas en voladizo que vienen de la pila, donde también se construye una dovela de cierre con la dovela de orilla.

Una vez que se han construido todas las dovelas en doble voladizo y las dovelas de orilla queda solo por realizar los cierres, ya que esta dovela de cierre con lleva a rigidizar la estructura y llevarla de dos voladizos a un marco rígido, el cual se comportará muy diferente a la etapa constructiva anterior. Las dovelas de cierre regularmente se cuelan usando parcialmente los carros de colado, ya que se deberá desmontar parte de la estructura y complementarla con algunos perfiles metálicos.

Una vez que se han realizado los cierres respectivos se procede a colocar el presfuerzo de servicio o de continuidad lo cual implica "coser" toda la estructura, desde un apoyo hasta el otro, pasando por cada dovela sobre pila y tensando contra esta dicho presfuerzo, con esto se le da la continuidad a toda la estructura, una vez que se han aplicado las cargas de tensión a estos cables se procede a colocarles unos dispositivos anti vibratorios, que no es más que sistemas de fijación a la estructura mediante una estructura metálica que impide que se muevan con la vibración que puedan producir las cargas móviles, de viento o sísmicas.

En los estribos se colocaron unos apoyos entre la dovela de orilla y los estribos, los cuales permiten el movimiento en las direcciones (X, Y) en X para los movimientos de dilatación por temperatura, cargas de frenado y sismo y en la coordenada Y, para las cargas de viento y sismo, en el Puente Barranca del Diablo se colocaron unos apoyos Tetrón de 1,200 toneladas de capacidad de carga y un movimiento en X de 35 cm y en Y de 2 cm.

Además de estos Apoyos se colocan juntas que permitan movimientos, de cierta longitud para este proyecto se colocó una junta WP 600 que permite movimientos de 650 mm, aunque cabe aclarar que se colocaron para poder absorber 38 mm de dilatación o contracción.

En México el primer puente construido por el sistema de doble voladizo con dovelas presforzadas coladas en sitio fue el Puente sobre el río Tuxpan en 1957, diseñado por el Ingeniero Modesto Armijo, por este puente México recibió dos premios internacionales, en EUA el reconocimiento del ACI y en España la Fundación Puentes de Alcántara reconoció la obra como la más destacada en el mundo Ibérico en el periodo 1987-1988, el puente tiene claros de 92 metros y es tipo Gerber con articulaciones metálicas al centro de los claros, El concreto se presforzó con barras de acero redondo, y durante la construcción se tuvieron varios problemas por la falta de experiencia en este sistema constructivo, , al grado que la primera dovela en voladizo se requirieron 45 días en tanto que para las ultimas el tiempo se acortó a solo 10 días.

CAPITULO 3.

ANTECEDENTES CONTRACTUALES Y TÉCNICO-ADMINISTRATIVOS.

"Nuestro subconsciente es lo más fijo y permanente que tenemos.

Por eso, como toda forma surge de él, hay algo de constante e invariable en toda la obra de ese mismo creador. Es lo que constituye su estilo, expresión de su personalidad".

Eugène Freyssinet.

Objetivo específico

Exponer las generalidades del proyecto carretero al que pertenece la estructura, así como las características generales del Puente Barranca del Diablo, describiremos la como se elige el tipo de puente, así como los procedimientos constructivos para ejecución de Puentes por el sistema de Doble Voladizo.

Conocer de los antecedentes a la construcción, como son en las etapas de licitación, adjudicación y contratación del proyecto con la dependencia.

Describir las funciones desarrolladas en la construcción de la obra, así como en las actividades durante el proceso constructivo, como son planeación, programación, coordinación y ejecución de los trabajos, así como el control y verificación de los muestreos y estudios de calidad de todos los materiales empleados y los trabajos ejecutados, las medidas implementadas para la seguridad y protección del personal, así como las implementadas para la mitigación del impacto ambiental, de acuerdo a los resolutiveos de la MIA.

Descripción y antecedentes contractuales del proyecto.

El Puente Barranca del diablo pertenece a un corredor comercial que permitirá conectar la Ciudad de Tepic con el Puerto de San Blas, en el Estado de Nayarit, mediante la construcción de 34.9 km de carretera, las características geométricas de esta obedecen a un Autopista tipo A2 de acuerdo con las especificaciones de las normas de servicios técnicos de la SCT, con una velocidad de proyecto de 110 km/h, una pendiente gobernadora del 4% y una pendiente máxima de 6%; el ancho de total de 18.80 m, el ancho de calzada es variable y va de 7.0 m a 10.5 m, para alojar 2 carriles de circulación (uno por sentido) de 3.5 m cada uno y acotamientos de 2.5 m en ambos lados, el proyecto cuenta con un derecho de vía de 60 m. Esta obra permitirá reducir el tiempo de recorrido de 1 hora a solo 30 minutos, con la puesta en operación se tendrán beneficios significativos para los usuarios, lo cual conlleva a una mayor competitividad de la región, al contar con una carretera de altas especificaciones, que evitará el paso por las diferentes localidades, lo que permitirá el movimiento de mercancías y personas de manera eficiente para atender la demanda por el desarrollo turístico de La Riviera Nayarita impulsado por el Gobierno del Estado.

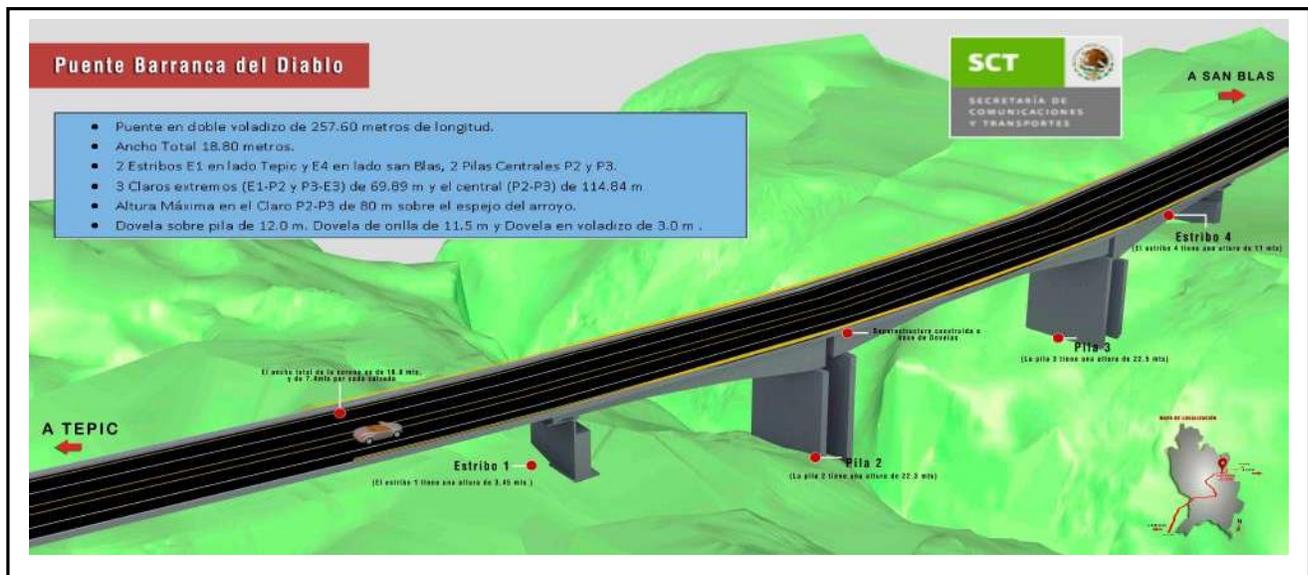


Imagen. 7 Alzado del Puente Barranca del Diablo

El cruce de la Barranca del diablo, cuya altura desde el espejo de agua a la rasante es de aproximadamente 90 m. se solucionó mediante un Puente Especial construido a base del sistema de doble voladizo, mediante el colado de dovelas de concreto presforzado, sistema con el cual es posible construir claros de puentes que salvan claros de 70 a 250 m.

La superestructura del puente, es una viga de sección variable, tipo cajón la cual se construyó a base de dovelas de concreto presforzadas coladas en sitio, el puente tiene una longitud total de 257.60 m, con un ancho de calzada de 18.80 m, cuenta con cuatro apoyos, 2 estribos y 2 pilas intermedias, lo que da lugar a 3 claros, uno central con una longitud de 115.0 y dos extremos de 70.0 m, el puente se desarrolla sobre una curva generada por un segmento circular con un radio de 915.30 m, con una pendiente de entrada de -5.4 % y una pendiente de salida del 6.0 %.

Las Pilas centrales están soportadas por una cimentación a base de zapatas de 12.5 x 11.0 x 2.0 m, y una altura máxima de 19.0 m. Los estribos están soportados por zapatas de 18.98 x 7.50 x 1.20 m, en el caso del E-1 sobre la zapata se construyó un cabezal de 18.98 x 4.40 x 2.25 m, donde se alojaron 2 bancos de apoyo para colocar 2 apoyos tipo Tetrón unidireccionales GG-24000-1200, así como 2 topes sísmicos laterales y un muro de respaldo, el estribo E-4 se desplanta sobre una zapata de las mismas dimensiones que la del E-1, sobre la cual se construyó un cajón a base de muros perimetrales de concreto armado de 0.80 m de espesor y de 8.53 m de altura, generando un vacío, el cual se relleno con material controlado compactado al 90% proctor, sobre el cual se construyó un cabezal de 18.98 x 7.5 x 1.50 m, donde se colocaron bancos de apoyo, apoyos Tetrón, topes sísmicos y muro respaldos con las mismas características al del E-1.

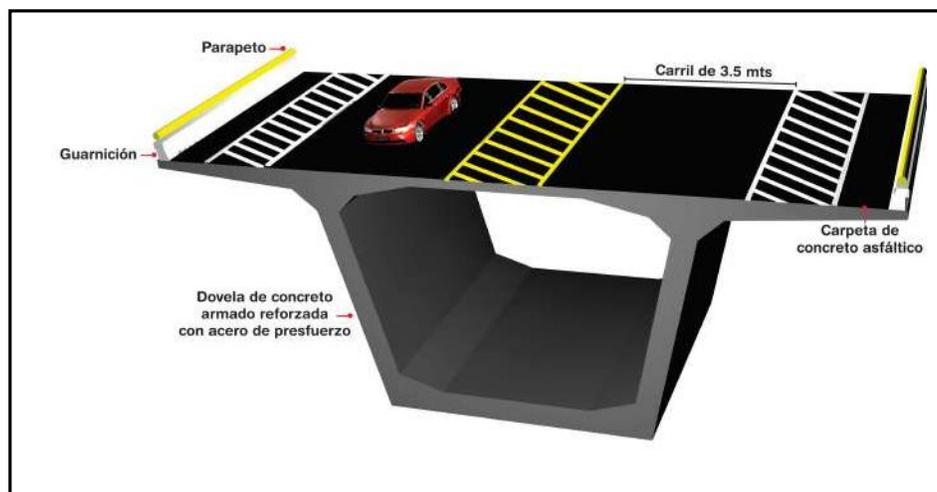


Imagen. 8 Coste transversal de la superestructura.

Plano general.

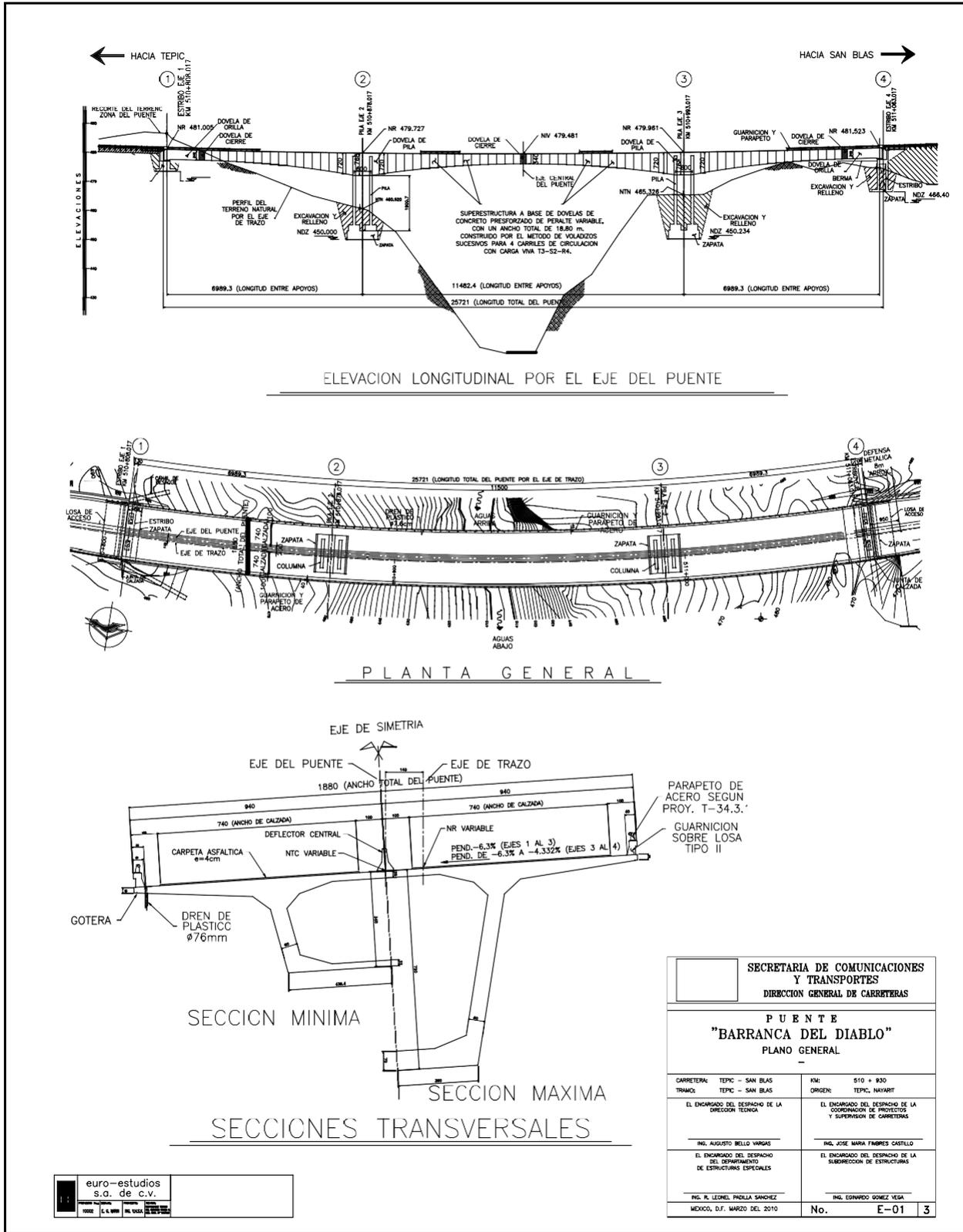


Imagen. 9 Plano General del Proyecto.

Croquis de ubicación.

Puente Barranca del Diablo.

Km. 510 + 930 de La Carretera Tepic - San Blas

En el estado de Nayarit.



Imagen. 10 Croquis de Ubicación del Proyecto.

Licitación, adjudicación y contrato del proyecto.

Para IDINSA el proyecto inició con la publicación en el sistema COMPRANET de la convocatoria a la licitación pública Nacional número: LO-009000999-N236-2011, el día 22 de diciembre de 2015, "Construcción de Entronque a desnivel "Peñitas" ubicado en el Km. 7+400 y Construcción de la estructura y sus accesos del puente "Barranca del diablo" ubicado, en el Km. 510+930 de la Carretera: Tepic-San Blas, en el Estado de Nayarit", La convocante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Carreteras.

En la convocatoria nos informaban entre otras cosas que la junta de aclaraciones sería el día 10 de enero de 2012 a las 10:00 horas, la fecha de la visita de obra sería el día 06 de enero de 2012 a las 10:00 horas, y la fecha de presentación de las propuestas sería el día 17 de enero de 2012 a las 10:00 horas, por lo que procedimos a inscribirnos con lo cual obtuvimos las bases de concurso, y la documentación necesaria para integrar nuestra propuesta.

El día 6 de enero de 2012, acudimos al Centro SCT Nayarit para realizar la visita de obra, a la cual asistimos 7 empresas, nos llevaron al lugar donde se realizaría la obra y nos describieron de forma general el proyecto, y observamos el lugar para tomar en cuenta las características del entorno para poder trasladar esas condicionantes a la propuesta que presentaríamos, en forma general se observaron las condiciones de los caminos de acceso, los

kilometrajes que había que recorrer para llegar a la obra, las distancias de los bancos de materiales para acarreo de materiales pétreos, de materiales para terracerías, y ubicación de los bancos de disposición de desperdicios, los lugares donde pudiéramos instalar oficinas de campo, almacenes, patios de habilitado, talleres fabricación de estructura metálica, caminos de acceso a los apoyos de la estructura, y lugares para la instalación de las grúas torre, así mismo nos dimos a la tarea de realizar un estudio de mercado para ver de qué proveedores nos podríamos ayudar para la compra y suministro de materiales, renta de maquinaria y subcontratación de algunos trabajos específicos, como son: compra de base y sub base, colocación de carpeta asfáltica, suministro de concreto hidráulico, siembra de tepes y árboles, supervisión y control de impacto ambiental, fotografía aérea, entre otros.

De acuerdo a lo programado el día 17 de enero de 2012, se realizó la entrega de propuestas, donde se presentaron 13 empresas.

La siguiente etapa, era el análisis de las propuestas, y el posterior fallo por parte de la SCT, así el día 01 de febrero de 2012, en el acto de adjudicación de la obra, el Ing. José Victorino Agüero González, Director de contratación, en representación del Ing. Clemente Poon Hung, Director General de Carreteras, actuando a nombre de la SCT y en conocimiento de la SFP, nos informan que una vez analizadas y evaluadas cuantitativa y cualitativamente las propuestas recibidas y considerando aquellas que resultaron solventes y elegibles, conforme a los criterios de evaluación establecidos en las bases, resultó que la proposición que reunió los requisitos legales, técnicos y económicos solicitados por la convocante y obtuvo el mayor puntaje y por ende es considerada como la adjudicataria, es la presentada por IMPULSORA DE DESARROLLO INTEGRAL, S.A. DE C.V. y por lo tanto se le adjudica el contrato correspondiente a la licitación referida, con un monto de \$131'023,899.23 incluido el IVA, monto que garantiza satisfactoriamente el cumplimiento del contrato y la ejecución de los trabajos. (sic)

El día 15 de febrero de 2012 se firma el contrato con el Centro SCT 17 Nayarit, Dirección General de Carreteras, previa entrega de las Fianza de Anticipo equivalente al 30% y la Fianza de Cumplimiento, equivalente al 20% del monto del contrato, cuyos montos se mencionarán posteriormente.

Datos Generales del Contrato:

No. de Contrato 2-R-CE-A-513-W-0-2

Obra: " Construcción de Entronque a Desnivel "Peñitas", Ubicado en el Km. 7+400 y Construcción de la Estructura y sus Accesos al Puente "Barraca del Diablo" Ubicado en el Km. 510+930.

Ubicación: Carretera Tepic-San Blas, Km 7+400 y Km 510+930, en el Estado de Nayarit"

Contratista: Impulsora de Desarrollo Integral, S.A. de C.V.

Autorización Secretaría de Hacienda y Crédito Público, mediante Oficio No. 5.SC.OLL.12-007, Fechado el 24 de enero de 2012.

Financiamiento: Recursos Fiscales.

Concurso No. LO-009000999-N236-2011.

Fecha de Adjudicación: 01 de febrero de 2012.

Monto: \$ 112'951,637.27 sin IVA.

Fecha Plazo: 16 de febrero de 2012 al 14 de noviembre del 2012 (273 días naturales).

Anticipo: \$ 33'885,491.18 sin IVA.

Donde nos solicitan las siguientes Garantías:

Fianza de Anticipo del 30% equivalente a \$ 33'885,491.18

Fianza de Cumplimiento del 20% equivalente a \$ 22'590,327.45

Fianza de Vicios Ocultos del 10% equivalente a \$ 11'295,163.73

Convenios Modificatorios al Contrato.

Se autorizaron en el transcurso de la obra los siguientes Convenios Modificatorios:

1) Con fecha 28 de febrero de 2012 se formula el Convenio No. 2-R-CE-A-513-W-1-2, con un monto de \$ 112'951,637.27 sin IVA. por motivo del atraso en la entrega del anticipo, mediante el cual se pactó la modificación al plazo en 14 días naturales, quedando con un periodo de ejecución del 29 de febrero de 2012 al 27 de noviembre de 2012 (273 días naturales)

2) Con fecha 22 de noviembre de 2012 se celebró el convenio modificadorio al plazo No. 2-R-CE-A-513-W-2-2 motivado por las adecuaciones al proyecto y por el pago tardío de estimaciones en los trabajos ejecutados, con lo cual se difiere en 67 días el plazo de ejecución, quedando como nueva fecha de término el 2 de febrero de 2013.

3) Con fecha 26 de noviembre de 2012 la Dirección General del Centro SCT Nayarit la necesidad de reducir el monto de la asignación otorgada al contrato mediante el Convenio No.2-R-CE-A-513-W-3-2 mediante el cual se pactó la reducción al monto por razones de carácter presupuestal en la cantidad de -\$ 52'022,429.50, resultando un nuevo importe de asignación de \$ 60'929,207.77 por lo anterior quedan los periodos de ejecución del 29 de febrero de 2012 al 30 de septiembre de 2012 (162 días naturales).

4) Con fecha 11 de enero de 2013 se celebró el reinicio de obra mediante el Convenio No. 2-R-CE-A-513-W-A-3 otorgándose una asignación de \$ 52'022,429.50 con un periodo de ejecución del 12 de enero de 2013 al 4 de mayo de 2013 (111 días naturales).

5) Con fecha 20 de febrero de 2013 se celebró el Convenio No.2-R-CE-A-513-W-4-3 modificadorio al plazo de obra, motivado por la ejecución de cantidades adicionales de obra en conceptos dentro del catálogo original, así como de conceptos extraordinarios en el cual se pactó el incremento al plazo de 57 días naturales lo que representa el 20.88% del plazo original, quedando como fecha de terminación del 30 de junio de 2013.

6) Con Fecha 28 de Junio de 2013 se celebró el Convenio No.2-R-CE-A-513-W-5-3 adicional al plazo, motivado por las adecuaciones aceptadas para la transición del Puente Barranca del Diablo, se tuvo la necesidad de formular dicho convenio para ejecutar las cantidades adicionales de los conceptos incluidos en el catálogo original, para la correcta ejecución y conclusión de los trabajos se amplía el plazo en 123 días naturales que representan el 45% con fecha de terminación de los trabajos al 31 de octubre de 2013.

Normativa y bitácora.

El contrato en su primera Clausula Objeto del Contrato dice: "La Dependencia encomienda a El Contratista la realización de una obra consistente en la " Construcción de Entronque a Desnivel "Peñitas", Ubicado en el Km. 7+400 y Construcción de la Estructura y sus Accesos al Puente "Barraca del Diablo" Ubicado en el Km. 510+930, Carretera Tepic-San Blas, Km 7+400 y Km 510+930, en el Estado de Nayarit" y este se obliga a realizarla hasta su total terminación, acatando para ello lo establecido por los diversos ordenamientos y normas señalados en la declaración II.8 (En caso de persona física será la declaración II.6) del apartado de declaraciones de "El Contratista", apegándose de igual modo a los programas autorizados, presupuestos, proyectos, planos y especificaciones generales y particulares, así como a las normas de construcción vigentes en el lugar donde deban realizarse los trabajos, mismos que se tienen por reproducidos como parte integrante de esta cláusula".

"Los programas autorizados, presupuestos, proyectos, planos y especificaciones a que se alude en esta cláusula, debidamente firmados por los otorgantes, como anexos, pasarán a formar parte integrante del presente instrumento".

"Queda entendido por las partes que la bitácora que se genere con motivo de la realización de los trabajos materia de este contrato, formará parte del mismo y su uso será obligatorio. De igual forma, queda pactado que el acta administrativa a que alude el artículo 172 del Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, y que se genere con motivo de la realización de los trabajos materia de este instrumento, pasará a formar parte integrante del mismo".

En cuanto a la normatividad aplicable la cláusula II, inciso 8 (II.8) menciona lo siguiente "Conoce el contenido y los requisitos que establecen la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y su Reglamento; las Normas para la Construcción e Instalaciones y de la Calidad de los Materiales; así como las demás normas que regulan la ejecución de los trabajos, incluyendo las especificaciones generales y particulares de la obra objeto de este contrato y, en general, toda la información requerida para la obra materia del contrato".

En cuanto a las Especificaciones Generales las bases refieren " Regirá la última edición vigente de la normativa para la infraestructura del transporte, mediante la aplicación de normas, manuales y prácticas recomendables, en particular lo relativo a los libros LEG Legislación, CTR Construcción, tema CAR carreteras Título 02 Estructuras, Capítulos 003 Concreto Hidráulico, 004 Acero para Concreto Hidráulico, 005 Acero Estructural y Elementos Metálicos, 008 Estructuras de Acero, 012 Recubrimiento con Pintura y 013 Demoliciones y Desmantelamientos y 07 Señalamiento y Dispositivos de Seguridad Capítulo 016 Señalamiento y Dispositivos para protección en obras, CVS conservación tema CAR carreteras título 05 Señalamiento y Dispositivos de Seguridad Capitulo 011 Instalación de Señalamiento y Dispositivos para protección en obras de conservación y en general todas las que apliquen en la ejecución de este proyecto".

Las especificaciones particulares a las que se refiere la cláusula II.8 se entregaron como anexos a las bases, además de las especificaciones contenidas en los planos del proyecto, así como los boletines emitidos por la supervisión, proyectistas o la misma Secretaría.

Control de calidad.

En las especificaciones particulares esta la EP 010 Obligación del contratista para el control de la obra ejecutada y para mantener la continuidad de la obra.

Esta especificación la define la propia EP 010 como:

B.1. El control de calidad durante la construcción o la conservación de las obras, es el conjunto de actividades que permiten evaluar las propiedades inherentes a un concepto de obra y sus acabados, así como a los materiales y equipos de instalación permanente que se utilicen en su ejecución, comparándolas con las especificadas en el proyecto, para decidir la aceptación, rechazo o corrección del concepto y determinar si el proceso de producción o el procedimiento de construcción se está realizando correctamente o debe ser corregido. Dichas actividades comprenden principalmente el muestreo, las pruebas de campo y laboratorio, así como los análisis estadísticos de sus resultados, entre otras. Si la construcción o conservación se ejecuta por contrato, el control de calidad es responsabilidad exclusiva del Contratista de Obra, como se establece en el Inciso D.4.5. de la Norma N-LEG-3, Ejecución de Obras o, si se ejecuta por administración directa, del Residente.

B.2. La verificación de calidad durante la construcción o la conservación es el conjunto de actividades que permiten corroborar que los conceptos de obra cumplen con las especificaciones del proyecto. Ratificar la aceptación, rechazo o corrección de cada uno, y comprobar el cumplimiento del programa detallado de control de calidad. Dichas actividades comprenden principalmente el muestreo y las pruebas que se señalan en el Inciso D.2.24. de la Norma N-LEG-4, Ejecución de Supervisión de Obras, así como los análisis estadísticos de sus resultados junto con los de control de calidad, conforme a lo indicado en el Inciso D.2.25 de la misma Norma. Si la construcción o conservación se ejecuta por contrato, la verificación de calidad es responsabilidad del Residente o, en su caso, del Contratista de Supervisión. Cuando la obra se ejecute por administración directa, estas actividades las realizará una organización independiente de la que ejecute el control de calidad dentro de la propia Secretaría.

Adicionalmente de las Normas arriba citadas, y del control de calidad que lleva la Secretaría por medio de la Supervisión externa, la contratista llevó un control de calidad con el laboratorio externo INFRAVIT, certificado por el Departamento de Servicios Técnicos del Centro SCT Nayarit, el cual se certificó para cuatro especialidades Concreto, Acero, Terracerías y Pavimentos, para el control de Calidad nos apegaremos a la Normativa para la Infraestructura del Transporte NIT- SCT, de acuerdo a los Libros "*Control y Aseguramiento de Calidad (CAL)*", "*Características de los Materiales (CMT)*" y "*Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales (MMP)*", de los cuales se observaron las normas abajo enlistadas, las cuales corresponden a los materiales que se utilizaron en la construcción del Puente.

En la siguiente Tabla se relaciona la Normativa arriba mencionada, que se utilizó como referencia en la construcción de nuestra Estructura, la parte de Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales (MMP) la cual la utilizó nuestro laboratorio acreditado por Servicios Técnicos, se deja al margen de este trabajo, para que el lector busque en la página normativas.imt.mx el libro para su estudio y referencia.

NORMARIVA PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE NIT-SCT		
PARTE	Descripción	NORMA
LIBRO	CAL. CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	
PARTE	1. CONTROL DE CALIDAD	
TITULO	01. Ejecución del Control de Calidad Durante la Construcción o Conservación.	N-CAL-1-01/05
PARTE	2. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	
TITULO	05. Calificación y Acreditación de los Laboratorios.	
CAPITULO	001. Aprobación de los Laboratorios.	N-CAL-2-05-001/05
LIBRO	CMT. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES	
PARTE	1. MATERIALES PARA TERRACERIAS	
TITULO	01. Materiales para Terraplén.	N-CMT-1-01/02
TITULO	02. Materiales para Subrasante.	N-CMT-1-02/02
TITULO	03. Materiales para Subyacente.	N-CMT-1-03/02
PARTE	2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS	
TITULO	01. Materiales para Mamposterías.	
CAPITULO	003. Fragmentos de Roca.	N-CMT-2-01-003/02
CAPITULO	004. Morteros.	N-CMT-2-01-004/02
TITULO	02. Materiales para Concreto Hidráulico.	
CAPITULO	001. Calidad del Cemento Portland.	N-CMT-2-02-001/02
CAPITULO	002. Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico.	N-CMT-2-02-002/02
CAPITULO	003. Calidad del Agua para Concreto Hidráulico.	N-CMT-2-02-003/02
CAPITULO	004. Calidad de Aditivos Químicos para Concreto Hidráulico.	N-CMT-2-02-004/02
CAPITULO	005. Calidad del Concreto Hidráulico.	N-CMT-2-02-005/02
CAPITULO	006. Calidad de Membranas de Curado para Concreto Hidráulico.	N-CMT-2-02-006/02
TITULO	03. Acero y Productos de Acero.	
CAPITULO	001. Acero de Refuerzo para Concreto Hidráulico	N-CMT-2-03-001/04
CAPITULO	002. Acero de Presfuerzo para Concreto Hidráulico	N-CMT-2-03-002/04
CAPITULO	003. Acero Estructural.	N-CMT-2-03-003/04
TITULO	04. Soldadura.	
CAPITULO	001. Soldadura de Arco Eléctrico	N-CMT-2-04-001/04
TITULO	07. Pintura para Recubrimiento de Estructuras.	N-CMT-2-07/04
TITULO	08. Placas y Apoyos Integrales de Neopreno.	N-CMT-2-08/04
TITULO	09. Apoyos Especiales para Puente.	N-CMT-2-09/04
PARTE	4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS.	
TITULO	02. Materiales para Subbases y Bases.	
CAPITULO	001. Materiales para Subbase.	N-CMT-4-02-001/11
CAPITULO	002. Materiales para Bases Hidráulicas.	N-CMT-4-02-002/11
CAPITULO	004. Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas	N-CMT-4-02-004/11
TITULO	05. Materiales Asfálticos Aditivos y Mezclas.	
CAPITULO	001. Calidad de los Materiales Asfálticos.	N-CMT-4-05-001/06
CAPITULO	003. Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras.	N-CMT-4-05-003/06
CAPITULO	004. Calidad de Materiales Asfálticos Grado PG.	N-CMT-4-05-003/06
PARTE	5. MATERIALES PARA SEÑALAMIENTOS Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.	
TITULO	01. Pinturas.	
CAPITULO	001. Pinturas Para Señalamiento Horizontal.	N-CMT-5-01-001/05
CAPITULO	002. Pinturas Para Señalamiento Vertical.	N-CMT-5-01-002/05
PARTE	5. MATERIALES PARA SEÑALAMIENTOS Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.	
TITULO	02. Acero para Señales y Dispositivos de Seguridad.	
CAPITULO	001. Calidad de las Defensas.	N-CMT-5-02-001/05
CAPITULO	002. Láminas y Estructuras para Señalamiento Vertical.	N-CMT-5-02-002/05
TITULO	03. Materiales Reflejantes	
CAPITULO	001. Calidad de las Películas Reflejantes.	N-CMT-5-03-001/05

Tabla 5. Normativa de referencia para la construcción de la infraestructura del transporte. Parte I

Adicionalmente a los Libros citados líneas arriba, las NIT-SCT tiene un Libro de " *Construcción (CRT)* "; este libro está organizado de acuerdo a los conceptos generales de obra y para cada uno de ellos lo define y clasifica, enlista los materiales que se requieren para la realización del mismo, los equipos requeridos para su ejecución y sus características técnicas, el procedimiento constructivo que se deberá seguir, los criterios de aceptación o rechazo, medición, base de pago, estimación y pago y la recepción de la obra. Como podemos ver este Libro es de suma importancia ya que adicionalmente a la descripción del concepto, esta parte de la Normativa se refiere a los alcances de obra, por lo que para cualquier duda que se tenga en el alcance estas nos servirán para dirimir las dudas.

Para el diseño y construcción de Puentes en México y por la influencia que tenemos de los EUA, tanto en la Normativa NIT-SCT en su Libro de " *Proyecto (PRY)* ", en los Reglamentos de Construcción y en las Normas Técnicas Complementarias, es aceptado usar la Normativa AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, tanto para diseño como para construcción, por lo que para algunas cuestiones técnicas en el doble voladizo y en especial del presfuerzo nos fue de utilidad para llevar una buena práctica de construcción.

NORMARIVA PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE NIT-SCT		
PARTE	Descripción	NORMA
LIBRO	CTR. CONSTRUCCIÓN	
TEMA	CAR. CARRETERAS	
PARTE	1. CONCEPTOS DE OBRA	
TITULO	01. Terracerías.	
CAPITULO	001. Desmontes.	N-CTR-CAR-1-01-001/11
CAPITULO	002. Despalmes.	N-CTR-CAR-1-01-002/11
CAPITULO	003. Cortes.	N-CTR-CAR-1-01-003/11
CAPITULO	004. Escalones de Liga.	N-CTR-CAR-1-01-004/11
CAPITULO	006. Afinamiento.	N-CTR-CAR-1-01-006/11
CAPITULO	007. Excavación para Estructuras.	N-CTR-CAR-1-01-007/11
CAPITULO	008. Bancos.	N-CTR-CAR-1-01-008/11
CAPITULO	009. Terraplenes	N-CTR-CAR-1-01-009/11
CAPITULO	011. Rellenos	N-CTR-CAR-1-01-011/11
CAPITULO	013. Acarreos	N-CTR-CAR-1-01-013/11
CAPITULO	014. Abatimiento de taludes	N-CTR-CAR-1-01-014/11
CAPITULO	015. Bermas.	N-CTR-CAR-1-01-015/11
PARTE	2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS	
TITULO	02. Estructuras.	
CAPITULO	001. Mampostería de Piedra.	N-CTR-CAR-1-02-001/00
CAPITULO	002. Zampeado.	N-CTR-CAR-1-02-002/00
CAPITULO	003. Concreto Hidráulico.	N-CTR-CAR-1-02-003/00
CAPITULO	004. Acero para Concreto Hidráulico.	N-CTR-CAR-1-02-004/02
CAPITULO	005. Acero Estructural y Elementos Metálicos.	N-CTR-CAR-1-02-005/02
CAPITULO	006. Estructuras de Concreto Reforzado.	N-CTR-CAR-1-02-006/02
CAPITULO	006. Estructuras de Concreto Reforzado.	N-CTR-CAR-1-02-006/01
CAPITULO	007. Estructuras de Concreto Presforzado.	N-CTR-CAR-1-02-007/01
CAPITULO	008. Estructuras de Acero.	N-CTR-CAR-1-02-008/01
CAPITULO	009. Parapetos.	N-CTR-CAR-1-02-009/00
CAPITULO	010. Guarniciones y Banquetas.	N-CTR-CAR-1-02-010/00

Tabla 6. Normativa de referencia para la construcción de la infraestructura del transporte. Parte II.

NORMARIVA PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE NIT-SCT		
PARTE	Descripción	NORMA
LIBRO	CTR. CONSTRUCCIÓN	
TITULO	03. Drenaje y Subdrenaje.	
CAPITULO	003. Cunetas.	N-CTR-CAR-1-03-003/00
CAPITULO	004. Contracunetas.	N-CTR-CAR-1-03-004/00
CAPITULO	006. Lavaderos.	N-CTR-CAR-1-03-006/00
CAPITULO	007. Bordillos.	N-CTR-CAR-1-03-007/00
CAPITULO	009. Subdrenes.	N-CTR-CAR-1-03-009/00
CAPITULO	011. Capas drenantes.	N-CTR-CAR-1-03-011/00
TITULO	04. Pavimentos.	
CAPITULO	002. Subbases y Bases.	N-CTR-CAR-1-04-002/11
CAPITULO	003. Capas Estabilizadoras.	N-CTR-CAR-1-04-003/00
CAPITULO	004. Riego de Impregnación.	N-CTR-CAR-1-04-004/00
CAPITULO	004. Riego de Liga.	N-CTR-CAR-1-04-005/00
CAPITULO	006. Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente.	N-CTR-CAR-1-04-006/00
TITULO	07. Señalamientos y dispositivos de seguridad.	
CAPITULO	001. Marcas en el Pavimento.	N-CTR-CAR-1-07-001/00
CAPITULO	005. Señales Verticales Bajas.	N-CTR-CAR-1-07-005/00
CAPITULO	009. Defensas.	N-CTR-CAR-1-07-009/00
CAPITULO	010. Barreras Centrales.	N-CTR-CAR-1-07-010/00
CAPITULO	016. Señalamientos y Dispositivos para Protección de Obras.	N-CTR-CAR-1-07-016/00

Tabla 7. Normativa de referencia para la construcción de la infraestructura del transporte. Parte III.



Imagen. 11 Prueba de revenimiento de concreto.



Imagen. 12 Preparación de cilindros de concreto.



Imagen. 13 Ensayo a tensión de varilla corrugada.



Imagen. 14 Revisión de Temperatura de asfalto.

Protección al medio ambiente y medidas de prevención, control y mitigación al impacto ambiental.

Dentro de las especificaciones particulares se encuentran las referentes a la parte ambiental, para cumplir con los lineamientos del Resolutivo a la MIA presentada por la Secretaría en el cual se mencionan las medidas que deberán tomarse para la prevención, control y mitigación del impacto ambiental, las cuales son:

EP 008.- Protección al ambiente y a los entornos naturales de zonas, monumentos y vestigios, históricos y artísticos.

EP 009.- Supervisión ambiental.

EP 016.- Suministro, seguimiento, inspección, control y vigilancia en el cumplimiento a los términos y condicionantes establecidas en los resolutive de la manifestación de impacto ambiental (modalidad particular); así como del estudio técnico justificativo de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

EP 017.- Reforestación con árboles y/o arbustos del lugar con altura mínima de 1.50 m p.u.o.t.

En la manifestación de impacto ambiental (MIA-R) que se presentó a la DGIRA, se encuentran identificados los potenciales impactos ambientales acumulativos y residuales en que se incurrirá al cambiar el uso de suelo para construir, a partir de la identificación de los impactos ambientales, se realizó la evaluación de los mismos con base en los criterios de magnitud, intensidad, extensión, duración, sinergia, acumulación y naturaleza (benéfico o perjudicial). Derivado de lo anterior fueron identificados los siguientes impactos ambientales:

- a) Pérdida de la vegetación consistente en selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia en 69.7 Ha, del área entre cerros con volumen estimado de 946.42 m³ de r.t.a.
- b) Pérdida de la capa orgánica en 69.7 Ha derivado de las actividades de despalme.
- c) Desplazamiento de fauna y pérdida de hábitats derivado de la remoción de vegetación.
- d) Perdida de la capacidad de infiltración del suelo en 29.33 Ha por la construcción de la carpeta asfáltica.

Los principales impactos acumulativos y residuales identificados para el proyecto son:

- Pérdida de 69.7 Ha con vegetación de selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia que se acumulan a las áreas utilizadas para agricultura.
- Incremento en la fragmentación del ecosistema y pérdida de hábitat por actividades agrícolas, pecuarias y forestales.

De acuerdo al Artículo 13 de la REIA, establece que la MIA-R debe contener las estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales acumulativos y residuales del SAR, las cuales se consideran ambientalmente viables, de llevarse a cabo, toda vez que previenen, controlan, minimizan y/o compensan el nivel de impacto ambiental que fue evaluado y que se pudiera ocasionar por el desarrollo del proyecto, entre las cuales las más relevantes para los impactos ambientales significativos son:

- Construir pasos de Fauna en corredores biológicos ubicados en las principales cañadas por donde atraviesa el proyecto.
- Construcción de un terraplén en una zona de inundación temporal en la cercanía del entronque San Blas - Santa Cruz.

- Reforestación a razón de 5:1 por cada individuo removido.
- Disposición de residuos de cortes en zonas desprovistas de vegetación con pendientes menores al 5%.

El resolutivo emitido por DGIRA, indica que es ambientalmente viable, condicionado al apego y seguimiento de ciertas condicionantes, entre las que destacan y se llevarán a cabo por parte de los constructores:

1. Acciones de protección y conservación de flora silvestre.

- Identificación y censo de las especies de flora silvestre, considerando su importancia biológica, dentro de los tipos de vegetación a las que pertenecen, puedan ser susceptibles de protegerse y conservarse, independientemente de estar enlistadas en la NOM, NOM-059-SEMARNAT-2001.
- En caso de realizar acciones de rescate de vegetación, la justificación de las técnicas seleccionadas para realizar el rescate por especies. En caso de que no sea factible conservar la totalidad del individuo deberá contemplarse el rescate de partes de ellos (frutos, semillas, esquejes, hijuelos), para su posterior desarrollo en vivero y ulterior plantación en las áreas destinadas a la revegetación de la franja del derecho de vía del proyecto.
- Propuesta de las acciones para el albergue temporal y control del número total de los ejemplares que se vayan rescatando y que requieren ser mantenidos bajo cuidado antes de su plantación final.
- Acciones emergentes cuando la sobrevivencia de los ejemplares sea menor al 85% del total de los individuos, con base en los datos obtenidos de los incisos b y d anteriores, considerando un periodo de seguimiento de por lo menos 8 años.
- Calendarización de las actividades a realizar.

2. Acciones de protección y conservación de fauna silvestre.

En adición a lo señalado con anterioridad, la promovente deberá de realizar acciones de protección y conservación de fauna silvestre, especialmente las incluidas en la NOM, NOM-059-SEMARNAT-2001, para dar cumplimiento a lo anterior se deberá de asignar en los diferentes frentes de trabajo a personal capacitado, que en campo rescate a los individuos de fauna presentes en el sitio que pudieran estar en riesgo por las acciones del proyecto y los reubique en áreas previamente seleccionadas bajo criterios técnicos y biológicos.

Los resultados de dichas acciones deberán de registrarse en una bitácora de campo que incluya la descripción de las actividades realizadas, para incorporarse en el informe de cumplimiento.

- Identificación de las especies de fauna que fueron reubicadas.
- Ubicación de las áreas destinadas para la reubicación, especificando los criterios técnicos y biológicos aplicados para su selección.
- Descripción de las técnicas empleadas para realizar el manejo de los individuos de las especies de fauna silvestre rescatados.

Además, con la finalidad de garantizar que la vialidad no se constituya como una barrera para los movimientos de la fauna de desplazamiento terrestre que habitan en el área

de influencia del proyecto, se deberán de realizar acciones de seguimiento o rastreo que demuestren que los movimientos de fauna no están siendo afectados por la operación del proyecto. Al efecto de ser necesario se deberá de considerar la modificación de las obras de drenaje, para que estas funcionen como pasos de fauna, y de ser el caso remitir la información correspondiente de los cambios propuestos a la DGIRA, para que resuelva lo conducente.

Para el cumplimiento de esta condicionante, la promovente deberá de incorporar al informe solicitado en el Termino Octavo del resolutivo, los resultados obtenidos de las acciones de protección y conservación de flora y fauna, acompañados de sus respectivos anexos fotográficos que ponga en evidencia las acciones que para tal efecto se llevarán a cabo.

3. Programa de reforestación.

Presentar a DGIRA un programa de reforestación en el cual se deberá de incluir los siguientes aspectos:

- Localización de las áreas donde se realizará la reforestación.
 - Técnica de preparación del terreno.
 - Distancia de Plantación (trazado), tomando en cuenta las características biológicas de las especies que pretenden utilizarse.
 - Indicar las especies vegetales a utilizar, justificando su inclusión y la proporción en la que serán empleadas, no deberán incluirse especies exóticas, únicamente especies nativas, conforme a la estructura y composición presentes en el sitio.
 - Indicadores de sobrevivencia de ejemplares, considerando la reposición de aquellos individuos que mueran, para mantener la densidad de población originalmente considerada.
 - Calendarización de actividades y acciones a desarrollar.
 - Sistema de monitoreo, mantenimiento y vigilancia de la plantación, que garantice el establecimiento de los ejemplares.
4. Establecer un cerco vivo a lo largo del trazo en ambos linderos del derecho de vía del proyecto con la finalidad de mantener la integridad y funcionalidad de los corredores biológicos, principalmente en las áreas de trazo que mantienen vegetación en mejor estado de conservación.
 5. Presentar ante la DGIRA un programa de protección y restauración de suelos, con el propósito de reducir los riesgos de erosión de la superficie que fue afectada con el cambio de uso de suelo, al efecto se deberán de considerar acciones como terracedos, tinas ciegas, estacados, gaviones, revegetación, etc.
 6. Queda prohibido al promovente:
 - Rebasar la superficie de desmonte y despalme fuera de la "línea de ceros".
 - El aprovechamiento, la colecta, la caza o captura de los ejemplares de flora y fauna silvestre presentes en el sitio del proyecto y sus alrededores.
 - Llevar a cabo acciones de reforestación y revegetación con especies exóticas y/o agresivas que puedan provocar desplazamiento y competencia de poblaciones vegetales nativas, por lo que deberá de plantar especies vegetales acordes a las características de la zona, exclusivamente especies nativas.



Imagen. 15 Ahuyentamiento de fauna.



Imagen. 16 Jaulas para rescate de fauna.



Imagen. 17 Rescate de flora.



Imagen. 18 Reforestación con árboles nativos.



Imagen. 19 Mantenimiento de individuos en vivero.



Imagen. 20 Campañas de concientización ambiental.



Imagen. 21 Labores de Desmonte.



Imagen. 22 Despalme de áreas afectadas.

Forma de pago.

En la Cláusula Sexta del contrato se indica "Las partes convienen en que los trabajos objeto del presente contrato se paguen mediante la formulación de estimaciones mensuales, en el entendido de que tales periodos no podrán exceder de un mes, en términos de lo dispuesto por el artículo 54 de la Ley de Obras Públicas y de Servicios Relacionados con las Mismas, las cuales que se acompañarán de la documentación que acredite la procedencia de su pago, conforme a las previsiones del artículo 132 del Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, las que serán presentadas por EL CONTRATISTA al residente de la obra dentro de los seis días naturales siguientes a la fecha de su corte y serán pagadas por LA DEPENDENCIA por trabajos ejecutados, dentro de un plazo no mayor a 20 días naturales contados a partir de que hayan sido autorizadas por el residente de la obra y que EL CONTRATISTA haya presentado la factura correspondiente debidamente requisitada. EL CONTRATISTA será el único responsable de que la factura que presente para su pago cumpla con los requisitos administrativos y fiscales, por lo que la falta de pago por la omisión de alguno de éstos o por su presentación incorrecta no será motivo para solicitar pago de gastos financieros a que hace referencia el artículo 55 de la LEY. El residente de obra efectuará la revisión y autorización de las estimaciones por trabajos ejecutados, en un plazo que no excederá de quince días naturales contados a partir de la fecha de su presentación. En el supuesto de que surjan diferencias técnicas o numéricas que no puedan ser autorizadas dentro de dicho plazo, éstas se resolverán e incorporarán en la siguiente estimación.

De acuerdo a lo anterior se elaboraron estimaciones mensuales, las cuales incluían los trabajos ejecutados en el periodo comprendido en la estimación, los importes a cobro se obtienen mediante la generación de volúmenes de trabajos ejecutados, estos volúmenes fueron multiplicados por el precio unitario correspondiente a cada actividad, lo cual nos arroja un importe por cada concepto, a la suma de dichos importes corresponderá al total del importe ejecutado.

Ahora bien, lo anterior no quiere decir que sea el importe que vayamos a cobrar, pues el importe de la estimación será afectado, descontando lado por la amortización del anticipo correspondiente al 30 % del importe ejecutado, de la resta anterior hay que agregar el IVA y a este importe sumarle las devoluciones por retenciones y restarle las retenciones, en caso que existan.

CAPITULO 4.

CASO PRACTICO PUENTE BARRANCA DEL DIABLO.

"El hormigón armado no crece como la madera,
no nace de la laminación como el acero,
ni posee juntas como la sillería;
sino que, materia vertida en moldes,
podría compararse con la fundición,
cuyas formas particulares,
nacidas de una larga experiencia,
podrían enseñarnos mucho por su forma de pasar
de uno a otro elemento constructivo
de modo progresivo y continuo,
evitando cualquier quiebro angular.
Es esta visión de conjunto,
integrando las partes en el todo,
la que condiciona la belleza de las formas".

Robert Maillart.

Objetivo Especifico

Conocer las actividades principales en las diversas etapas de construcción del Puente Barranca del Diablo, así como los diferentes controles geométricos y topográficos para las diferentes etapas de construcción, como son Infraestructura, Subestructura y Superestructura, describir en forma general en qué consiste un carro de colado, su izaje, armado y funcionamiento, así como conocer las etapas de la construcción de las cuatro diferentes dovelas de las cuales consta el sistema, dovela sobre pila, dovela en doble voladizo, dovela de orilla y dovela de cierre, describiré en qué consiste el presfuerzo de construcción, el presfuerzo longitudinal y transversal de servicio y los dispositivos antivibratorios, así como las juntas de dilatación y los apoyos tipo tetrón.

Actividades previas al inicio de obra.

Dentro de las actividades que se tuvieron que hacer antes de dar inicio a la obra, se encuentran por un lado las correspondientes al área administrativa, las cuales involucran el establecimiento de una oficina, el darse de alta ante entidades como el IMSS, abrir las cuentas bancarias para el manejo de recursos, establecer contacto con los sindicatos locales para la contratación de mano de obra y acarreos, la contratación de los sistemas de comunicación como son telefonía e internet, aperturas de relaciones comerciales con proveedores y subcontratistas, así como la apertura de la obra en la empresa, esto que involucra la creación de cuentas en los sistemas contables para que las oficinas centrales de IDINSA para que tengan la información de la administración de la obra, así como el inicio de la contratación de la mano de obra para el inicio de los trabajos.

Por otro lado en la parte técnica se requieren de realizar un análisis de la obra tanto para saber qué recursos se requieren, si es que existe la necesidad de subcontratar algunos trabajos y realizar las cotizaciones de los mismos, la renta de equipos especiales, o incluso programar las compras de equipos o insumos que por sus especificaciones no existen en el país y se requiere de tiempo para traerlos a la obra, se requirió hacer un estudio detallado de los tiempos de ejecución de la obra mediante programas detallados, así como la parte de topografía que de inicio tuvo que recibir el trazo y empezó a trabajar con los datos de proyecto para desplantar la obra.

Instalación de oficinas y apertura de la obra.

Para la apertura administrativa de la obra se requirió establecer una oficina en la Ciudad de Tepic, para contar con un domicilio para recibir notificaciones, de las entidades involucradas como son SCT, Gobierno Estatal, IMSS, Infonavit, Hacienda, Sindicatos, STPS, y Subcontratistas.

Una vez que tuvimos domicilio fiscal, el Representante Legal de la Empresa, vino a Tepic a realizar el alta de la obra ante el IMSS, y avisar al estado de que realizaríamos una obra por lo que estaríamos en lo futuro cumpliendo con la obligación tributaria del 2% sobre nómina.

Instalados en una Oficina y ya con registro patronal del IMSS para nuestra obra, procedimos a contratar el equipo Técnico y Administrativo que tendríamos para la realización de este proyecto, basados en un Organigrama que previamente nos autorizó el Ing. José Elizalde Carvajal, Director de Construcción de IDINSA y Jefe Líder de este proyecto.

Planeación, estrategia y programa de ejecución de la obra.

Planeación.

Previo al inicio de la obra fue necesario elaborar una planeación detallada que involucro tanto al área técnica como al área de construcción en la cual se revisaron varios aspectos, como fueron: Realización del programa de ejecución de la obra y la propuesta del procedimiento constructivo, donde se revisaron todas las etapas de construcción, lo cual nos arrojó información para realizar los programas de materiales, mano de obra y equipo, con los que pudimos realizar un programa de flujo financiero, el cual nos fue útil para saber si requeríamos financiamiento externo y en qué etapa de la obra se solicitaría, también nos fue de utilidad para saber la cantidad y especialidad de mano de obra, y maquinaria requeriríamos en cada etapa de la construcción, estos programas que realizamos también nos dieron información acerca de los equipos especiales que se requieran y los periodos por los que los usaríamos como el caso específico de los carros de colado para las dovelas, pues ahí se ratificó que para cumplir con el programa de obra eran necesarios dos carros de colados con operarios, equipos hidráulicos y gatos de tensado independientes, ya que el periodo de construcción de las dovelas en voladizo se traslapaban casi desde el inicio de estos trabajos.

Fue necesario elaborar un layout de nuestra obra donde se representó el proyecto, las condiciones del terreno, los caminos de acceso, los almacenes, talleres, patio de habilitado, grúas torre, plataformas de montaje, oficinas de campo, comedores, servicios sanitarios y todos los equipamientos y servicios que necesitaríamos en el transcurso de la obra, para revisar que no interfirieran entre ellos o con la construcción de la obra.

Para esta etapa fue necesario contar con el proyecto completo y definitivo, lo cual fue solicitado a la dependencia en cuanto nos asignaron la obra y entregado parcialmente un par de semanas después.

Estrategia.

Simultáneamente a la planeación de la obra, se iniciaron los trabajos de campo, la primera actividad involucro al área de topografía la cual recibió el trazo, donde la SCT nos entregó los puntos de control y bancos de nivel, con los cuales procedimos a trazar la estructura de acuerdo a los datos del proyecto, además de realizar un levantamiento del terreno natural dentro del polígono de construcción para comparar y tener los perfiles reales que nos servirán para los posteriores seccionamientos y cobros de excavaciones y movimientos de tierra.

Dentro de la planeación decidimos que algunos de los trabajos por ser especializados serían necesario que fueran realizados por otras empresas por lo que se iniciaron los trámites para contratar a empresas que garantizaran las mejores condiciones para la ejecución de los mismos.

Uno de los trabajos que se subcontrataron fue atendiendo las Especificaciones Particulares "*EP 010 Obligación del contratista para el control de la obra ejecutada y para mantener la continuidad de la obra*" la cual involucra, el muestreo de los materiales utilizados como son acero de refuerzo, presfuerzo, acero estructural, soldaduras, concreto hidráulico, agregados pétreos, material de base y sub base, carpeta asfáltica y materiales para terracerías y rellenos, por lo que tuvimos que contratar un laboratorio de control de calidad que nos llevara esos controles, el proceso de selección inicia solicitando a varias empresas (al menos 3) una cotización para la realización de los trabajos, con lo cual elaboramos un cuadro comparativo, tanto técnico como económico que nos ayude a determinar cuál es la empresa más conveniente para que lleve a cabo los servicios de verificación de calidad, para estos trabajos elegimos a la empresa "*Infraestructura Técnica en Vías Terrestres*" (*INFRAVIT*), ya que contaba con técnicos con amplia experiencia así como un laboratorio de en Tepic, el cual estaba suficientemente equipado para las pruebas que necesitaríamos en nuestra obra, una vez que nos fue presentado el currículum de esta empresa y del personal que estaría en nuestra obra, armamos un expediente y lo presentamos en la Unidad General de Servicios Técnicos de la SCT Nayarit, a cargo del Ing. Eulalio Pérez Alvarado, quien mediante el Dictamen No. NAY/14/12 de fecha 17 de mayo de 2012, nos indica que *INFRAVIT* cuenta con la capacidad técnica necesaria para llevar a cabo los trabajos de control de calidad para nuestra obra.

Una vez que *INFRAVIT* ha sido certificado por la Unidad General de Servicios Técnicos, Procedimos iniciar la contratación de estos servicios con el Área de Subcontratos de IDINSA, con la cual iniciamos haciendo una solicitud para la contratación de los trabajos, mediante el formato correspondiente, en el cual indicamos que tipo de trabajos ejecutará, el tiempo que se requiere, el importe que pagaremos por estos trabajos, así como el importe que IDINSA recuperará vía costo directo o indirecto por estos mismos trabajos, este formato es enviado a nuestras oficinas centrales donde es autorizado en su caso por la dirección de construcción, la de administración y la dirección general, así como por el área de subcontratos, quien se encarga de solicitar al área jurídica el subcontrato correspondiente y recabar la documentación y las firmas de ambas partes y en caso que se requiera las fianzas por anticipo y cumplimiento, una vez contratado, nuestra residencia técnica se encarga de llevar el control del subcontrato, el cual inicia entregándole los formatos para que elabore sus estimaciones, y enviándole al administrador de la obra un escrito indicándole que dicha empresa estará subcontratada para llevar a cabo los trabajos amparados en el contrato, con lo cual se abre una cuenta para integrar el importe de las estimaciones de los trabajos ejecutados en el costo de la obra.

Otro de los aspectos importantes que se deben de atender y fueron subcontratados, de acuerdo a la "*EP 09 Supervisión Ambiental*" la cual de manera general se encarga de llevar un seguimiento, inspección vigilancia y cumplimiento a los términos y condicionantes establecidas en los Resolutivos de la Manifestación de Impacto Ambiental (modalidad particular), así como, el estudio técnico justificativo de cambio de uso de suelo en terrenos forestales de proyecto, cuyos trabajos principales la ejecución de medidas de mitigación de los programas de protección y conservación de Flora Silvestre, así como los de Fauna Silvestre, Limpieza de las áreas a cambio de uso de suelo, monitoreo y seguimiento de la efectividad de pasos de Fauna Silvestre, Ejecución de las acciones del programa de conservación y restauración de suelos, Ejecución del programa de reforestación por la compensación de la superficie forestal, en una superficie de 4 hectáreas de acuerdo al dictamen de la SEMARNAT, Realización de la Bitácora diaria de Impacto Ambiental y cambio de uso de suelo, Responsiva Técnica del prestador de servicios técnico forestales, así como la elaboración de los informes mensuales, semestrales y finales; Para los cuales después de evaluar a varias empresas y realizar los trámites descritos en el párrafo anterior, se subcontrató a la empresa "*Consultores Servicios Técnicos, Forestales*

y Ambientales" (CORAS), para que se hiciera cargo de los trabajos antes mencionados y de acuerdo a la EP 09.

Dentro de las Especificaciones Particulares la *EP 011 Video editado del desarrollo de la obra y la EP 012 Foto Libro en Piel en lienzos impresos en formato 11" x 28" del desarrollo de la obra*, la SCT solicitó dentro de estas especificaciones que se realizaran tomas aéreas y terrestres para integral un video de todo el desarrollo de la obra, así como realizar un libro donde se llevaran diferentes tomas de estas etapas para ver la evolución de la obra, los cuales deberían de ser entregados al final de la misma, estos trabajos fueron subcontratados a la Empresa AXA fotografía, realizando todo el proceso de contratación de trabajos a subcontratistas.

Otros trabajos que se subcontrataron fue lo referente al sistema de presfuerzo y carros de colado, los cuales son trabajos especializados para los cuales requerimos la asistencia técnica y el soporte de una empresa con la experiencia y estándares de calidad como Freyssinet, con la cual contratamos el suministro de 185 toneladas de cable de presfuerzo, el suministro de accesorios para el tensado del mismo, y la renta de equipo para tensado, así como la asesoría de un técnico, también con Freyssinet se contrató la renta de dos carros de colado así como su operación y cimbra de contacto.

En este tipo de puentes es común la utilización de cimbra especializada para las columnas las cuales son una cimbra a base de sistema de trepas, las cuales cuentan con plataformas para trabajo y un sistema de anclajes que hacen muy eficiente el movimiento de las mismas al trepado siguiente, y un sistema de cimbra auto soportable para la dovela sobre pila, la cual se soporta sobre un sistema de ménsulas adosadas a la columna mediante un sistema de anclajes especiales y en el cual se soporta toda la obra falsa para el colado de este elemento.

Como parte de la estrategia para bajar los costos se analizó la posibilidad de utilizar cimbra de madera tradicional para las columnas de las pilas, pues las alturas de estas no rebasaban los 20 metros y no representaban problema en la colocación de la cimbra para las columnas, pues se diseñó un sistema de plataformas las cuales se colocaban y subían de nivel mediante unos conectores que se dejaban previamente en los muros, y la cimbra se fijaba mediante unos pasadores fabricados con varilla, espárragos, tuercas y placas, mediante las cuales se sujetaban ambas caras y se alineaban mediante tirantes de acero. Para la dovela sobre pila, la Empresa Euroestudios nos diseñó una obra falsa a base de viguetas, canalones y perfiles de acero estructuras A-36, las cuales se fabricaron en obra y permitieron tener el soporte y las plataformas necesarias para realizar los trabajos, los cuales se plantearon se realizarían en 3 etapas constructivas, losa de fondo y arranque de muros, muros y losa tapa, este procedimiento estaba propuesto en el proyecto en una sola etapa, por lo cual se tuvo que poner a revisión y consideración del proyectista, el cual lo aprobó para su construcción.

Con la empresa local El Caminero, la cual tiene planta para producción de mezcla asfáltica en la Cd de Tepic, se subcontrató el suministro y colocación de carpeta, asfáltica y riegos de impregnación y liga, ya que por la cercanía a la obra nos ofrecía las mejores condiciones y precios para estos trabajos.

Dentro de los suministros de materiales que necesitábamos realizar la subcontratación de compra se encuentran el suministro de concreto hidráulico y el bombeo del mismo, subcontratando a la empresa Cemex Concretos, la cual tiene una planta de producción de concreto hidráulico con una capacidad de m^3/hr , dos bombas para concreto tipo pluma de 60

metros, así como ollas revolvedoras de 7 m³ de capacidad con las cuales se contempla tener capacidades de suministro de una olla cada 15 minutos para el colado de las zapatas y dovelas.

El suministro de Base y Sub base, el cual fue subcontratado con la empresa Matatipac, de la ciudad de Tepic, la cual tenía una planta de triturados a solo 7 km de la Obra, lo cual fue clave en la contratación de dicha empresa, ya que reducíamos las distancias de acarreos, además de que el material cumplía con la normativa SCT para el tipo de camino de acuerdo a proyecto.

Como ya habíamos comentado fue necesario elaborar la planeación de la obra, la cual involucró elaborar un programa de ejecución detallado, acorde al procedimiento constructivo pues de este dependen los tiempos y recursos que traeríamos a la obra.

En la elaboración del programa se revisan cada una de las etapas de construcción, separando cada una de las actividades y después ensamblándolas en una línea de tiempo, donde se les otorga cierta jerarquía a las actividades, vinculando las antecesoras con las predecesoras y dándoles una holgura, esto se realiza mediante diferentes métodos de análisis como son PERT (Project Evaluation and Review Techniques), Diagrama de Gannt y el Método de la Ruta Crítica (CPM), lo cual nos permitió tener un programa bastante certero en cuanto al tiempo que tardaríamos en construir el Puente, en el momento que ya tuvimos el programa definido pudimos acercarnos a la SCT para decirles que el tiempo asignado a la obra no era el suficiente, pues este tipo de puentes llevan una secuencia de construcción para la superestructura que es muy difícil reducir, ya que involucra una serie de maniobras, ajustes, nivelaciones y tiempos de maduración del concreto que no se pueden reducir más allá de lo que se les presentaba en ese programa, la problemática principal fue que una vez construidas las columnas o pilas hay que construir una dovela sobre pila o dovela cero, sobre la cual se montaran los carros de colado y se dejarían anclajes, diafragmas y ductos para todo el presfuerzo longitudinal, tanto en la etapa constructiva como en la etapa de servicio, por lo que construir esta dovela sobre pila representa un reto en tiempo y construcción, pues se usó una obra falsa para darle el soporte al elemento así como plataformas de trabajo al personal, por lo que esta obra falsa es bastante robusta y se habilitó en la obra con perfiles estructurales, una vez construida la dovela cero otro reto es armar los carros de colado, pues son estructuras metálicas que se van armando y tienen un peso aproximado de 90 toneladas cada una lo cual también consume algunas semanas del programa, una vez que empieza el ciclo de colado de las dovelas en doble voladizo, es un trabajo cíclico, pues se arma el acero de refuerzo, se coloca el concreto hidráulico, se espera a que este tome la resistencia de proyecto, se tensa el presfuerzo longitudinal, se suelta el carro y se avanza a la siguiente posición, se nivela bajando los gatos que permitieron liberar los seguros y barras, una vez asegurado y nivelado el carro, es posible entrar con el acero de refuerzo, cerrar las tapas y volver a colar, dando inicio a un nuevo ciclo.

Como se puede ver en la descripción anterior hay actividades que es muy difícil hacerlas en menor tiempo al que se programó, lo cual nos sirvió de apoyo técnico para la gestión de una ampliación al plazo del contrato.

El Programa de Obra que se presentó a la dependencia fue el programado con fecha de terminación al 30 de marzo de 2013, con 409 días naturales, aumentando en 136 días naturales la ejecución de la obra, por lo que revisarían una posible reprogramación.

Programa de ejecución de obra.



Imagen. 23 programa de Obra. Parte I

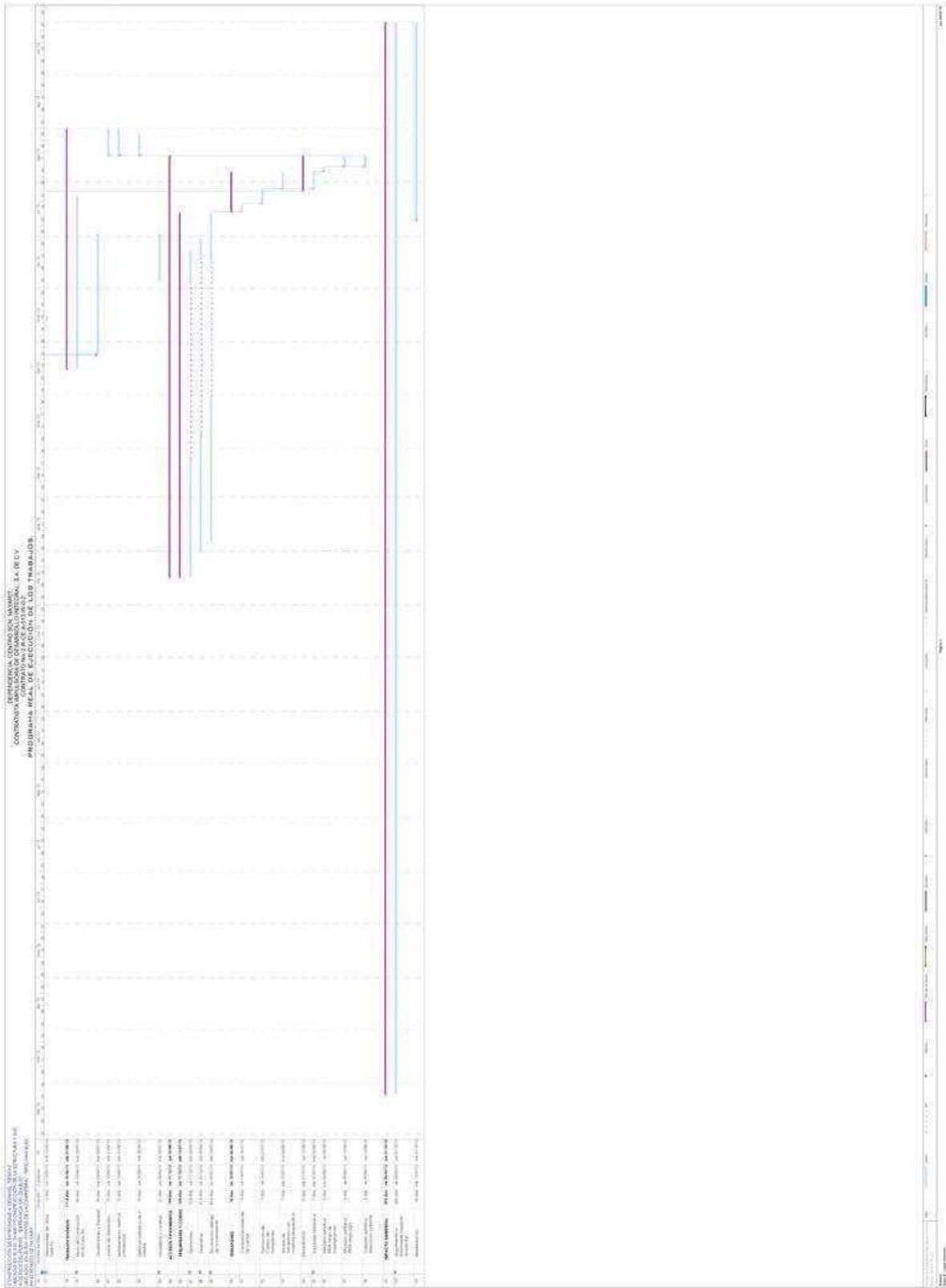


Imagen. 24 Programa de Obra. Parte II.

Construcción del puente barranca del diablo (PBD).

Caminos de Acceso a la obra.

Para el ingreso al sitio de obra, de la ciudad de Tepic, se toma la autopista a Mazatlán 15D, 200 m antes de cruzar la caseta hay un camino de terracería a mano izquierda, el cual lleva al ejido de Pintadeño, este camino de terracería es de aproximadamente 4 metros de ancho, con algunas curvas muy cerradas, pendientes pronunciadas y un deficiente sistema de drenaje, por lo que se tuvo que adecuar, se hicieron trabajos de ampliación de ancho de corona, colocación de revestimiento, construcción de bahías de espera, construcción de alcantarillas tubulares en cauces, y cunetas.



Imagen. 25 Camino de Acceso a la obra.



Imagen. 26 Reconfiguración de curvas y pendientes.

Instalación de Almacenes, patio de habilitado y oficina de obra.

Para hacer más eficientes los trabajos de construcción del puente, se instalaron en un sitio apropiado, con buen drenaje pluvial, y fácil acceso, un almacén de obra, donde se pudieran resguardar los materiales, a pie del almacén se instaló un patio de almacenamiento para el acero de refuerzo y a un lado el taller de habilitado, en el cual se instaló un generador para alimentar las dobladoras y cortadoras con las que habilitábamos el acero, aquí mismo se puso el almacén de acero de presfuerzo y el taller de habilitado de estructura de acero.



Imagen. 27 Instalación de almacenes y patio de habilitado.



Imagen. 28 Área de habilitado de acero.

En esta zona colocamos un comedor de campo, en el cual se instalaron un par de cocinas de la misma gente de obra, la cual ofrecían desayunos y comidas, donde acercábamos al personal con las camionetas de transporte a la hora de la comida. En un lugar más cercano al puente del lado del estribo E1, desde donde teníamos vista del puente, colocamos las oficinas de la obra, donde los ingenieros residentes, la topografía tenían sus oficinas y equipos para consultar el proyecto y hacer trabajo de gabinete, ahí mismo contábamos con una sala de juntas donde se atendían reuniones de evaluación de obra con la residencia SCT y la supervisión. Las oficinas y almacenes estaban provistas de energía eléctrica, sistemas de cómputo e impresión, equipos de radio comunicación y sanitarios para el personal.



Imagen. 29 Área de habilitado de acero.



Imagen. 30 Instalación de oficinas de campo.

Desmontes y despalmes.

Dentro de las actividades previas al inicio de la obra, se tuvieron que ejecutar actividades preliminares como son construcción de caminos de acceso, desmonte, despalme, en las áreas a donde realizaríamos las excavaciones para los apoyos, así mismo se realizaron labores de ahuyentamiento de fauna, y rescates de flora y fauna como lo marca la *EP 016 Suministro, seguimiento, inspección, control y vigilancia en el cumplimiento a los términos y condicionantes establecidas en los resolutive de la MIA.*

Paralelamente nos instalamos en la obra, para lo cual tuvimos que construir almacenes, patios de habilitado, mantenimiento de maquinaria, almacén de acero de refuerzo y un almacén cerrado para el almacenamiento de los rollos de acero de presfuerzo y todos sus accesorios.



Imagen. 31 Despalmes en apoyos 2 y 4.



Imagen. 32 Desmonte en apoyos 2 y 4.

Caminos de construcción.

Para llegar al sitio de obra se tuvieron que adecuar los caminos existentes, los cuales en algunos tramos solo permitían el paso de un vehículo, por lo que se tuvo que ampliar la sección o construir bahías para que se orillaran los vehículos y permitieran el paso de las ollas de concreto, camiones de volteo o tractocamiones con plataforma los cuales trasladaban maquinaria, materiales o concreto.

El Puente Barranca del Diablo, es una estructura que estaba pendiente por construirse, el camino a ambos lados del puente ya se encontraba terminado, por lo que se tenía acceso en los estribos E1 y E4, y solo había que construir caminos de acceso para los apoyos A2 y A3, en el apoyo A2 teníamos una pendiente muy pronunciada, por lo que tomamos la decisión de construir una berma donde se pudiera dejar los materiales lo más cercano posible y de ahí acarrearlos con gente por un camino con una pendiente muy pronunciada donde solo podía bajar la excavadora y gente a pie, esto para no encarecer la construcción de caminos de acceso, ya que se había considerado solo una parte vía indirectos, con respecto al apoyo A3 la pendiente era más favorable y se pudo construir una berma y un camino hasta un lugar cercano al desplante, que nos permitiría llegar con materiales casi al pie del apoyo, lo cual facilitó el acarreo de varillas para la zapata y los disparos de la columna.

En ambos casos desde las bermas construidas se planteó colocar las bombas de concreto para el colado de zapatas y columnas, pues las ollas revolvedoras tendrían acceso solo hasta estas bermas.



Imagen. 33 Construcción de caminos de acceso.

Excavaciones para estructuras.

Para dar inicio a los trabajos en campo y de acuerdo a la estrategia y al programa previamente conciliado con la SCT, se procedió a iniciar las excavaciones para alojar la cimentación. El puente cuenta con cuatro apoyos, dos estribos E1 y E4, así como dos pilas intermedias P2 y P3, estas pilas centrales son los elementos más altos y las que de acuerdo al procedimiento constructivo marcamos su terminación como un hito para la construcción de la superestructura, pues de esta terminación depende la construcción de las dovelas sobre pila, y de ahí la construcción de las dovelas en doble voladizo y la dovela de cierre, actividades que tienen tiempos de ejecución muy controlados y optimizados, por lo que es muy difícil reducirlos con incrementos de jornales, ya que son actividades que lo que consumen principalmente son tiempo en fraguado, tensado de presfuerzo, en recorrido de carros y nivelaciones.

Posteriormente se realizaron las excavaciones de los estribos E1 y E4, en este orden, ya que el estribo E1 requiere un volumen de excavación muy pequeño y el trazo no interfiere con ningún camino de acceso, y el nivel de desplante de la dovela de orilla está por debajo del nivel de terreno natural, por lo cual se planteó colar esta dovela contra el terreno, mientras que el estribo E4 requirió una excavación de mayor profundidad por lo que se llevó más tiempo en llegar al nivel de desplante y mayor sería el tiempo en llegar a nivel de cabezal.

Apoyo A2.

Al iniciar la obra y recibir el trazo, bancos de nivel y puntos de control, el gabinete de topografía revisó que todos los apoyos se referenciaran de acuerdo a los puntos de control, con lo cual ahora tenemos coordenadas para poder trazar los desplantes de la estructura.

Una vez trazada la cimentación, se elaboró un proyecto de excavaciones, el cual contemplaba el área de la zapata más un sobre ancho para trabajar y poder colocar la cimbra, así como los taludes de corte que de acuerdo a las recomendaciones de proyecto debería ser 0.25:1, para garantizar la estabilidad del corte, que aunque es roca, esta estaba muy fracturada y no queríamos tener caídos de roca de hasta 10 metros de altura, por lo cual se planteó que llegaríamos a la cota de la zapata con un cajón de 15 x 14 metros y empezariamos el corte con una área de 17.5 x 17.5 metros y altura de 7.5 metros en promedio, con lo cual tendríamos que excavar 1900 m³ en roca fracturada.

Pila 2 de la cual teníamos que excavar un volumen aproximado de 1,885 m³, así como construir un camino de acceso de 250 m de longitud para el acceso de equipos y materiales, para este trabajo se solicitó una excavadora Hyundai 450-7, con martillo hidráulico H-180 DS de 3.8 toneladas de peso y una frecuencia de 370-520 golpes/minuto, esta excavadora es de las más grandes en su tipo, tiene un peso de operación de 43.7 toneladas, cuenta con un motor que suministra una potencia de operación de 353 hp, este equipo se solicitó pues se la estratigrafía mostraba que limos de compacidad muy densa, boleos empacados en arena limosa y gravas y un estrato de roca basáltica fracturada, por lo que se requería un equipo que nos diera un rendimiento tal que realizáramos la actividad en los 21 días que programamos, este equipo nos daría de 3 a 20 m³/hr en roca y una media de 100 m³/jor.



Imagen. 34 Excavación Zapata 2



Imagen. 35 Excavación Zapata 2

Apoyo A3.

Al igual que en la otra pila, se procedió a trazar la cimentación, y también se elaboró un proyecto de excavaciones con las mismas consideraciones de sobre anchos y taludes de excavación, para alturas de excavación de 15 metros, por lo cual se planteó que llegaríamos a la cota de la zapata con un cajón de 15 x 14 metros y empezaríamos el corte con una área de 18 x 18 y una altura de 11.5 metros en promedio, con lo cual tendríamos que excavar 3,080 m³. El acceso a esta pila era el más fácil por las condiciones del camino existente, pues este llegaba muy cerca de donde se iniciaría la excavación, para realizar estos trabajos solicitamos una excavadora PC 200-8 de Komatsu, con martillo hidráulico H-120 CS de 1.3 toneladas de peso y una frecuencia de 350-620 golpes/minuto, esta excavadora es mediana, tiene un peso de operación de 20.6 toneladas, cuenta con un motor que suministra una potencia de operación de 155 hp, este equipo se solicitó pues se la estratigrafía mostraba que limos de compacidad muy densa, y un estrato de roca basáltica fracturada, por lo que se requería un equipo que nos diera un rendimiento tal que realizáramos la actividad en los 21 días que programamos, con un rendimiento promedio de 150 m³/jor.



Imagen. 36 Excavación de Zapata 2



Imagen. 37 Excavación de Zapata 2

Estribo E1

El estribo E1 requiere que se construya una zapata de 7.50 x 18.98 metros a una profundidad de desplante de 3.5 metros a partir del terreno natural, para este apoyo el proyecto de las excavaciones consideramos 1 metro de sobre ancho a cada lado en todo el perímetro, por lo que se llegaría al nivel de desplante con una área de 10 x 21, para la altura de 3.5 metros el talud apenas abría 1 metro, por lo que se inició con un área a nivel de terreno natural de 11 x 21 metros, en el sentido longitudinal y transversal respectivamente, para la realización de estos trabajos se utilizó la excavadora de la pila 2 la Hyundai 450-7, en este caso no se ocupó el martillo de hidráulico, para excavar 575 m³, en 7 días programados.

Estribo E4

El estribo E4 requiere que se construya una zapata de 7.50 x 18.99 metros a una profundidad de desplante que variaba de 11 hasta 25 metros, a partir del terreno natural, para este apoyo el proyecto de las excavaciones consideramos 1 metro de sobre ancho a cada lado en todo el perímetro, por lo que se llegaría al nivel de desplante con una área de 10 x 21, para la altura de 20 metros el talud de corte abría 5 metros, lo cual interfería con el camino de acceso, por lo que tuvimos que modificar este talud y hacerlo prácticamente vertical, pues el material encontrado es una brecha volcánica de consistencia muy dura, la cual tuvimos que atacar con martillo hidráulico, por lo que se inició con un área a nivel de terreno natural de 11 x 21 metros, en el sentido longitudinal y transversal respectivamente, cabe mencionar que en el margen derecho no hubo pared de excavación pues el nivel de terreno natural, bajaba a un barranco, por lo que este lado se utilizó como acceso a la maquinaria, para este trabajo se utilizó el equipo PC 200-8 de Komatsu, con martillo hidráulico H-120 CS que se utilizó en el apoyo P3, para excavar un volumen de 1700 m³ en 21 días programados.



Imagen. 38 Excavación de Estribo 1.



Imagen. 39 Excavación de Estribo 1.

Resumen de excavaciones.

Las excavaciones de los 4 apoyos además de ser una actividad que reportará ingresos por su propia ejecución, y nos permitirá realizar la construcción de las zapatas, así como las actividades subsecuentes, donde intervienen materiales importantes que tienen un gran impacto en el flujo de recursos para su adquisición, así como en la intervención de mano de obra en su colocación, por lo que en esta etapa se comenzó a traer mano de obra especializada.

A continuación, en la tabla 8, se presentan los volúmenes y los importes que se generaron para cobro estos trabajos.

VOLUMENES Y P.U. DE LAS EXCAVACIONES DE LOS APOYOS.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
Desmonte	m3	0.50	\$15,707.99	\$ 7,854.00
Despalmes	m3	686.00	\$ 30.28	\$ 20,772.08
Excavación en Apoyo P2	m3	1,885.00	\$ 85.61	\$ 161,374.85
Excavación en Apoyo P3	m3	3,380.00	\$ 85.61	\$ 289,361.80
Excavación en Estribo E1	m3	695.00	\$ 85.61	\$ 59,498.95
Excavación en Estribo E4	m3	11,719.87	\$ 85.61	\$ 1,003,338.07
Rellenos de Zapatas y Estribos	m3	8,004.00	\$ 72.19	\$ 577,808.76
Total de Excavaciones	m3	25,683.87		\$ 2,091,382.43

Tabla 8. Volúmenes y PU de las excavaciones de los apoyos.

Construcción de zapatas.

Apoyos P2 y P3.

Una vez concluidas las excavaciones fue necesario nivelar el área de desplante, mediante la colocación de una plantilla de concreto de espesor de 5 cm, aunque por las condiciones del suelo, fue necesario rellenar con concreto ciclópeo los espesores mayores, pues al trabajar con martillo hidráulico se tuvieron sobre excavaciones.

Las Zapatas de los Apoyos P2 y P3 son iguales con una sección en planta de 11.00 x 12.50 metros con un espesor de 2.00 metros, de las cuales salen unos dados de 4 metros de ancho en el sentido longitudinal y corren a todo lo largo de la zapata en el sentido transversal, con un espesor de 1.50 metros, de donde arrancan los muros de las pilas.

Están diseñadas como elementos de concreto reforzado, para colarse con un concreto hidráulico a 28 días, con un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, TMA 19 mm y revenimiento $\pm 10 \text{ cm}$. y acero de refuerzo para concreto hidráulico, redondo corrugado de grado duro L.E. 4200 kg/cm^2 , con alargamiento de 8% mínimo.

Dentro del procedimiento constructivo propuesto, una vez que tuvimos la superficie de desplante del elemento, es decir la plantilla de concreto, sobre esta el gabinete de topografía en coordinación con la supervisión trazaron lo que fue el desplante del elemento, es decir se colocaron puntos de control en (x,y,z) de los cuales se referenciaron los paños del elemento, los ejes longitudinales y transversales, con estas referencias el equipo de fierros procedió a colocar referencias de acuerdo al armado que se iba a colocar, es decir de estos paños de cimbra se colocó la distancia de la primera varilla que para este caso eran 17.5 cm y de ahí se referencio una malla @ 15 cm que es donde debería colocarse el eje de cada varilla, también se referencio el espesor del recubrimiento mínimo que para estas zapatas el proyecto marcó 7.5 cm como

mínimo, una vez referenciados procedimos a colocar la parrilla inferior, la cual consistió en un arreglo de varillas del No.10 @ 15 cm, con la variante que justo debajo de los dados se colocó doble la varilla del No.10 de acuerdo a proyecto, una vez colocado este lecho inferior y como la zapata tiene un espesor de 2.00 m esta marcaba que se debía colocar otro lecho superior de acero de refuerzo con varillas del No. 10 y No.6, además de un refuerzo en con Varillas del No.5 en la zona de peralte de la zapata, por lo cual por procedimiento constructivo colocamos unas silletas de varilla y procedimos a armar esta parrilla, el procedimiento de colado propuesto para esta zapata fue en dos etapas por dos razones principales, el volumen de la zapata es de 275 m³ y el de los dados es de 150 m³, lo cual en un solo evento resultaría en colar 425 m³, por un lado queríamos reducir la probabilidad de falla en el suministro del concreto o de la bomba, ya que aunque el proveedor Cemex Concretos nos garantizaba que tenía capacidad de respuesta y de disponibilidad de equipos de respaldo, este sería el primer colado masivo que haríamos en esta obra, y una cosa era introducir 40 ollas y otra 60 ollas, por un camino que para el caso de la Pila 3, es el más difícil ya que había que atravesar carriles reducidos, curvas muy cerradas y pendientes muy pronunciadas, por lo que se optó por colar el elemento en dos etapas, además de que esto reduciría el calor de hidratación pues el espesor se reducía considerablemente.

Para la realización del colado de la zapata además del acero de refuerzo del elemento ya debíamos tener listo el acero de refuerzo de los arranques de los muros, pues estos quedan anclados en la zapara.

VOLUMENES Y P.U. DE LA CONSTRUCCIÓN DE ZAPATAS DE LOS APOYOS P2 Y P3.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
Zapata Tipo Apoyo P2, P3				
Concreto en Plantillas f'c=100 kg/cm ²	m3	16.00	\$ 1,719.28	\$ 27,508.48
Concreto en Zapatas f'c=250 kg/cm ²	m3	275.00	\$ 2,183.76	\$ 600,534.00
Concreto en Dados f'c=250 kg/cm ²	m3	150.00	\$ 2,183.76	\$ 327,564.00
Subtotal Concreto	m3	441.00		\$ 955,606.48
Acero de Refuerzo en Zapatas	Kg	26,716.00	\$ 21.56	\$ 575,996.96
Acero de refuerzo en Dados	Kg	9,718.00	\$ 21.56	\$ 209,520.08
Subtotal Acero de refuerzo	m3	36,434.00		\$ 785,517.04
Subtotal Zapata Apoyo Tipo P2, P3				\$ 1,741,123.52
Totales Zapatas Apoyos P2 y P3				
Concreto en Plantillas f'c=100 kg/cm ²	m3	32.00	\$ 1,719.28	\$ 55,016.96
Concreto en Zapatas f'c=250 kg/cm ²	m3	550.00	\$ 2,183.76	\$ 1,201,068.00
Concreto en Dados f'c=250 kg/cm ²	m3	300.00	\$ 2,183.76	\$ 655,128.00
Subtotal Concreto	m3	882.00		\$ 1,911,212.96
Acero de Refuerzo en Zapatas	Kg	53,432.00	\$ 21.56	\$ 1,151,993.92
Acero de refuerzo en Dados	Kg	19,436.00	\$ 21.56	\$ 419,040.16
Subtotal Acero de refuerzo	m3	72,868.00		\$ 1,571,034.08
Total Zapatas Apoyos P2 y P3				\$ 3,482,247.04

Tabla 9. Volúmenes y PU de la construcción de zapatas de los apoyos P2 y P3.



Imagen. 40 Colado Zapata 3.



Imagen. 41 Armado Zapata 2.

Estribos E1 y E4

Las zapatas de los estribos, en cuanto al diseño y geometría de las mismas, son algo diferentes, ya que a diferencia de las de los apoyos centrales de una sección casi cuadrada, estas tienen una sección rectangular, pues sobre estas se apoyan los cabezales que soportarán las dovelas de orilla y alojarán estos los apoyos tipo tetrón y los topes sísmicos, al igual que las zapatas de los apoyos intermedios una vez concluidas las excavaciones de acuerdo a los niveles de desplante, a los taludes de corte y a los sobre anchos propuestos en el diseño de la excavación, procedimos a nivelar el área de desplante, y a colocar de una plantilla de 5 cm de espesor con concreto hidráulico de $f'c=100 \text{ Kg/cm}^2$.

Estas zapatas E1 y E2 miden $18.98 \times 7.50 \text{ m}$ y un espesor de 1.20 m, están diseñadas para colarse con un concreto hidráulico a 28 días, con un $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$, TMA 19 mm y revenimiento $\pm 10 \text{ cm}$. y acero de refuerzo para concreto hidráulico, redondo corrugado de grado duro L.E. 4200 kg/cm^2 , con alargamiento de 8% mínimo.

VOLUMENES Y P.U. DE LA CONSTRUCCIÓN DE ZAPATAS DE LOS ESTRIBOS E1 Y E4.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
Zapata Tipo E1, E2				
Concreto en Plantillas $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$	m3	12.45	\$ 1,719.28	\$ 21,405.04
Concreto en Zapata $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$	m3	170.80	\$ 2,183.76	\$ 372,986.21
Subtotal Concreto	m3	183.25		\$ 394,391.24
Acero de Refuerzo en Zapatas	Kg	12,934.00	\$ 21.56	\$ 278,857.04
Subtotal Acero de refuerzo	m3	12,934.00		\$ 278,857.04
Subtotal Zapata Tipo Apoyo E1, E4				\$ 673,248.28
Totales Zapatas Apoyos E1 y E2				
Concreto en Plantillas $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$	m3	24.90	\$ 1,719.28	\$ 42,810.07
Concreto en Zapata $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$	m3	341.60	\$ 2,183.76	\$ 745,972.42
Subtotal Concreto	m3	366.50		\$ 788,782.49
Acero de Refuerzo en Zapatas	Kg	25,868.00	\$ 21.56	\$ 557,714.08
Subtotal Acero de refuerzo	m3	25,868.00		\$ 557,714.08
Total Zapatas Apoyo E1 y E4				\$ 1,346,496.57

Tabla 10. Volúmenes y PU de la construcción de zapatas de los Estribos E1 Y E4.



Imagen. 43 Colado de Estibo 4



Imagen. 44 Armado de Estribo. 1

Detalles de los planos de las zapatas de los estribos E1 y E4.

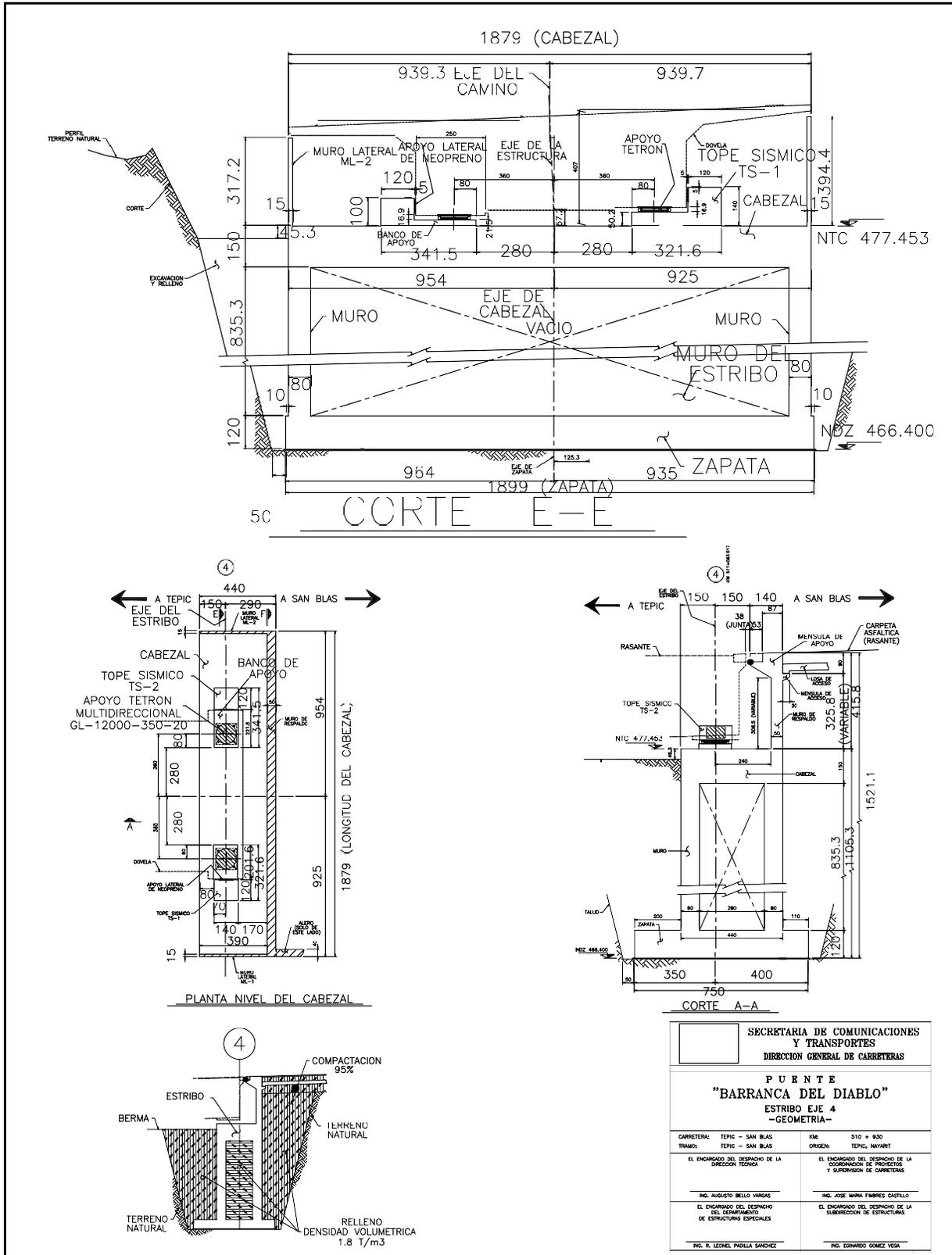


Imagen. 45 Detalles de los planos de las zapatas de los estribos E1 y E4

Construcción de pilas intermedias, muros y cabezales de estribos.

Pilas apoyos P2 y P3.

Los apoyos P2 y P3, están diseñados por una pila compuesta por dos muros de sección maciza, colocados uno frente al otro, arrancan en el cuerpo de la zapata, pues es ahí donde quedan ancladas las varillas del acero longitudinal, y donde también hay una transición entre el muro y la zapata, que es un dado de 4.0 x 1.50 m y de donde arranca el muro con una sección de 9.50 x 1.00 m y que se unen en la cota superior de los muros con la losa de fondo de la dovela sobre pila, estos muros tienen una altura de 18.87 m diseñados con concreto hidráulico de $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días y un armado con acero de refuerzo.

La construcción de los muros inicio propiamente al construir la zapata, ya que se requirió de dejar ahogado en la zapata el acero de refuerzo longitudinal, el cual fueron 320 paquetes de 3 varillas del No.10, lo cual fueron 960 piezas de varillas, en 6, 9 y 12 metros, lo cual significaban casi 65 toneladas de acero adicional al propio acero de la zapata, lo cual ameritó de un estudio de despieces y traslapes, pues se debía dejar el traslape del acero longitudinal a diferentes alturas, para cumplir con la norma de que los traslapes en una misma sección no deben ser mayores al 33% de las varillas.

También se consideró en este punto que para realizar los colados de los muros, tendríamos que colar por medio de trepados los cuales seccionamos en alturas de 3.5 m, debido a esto se diseñó un sistema de cimbra con madera el cual consistía en una combinación de dos tableros de hojas de triplay y barrotes con lo cual teníamos una altura de 3.66 m lo cual permitía tener 16 cm en la parte inferior que quedan en contacto con el colado inmediato anterior y una altura de colado de 3.5 m, adicionalmente se traía un sistema de plataformas de trabajo que se anclaban en orificios del muro que se iban dejando para pasar varillas del No.10 y poder dar soporte a una plataforma de trabajo, y en la parte superior se iba colocando una plataforma de trabajo para los trabajos de colocación de acero de refuerzo, y los colados del muro. Con esta altura de colado requeríamos de 5 trepados y un ajuste de 1.4 m, con lo cual requerimos de 6 colados para alcanzar la altura de proyecto de los muros.

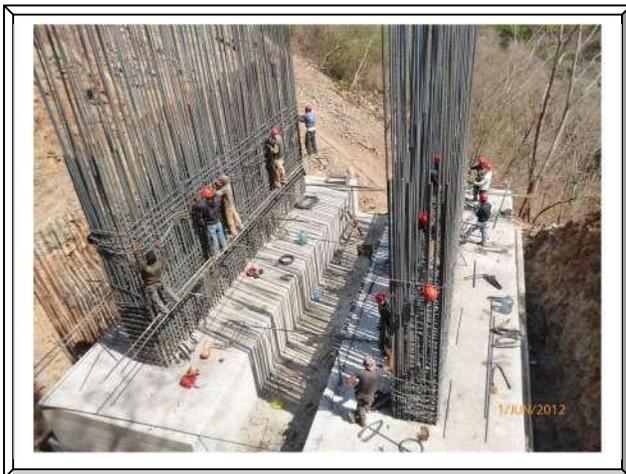


Imagen. 46 Armado de acero de refuerzo pila 2.



Imagen. 47 Cimbra y armado de acero de refuerzo pila 3.

Los muros tienen una continuidad con la dovela sobre pila, ya que forman parte de esta y llegan hasta el nivel de la losa inferior, pues la dovela sobre pila requiere de cierta rigidez y los muros de la pila se la dan, por lo que se dejan las varillas a nivel de losa superior.

Por otro lado, en los últimos trepados de las pilas y de acuerdo a lo que se planteó como procedimiento constructivo de la dovela sobre pila, se requería dejar unas placas ahogadas para dar soporte a la obra falsa, así como dejar unos perfiles ahogados en el último trepado.

VOLUMENES Y P.U. DE LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE PILAS P2 Y P3.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
Pilas Apoyo P2, h=18.71 m				
Concreto en Muros de Pila $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$	m3	372.00	\$ 4,234.36	\$ 1,575,181.92
<i>Subtotal Concreto</i>	<i>m3</i>	<i>372.00</i>		<i>\$ 1,575,181.92</i>
Acero de refuerzo en Muros de Pila	Kg	225,033.00	\$ 21.56	\$ 4,851,711.48
<i>Subtotal Acero de refuerzo</i>	<i>m3</i>	<i>225,033.00</i>		<i>\$ 4,851,711.48</i>
<i>Subtotal Muros de Pilas Apoyo P2</i>				<i>\$ 6,426,893.40</i>
Pilas Apoyo P3, h=18.74 m				
Concreto en Muros de Pila $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$	m3	370.00	\$ 4,234.36	\$ 1,566,713.20
<i>Subtotal Concreto</i>	<i>m3</i>	<i>370.00</i>		<i>\$ 1,566,713.20</i>
Acero de refuerzo en Muros de Pila	Kg	224,379.00	\$ 21.56	\$ 4,837,611.24
<i>Subtotal Acero de refuerzo</i>	<i>m3</i>	<i>224,379.00</i>		<i>\$ 4,837,611.24</i>
<i>Subtotal Muros de Pilas Apoyo P3</i>				<i>\$ 6,404,324.44</i>
<i>Total Muros de Pilas P2 y P3</i>				<i>\$ 12,831,217.84</i>

Tabla 11. Volúmenes y PU de la construcción de muros de pilas P2 y P3.



Imagen. 48 Obra falsa para dovela sobre pila A2.



Imagen. 49 Armado de acero de refuerzo en pila A2.

Estribos E1 y E4.

El Estribo E1 tiene un nivel de desplante apenas de 3.5 m sobre el nivel de terreno que se había nivelado como plataforma de construcción y maniobras para el inicio de los trabajos, debido a que la profundidad de desplante que es relativamente somera, el diseño no contemplo ningún muro por lo que construidas las zapatas se continuo inmediatamente el cabezal, ligeramente desplazado y cargado hacia la parte trasera, el paño de este quedo metido 1.10 m a partid de la zapata, del lado del acceso y 2.0 m del paño del cabezal al de la zapata, del lado de la pila No.2, así como 15 cm de paño de cabezal a paño de zapata en ambas caras extremas.

El cabezal tiene una geometría en la base de 19.78 x 4.40 m, en dirección y un espesor de 2.25 m, sobre este cabezal se construirán los bancos de apoyo, los topes sísmicos, los muros laterales y el muro de respaldo que protegerán la dovela de orilla, estos elementos se construyeron con concreto de $f'c=250$ kg/cm².

Para el estribo E4 el desplante de la zapata se encontraba 20 m por debajo del nivel de terreno natural, por lo que este elemento de acuerdo al diseño requirió de un muro para llegar con el cabezal al nivel de la losa inferior de la dovela de orilla, este muro de 8.35 m, de sección hueca y espesor de muros de 80 cm, fue diseñado con concreto armado de $f'c=250$ kg/cm² y antes de construir el cabezal donde se apoyará la dovela de orilla, se rellenó con material de relleno compactado a 90% de su peso volumétrico, la geometría es casi igual al del E1 es decir 18.78 x 4.40 m y el espesor es el único que ya que este es de 1.50 m, diseñado con concreto armado y concreto hidráulico de $f'c=250$ kg/cm².

VOLUMENES Y P.U. DE LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE PILAS P2 Y P3.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
Cabezales, Muros y Bancos Estribo E1				
Concreto en Cuerpo de Estribo $f'c=250$ kg/cm ²	m3	185.90	\$ 2,405.13	\$ 447,113.67
Concreto en Muros y Mensulas $f'c=250$ kg/cm ²	m3	55.00	\$ 2,460.46	\$ 135,325.30
Concreto en Bancos de Apoyo y Topes $f'c=250$ kg/cm ²	m3	6.50	\$ 2,710.06	\$ 17,615.39
Subtotal Concreto	m3	240.90		\$ 600,054.36
Acero de Refuerzo en Cuerpo de Estribo, Bancos y Topes	Kg	10,491.00	\$ 21.56	\$ 226,185.96
Acero de Refuerzo en Muros	Kg	4,813.00	\$ 21.56	\$ 103,768.28
Subtotal Acero de refuerzo	m3	10,491.00		\$ 329,954.24
Subtotal Cabezales, Muros y Bancos Estribo E1				\$ 930,008.60
Cabezales, Muros y Bancos Estribo E1				
Concreto en Muro de Estribo $f'c=250$ kg/cm ²	m3	288.60	\$ 2,405.13	\$ 694,120.52
Concreto en Cuerpo de Estribo $f'c=250$ kg/cm ²	m3	124.10	\$ 2,405.13	\$ 298,476.63
Concreto en Muros y Mensulas $f'c=250$ kg/cm ²	m3	62.20	\$ 2,460.46	\$ 153,040.61
Concreto en Bancos de Apoyo y Topes $f'c=250$ kg/cm ²	m3	6.10	\$ 2,710.06	\$ 16,531.37
Subtotal Concreto	m3	186.30		\$ 1,162,169.13
Acero de Refuerzo en Muro Estribo	Kg	31,078.00	\$ 21.56	\$ 670,041.68
Acero de Refuerzo en Cuerpo de Estribo, Bancos y Topes	Kg	12,484.00	\$ 21.56	\$ 269,155.04
Acero de Refuerzo en Muros	Kg	369.00	\$ 21.56	\$ 7,955.64
Subtotal Acero de refuerzo	m3	12,484.00		\$ 947,152.36
Subtotal Cabezales, Muros y Bancos Estribo E1				\$ 2,109,321.49
Total Zapatas Apoyo E1 y E4				\$ 3,039,330.09

Tabla 12. Volúmenes y PU de la construcción de muros de pilas P2 y P3.



Imagen. 50 Estribo E1.



Imagen. 51 Colado de muros en estribo E4.

Los cabezales en ambos apoyos cuentan con un par de bancos de apoyo los cuales sirven en primer lugar para adecuar el nivel de los apoyos, es decir que requerimos una estructura que del nivel de tope de colado del cabezal mismo en ambos puntos, nivele a diferentes cotas los bancos de apoyo, ya que estos se adaptarán a la geometría de la dovela de orilla y esta trae un desnivel tanto longitudinal como transversal, este último es el que nos interesa y el que hace que tenga una cota diferente cada banco, sobre estos bancos de apoyo se dejan ahogados en el concreto los apoyos POT que son unos apoyos especiales los cuales se quedan ahogados en la dovela de orilla, creando así una conexión entre estos dos elementos, los cuales describiremos posteriormente, pero por el momento comentaremos que son los que transmiten las cargas verticales de la superestructura a la subestructura, y tienen la capacidad de absorber movimientos en el plano x-y, producidos por movimientos sísmicos, así como las dilataciones o contracciones por temperatura. Adicionalmente a los bancos de apoyo el cabezal aloja los toques sísmicos, son unas estructuras de concreto armado que se encuentran en el lado exterior de los bancos de apoyo con una sección en planta de 1.20 x 1.40 y alturas diferentes uno de 1.00 m y el otro de 1.40 m, estos bancos servirán para el caso de que en un evento sísmico los apoyos POT sean excedidos en capacidad y funcionen como un tope que mantenga la superestructura en su lugar. Sobre este cabezal también se permite que se alojen los muros laterales y el muro respaldo los cuales tienen como función aislar la estructura del pavimento y los rellenos de los accesos al puente.



Imagen. 52 Estatus del proyecto al mes de mayo 2012.

Superestructura.

La superestructura del puente está concebida como una trabe cajón, la cual es continua en toda la longitud del puente, con un peralte variable, la sección del cajón tiene un ancho de 7.00 m en la base y 10.50 m en la parte superior, cuenta con un ancho de 18.80 m en la losa superior, la altura máxima se presenta en los nodos los cuales están en los apoyos P2 y P3, donde el peralte es de 7.20 m, hacia el centro del claro P2-P3 en la dovela D17 y la dovela de cierre y hacia los Apoyos E1 y E4 en las dovelas de orilla presenta el menor peralte que es de 3.40 m.

Es muy importante que, para el inicio de la construcción de la superestructura, se tenga una planeación bien elaborada, detallada y programada, donde se presente un programa de obra, así como los programas de materiales, mano de obra y equipos necesarios para la construcción de la superestructura.

En esta etapa tendremos que llevar un control geométrico de la estructura, lo cual requiere de una empresa externa que tenga los técnicos especializados para tal fin, ya que se requieren hacer un monitoreo de múltiples puntos de control, así como llevar estos datos a gabinete para correr un modelo matemático y poder comparar las flechas que está teniendo la estructura, con las esperadas de acuerdo al proyecto, en este caso se contrató a la empresa Euroestudios, filial de Freyssinet México, la cual tiene amplia experiencia en el apoyo técnico para puentes especiales.

Como ya se ha mencionado la superestructura se construirá por un sistema de dovelas, coladas en sitio, las cuales se construirán con concreto presforzado coladas en sitio, este sistema inicia con la construcción de las dovelas sobre pila, las cuales tienen una longitud de 12.00 m y el ancho de 18.80 m, lo cual proporciona el área suficiente para la colocación del sistema de doble voladizo, mediante el cual es posible el colado de las dovelas en voladizo, este sistema de cimbra se conoce como carros de colado, los cuales son un sistema de cimbra que se coloca y se ancla a la dovela sobre pila y constan de un par de estructuras metálicas y sistemas de cimbra que trabajan simétricamente uno a cada lado de la dovela sobre pila y sobre el eje longitudinal, por lo que se tienen que ir construyendo las dovelas al mismo tiempo para ir equilibrando los momentos que producen las nuevas condiciones que se van induciendo a la estructura por la propia construcción de las dovelas, para este proyecto las dovelas en voladizo tienen una longitud constante de 2.96 m.

Por otro lado se tienen que ir construyendo las dovelas de orilla que van en los estribos E1 y E4, como ya habíamos dicho estas dovelas son de peralte más pequeño, pues solo tienen 3.40 m de altura, aunque son las más largas con una longitud de 12.50 m, estas dovelas generalmente son construidas sobre un sistema de andamios, pero en el caso de Barranca del Diablo como se tienen que construir por debajo del nivel del terreno natural, hay que realizar un corte y una nivelación para construir una losa sobre la cual construiremos la dovela de orilla, cabe mencionar que estas dovelas de orilla tendrán que estar listas para cuando se construya la dovela D17, pues solo faltaría la dovela de cierre para cerrar el claro y rigidizar la estructura.

Las dovelas de cierre son las dovelas que cierran los tramos en doble voladizo, y quedan para del claro P2-P3 de 1.87 m y en las dovelas de cierre para las dovelas de orilla en 1.80 m de largo.

Dovelas sobre pila.

Las Dovelas sobre pila constructivamente son un hito para la construcción de un puente doble voladizo, estas requieren de 8 a 10 semanas de construcción, para lo cual se necesita de una planeación muy detallada, ya que interviene un sistema de obra falsa, ya sea construida en obra a base de estructura metálica u otro sistema pre-ensamblado que pudiera ser suministrado por un proveedor de cimbras y andamios, para el caso del Barranca del Diablo debido a la poca altura a la que se colocaría y a la poca disponibilidad de los equipos pre-ensamblados para las fechas de construcción de acuerdo al programa se optó por fabricar una estructura en obra a base de perfiles metálicos, para lo cual se mandó a hacer un diseño con la empresa Euro Estudios, el cual consistía en dejar ancladas unas placas en el muro de las pilas y dejar una cama de perfiles metálicos en el último colado del muro de las pilas, con lo cual se construyó una cama para el colado de la losa de fondo, y luego esta estructura iría moviéndose para construir las diferentes etapas de la dovela sobre pila como son muros y losa superior, así como una pasarelas y plataformas de acceso a las mismas.

Para llevar un control topográfico de esta etapa y del comportamiento de la estructura en las siguientes etapas hasta el término de la construcción, se deberá de colocar uno o más vértices de control, en un lugar que quede fuera de la zona de obra, donde no haya tránsito de personal ni de equipos, con una varilla y un muerto de concreto, así como una base de concreto con tornillería para fijar el equipo de topografía, buscando un punto más alto que la misma estructura, donde desde ahí se pueda monitorear si no todo al menos la mayor parte del puente, ya que si fuera necesario se tendrá que colocar dos o más vértices de control para poder monitorear ambos extremos del puente y ambas márgenes, en nuestro caso, se requirieron tres vértices de control, uno en la margen izquierda del estribo 1 y dos más en el estribo 4 uno en cada margen, estos vértices de control. Las coordenadas (X, Y, Z) de este punto se deberán conciliar con la topografía de la empresa que lleva el control geométrico, la constructora y la supervisión, ya que todos debemos tener los mismos datos de inicio para tomar las lecturas.

La construcción de las dovelas sobre pila de acuerdo al proyecto se debían de construir en tres etapas, losa de fondo, muros y losa superior, pero como la obra falsa resultaba una estructura muy robusta, se propuso que se dividiera en cuatro etapas, losa de fondo, muros primer colado, muros segundo colado y losa superior, con lo cual la misma dovela sobre pila iba sirviendo de apoyo para la misma obra falsa, por lo que resulto una estructura menos robusta con menos cantidad de acero y menos trabajo, por lo que resultaba más económica hacerla.

La dovela sobre pila, geoméricamente es algo compleja ya que de por si la sección cajón tiene una forma trapezoidal con la base menor hacia abajo, a través de la cual pasan los muros de la pila, seccionándola por decir de algún modo en 3 diferentes secciones la parte central de 7.00 m y las dos extremas que son iguales y de 2.50 m, dando los 12.00 m de la longitud de la dovela.

En forma general la dovela sobre pila tiene las siguientes dimensiones, ancho total de 18.80 en su losa superior que es donde se alojaran los cuatro carriles, la barrera central y las guarniciones y acotamientos, la losa inferior que es la parte que se conecta directamente con las pilas tiene un ancho de 7.00 m, la altura es de 7.20 m, la longitud de la dovela es de 11.93 m en dirección longitudinal, en esta misma dirección la dovela tiene un volado de 2.50 m a partir del paño del muro de la pila, transversalmente los muros de la dovela sobre pila se van abriendo y pasan de 7.00 m en la base a 9.80 m en la parte superior, por lo que los muros de la pila de ancho 9.50 m se van perdiendo en la geometría de la dovela, del paño exterior del muro de la dovela, sobre salen unos aleros de 4.50 m a cada lado, con lo que nos da el ancho del puente de 18.80 m.

La parte central acotada por los paños exteriores de los muros de la pila, es geoméricamente la más constante, de una longitud de 7.00 m, la losa de fondo en esta parte tiene un espesor constante de 1.50 m constante, la losa superior de espesor de 1.20 m constantes los muros de la pila suben hasta la losa superior y conservan su sección de 1.00 m, los muros laterales en la parte interna forman un espacio de 4.00 m por lo que en la parte baja tienen un espesor de 1.50 m y en la parte superior tienen un espesor de 2.90 m, en la parte interna sube el paño de muro a plomo y en la parte exterior sube con el escarpio propio del muro de la dovela.

En las secciones exteriores las secciones son variables, la losa inferior de un espesor de 1.50 m pasa a un espesor de 64.80, siendo esta reducción de espesor tanto en el nivel del nivel inferior como en el superior, la losa superior es de 45 cm de espesor y pasa a 25 cm, siendo en la parte inferior este ajuste.



Imagen. 54 Losa de fondo y armado en dovela sobre pila A3.



Imagen. 55 Losa de fondo y armado en dovela sobre pila A3.



Imagen. 56 Colado de dovela sobre pila A3.



Imagen. 57 Colocación de ductos para presfuerzo en dovela sobre pila A3.

Geometría de las dovelas sobre pila.

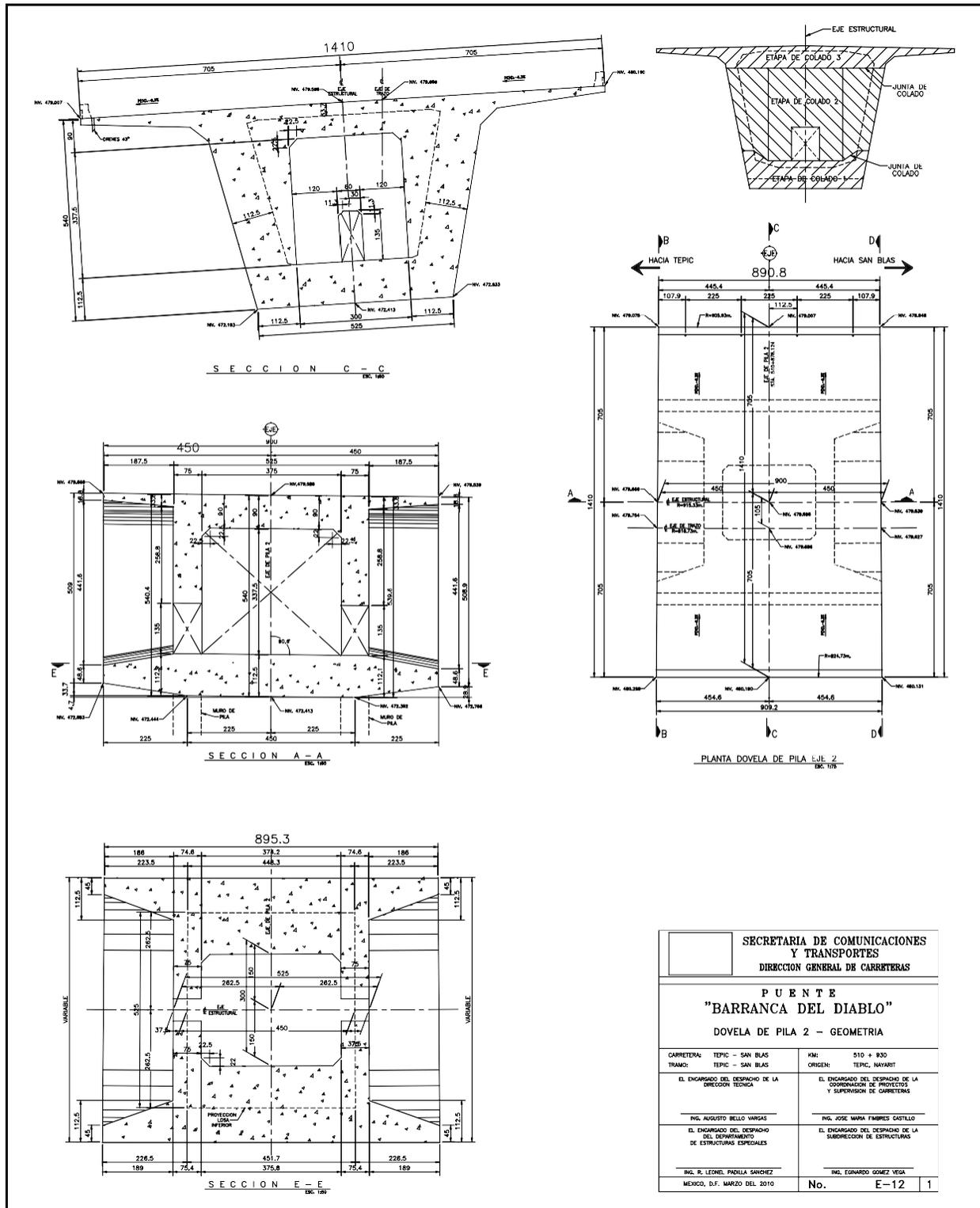


Imagen. 58 Geometría de las dovelas sobre pila.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS	
PUENTE "BARRANCA DEL DIABLO" DOVELA DE PILA 2 - GEOMETRIA	
CARRETERAL: TEPIC - SAN BLAS	KM: 510 + 930
TRAMO: TEPIC - SAN BLAS	ORIGEN: TEPIC, NAVARRIT
EL ENCARGADO DEL DESPACHO DE LA DIRECCION TECNICA	EL ENCARGADO DEL DESPACHO DE LA COORDINACION DE PROYECTOS Y SUPERVISION DE CARRETERAS
ING. AUGUSTO BELLO VARGAS	ING. JOSE MARIA FABRES CASTILLO
EL ENCARGADO DEL DESPACHO DEL DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS ESPECIALES	EL ENCARGADO DEL DESPACHO DE LA SUBDIRECCION DE ESTRUCTURAS
ING. R. LEONEL PINILLA SANCHEZ	ING. EDUARDO GOMEZ VEGA
MEXICO, D.F. MARZO DEL 2010	No. E-12 1



Imagen. 59 Estatus del proyecto al mes de junio 2012.

Fases de colado de dovelas sobre pila.

FASE 14

FASE 14
 -EL PROCEDIMIENTO DESCRITO ES APLICABLE PARA LA CONSTRUCCION DE LOS VOLADIZOS, SOBRE LAS PILAS EJES 2 Y 3, LOS CUALES SE CONSTRUIRAN EN FORMA SIMULTANEA.
 -EN EL PROCEDIMIENTO SE MENCIONAN LOS CABLES 101,102,103,...,116, LOS CUALES CORRESPONDEN AL VOLADIZO EJE 2 Y EJE 3
 -AL COLAR LAS DOVELAS DE PILA 2 Y 3 NO OLVIDAR LA COLOCACION DE LOS ANCLAJES DE LOS CABLES DE PRESFUERZO DE CONTINUIDAD 301, 302, 303, 304 Y LOS FUEGOS FU11 Y FU12
 -COLOCACION DEL REFUERZO DE LAS DOVELAS D1d Y D11 EN LAS PILAS 2 Y 3.
 -COLOCACION DE LOS DUCTOS DE CABLES DE PRESFUERZO 101 A 116 PARA LA PILA 2.
 -COLOCACION DE LOS DUCTOS DE CABLES DE PRESFUERZO 202 A 216 PARA LA PILA 3.
 -COLOCACION DE LOS ANCLAJES DE LOS CABLES 101d Y 1011 PARA LA PILA 2.
 -COLOCACION DE LOS ANCLAJES DE LOS CABLES 202d Y 2011 PARA LA PILA 3.

FASE 13
 UNA VEZ ALCANZADA UNA RESISTENCIA DE LA DOVELA DE PILA ($f'c=350$ KG/CM2) SE PROCEDERA A LA COLOCACION DEL CARRITO DE COLADO PARA LAS SIGUIENTES FASES, CONSULTAR EL PLANO DE TABLERO.

FASE 12
 SE PROCEDERA AL HABILITADO DEL ACERO DE REFUERZO Y COLADO DE LAS DOVELAS DE LA PILA EJE 2 Y EJE 3, SIN OLVIDAR COLOCAR LOS DUCTOS Y ANCLAJES PARA EL PRESFUERZO LONGITUDINAL.

Imagen. 61 Fases de colado de dovelas sobre pila.

Para la construcción de la dovela se requirieron 56,321 kg de acero de refuerzo y 550 m³ de concreto hidráulico de resistencia $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$, se colocó concreto de resistencia rápida (RR) para agilizar los tiempos y poder descimbrar a edades tempranas, dentro de la sección de la dovela, se tenían que dejar que dejar las preparaciones para los cables de presfuerzo en la etapa constructiva, los cuales constan de 32 ductos de lámina engargolada de 5" Ø, uno por cada lanzado a excepción de la dovela 17, esta dovela no se le coloca presfuerzo ya que la siguiente dovela que es la de cierre no cargará el carro de colado en voladizo, pues se colará adaptando este a ambas dovelas D2d-17 y D2i-17, también se tiene que dejar 12 ductos engargolados de 5" Ø, para la colocación del presfuerzo de servicio o "cosido del puente" los cuales llevan en las puntas 20 tubos de acero de 5" Ø CED. 40, con puntas abocinadas, los cuales van conectados a los 12 ductos engargolados por medio de un tramo de tubo de polietileno de 5" Ø, las puntas que no llevan el tubo abocinado se preparan con 4 anclajes 19T15. Adicionalmente se colocan 57 ductos de polietileno de 1" Ø, transversales al eje longitudinal a cada 20 cm, para alojar el presfuerzo transversal, consistente en un cable monotorón 1T15.

Otra preparación importante que hay que tomar en cuenta es la de los ductos verticales, los cuales se dejan en una posición de acuerdo a la geometría del carro de colado, ya que por estos pasaremos las barras de presfuerzo con las que iremos sujetando el carro de colado.

Una vez que se ha colado la dovela sobre pila, y ya que el concreto a llegado al 80% de la resistencia de proyecto, en este caso ya que ha superado $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$, podemos quitar la cimbra de la losa superior y los puntales que dejamos en los muros, para proceder a la colocación del cable de presfuerzo, para lo cual debemos de habilitar los cables, dando a estos una holgura suficiente para poder colocar de un lado el anclaje vivo y una longitud para que el gato pueda trabar el cable y poder tensar, en este caso se dejó 50 cm adicionales a la longitud de servicio de 18.602 m. por lo que se mandó a habilitar tramos de 19.10 m. colocados los cables procedemos a realizar el tensado del presfuerzo transversal, tensando por un solo lado a la tensión de proyecto correspondiente a 21.2 tons., alternadamente un cable si y un cable no, al término del 50 % de los cables tensados regresamos a tensar los que se dejaron sin tensión.



Imagen. 62 Dovela sobre pila A3.



Imagen. 63 Estatus del proyecto al mes de Julio 2012.

VOLUMENES Y P.U. DE LAS DOVELAS SOBRE PILAS P2 Y P3.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
DOVELAS SOBRE PILA				
Dovela Sobre pila (tipo) P2,P3 (una dovela)				
Concreto hidraulico f'c=350 kg/cm ²	m3	550.00	\$ 7,006.98	\$ 3,853,839.00
Acero de Refuerzo	Kg	56,321.00	\$ 22.42	\$ 1,262,716.82
Acero de Presfuerzo Transversal	Kg	1,230.00	\$ 53.51	\$ 65,817.30
Anclajes 1T15	Pza	120.00	\$ 208.97	\$ 25,076.40
Subtotal Dovela Sobre Pila (tipo) P2, P3				\$ 5,207,449.52
Dovelas Sobre pila P2 y P3 (dos dovelas)				
Concreto hidraulico f'c=350 kg/cm ²	m3	1,100.00	\$ 7,006.98	\$ 7,707,678.00
Acero de Refuerzo	Kg	112,642.00	\$ 22.42	\$ 2,525,433.64
Acero de Presfuerzo Transversal	Kg	2,460.00	\$ 53.51	\$ 131,634.60
Anclajes 1T15	Pza	240.00	\$ 208.97	\$ 50,152.80
Subtotal Dovelas Sobre Pila P2 y P3				\$ 10,414,899.04

Tabla 13. Volúmenes y PU de las dovelas sobre pilas P2 y P3.

Montaje de carros de colado.

El carro de colado es una estructura con la cual es posible ir colando pequeños tramos de la superestructura, una vez colada y aplicado el presfuerzo, podemos quitar los puntos de anclaje y recorrerlo a la siguiente posición para el colado de la dovela siguiente, este movimiento se logra ya que el carro

Los carros de colado también son un hito en la construcción de la superestructura, ya que son equipos cuyas características geométricas y por ende las solicitaciones mecánicas varían en cada proyecto, no hay gran disponibilidad de carros de colado en el mercado nacional, y los que hay requieren de una ingeniería para adaptarlos al proyecto y después de esto realizar las adecuaciones en los talleres, para reforzar y adaptar la estructura metálica a las geometrías y requerimientos mecánicos del proyecto, adicionalmente el montaje de estos carros requieren de 6 a 8 semanas de trabajo, consta de varias etapas, desde la recepción de los carros de colado, pre-ensamblado de elementos, izado y ensamble del carro en sitio, ensamble de tableros cimbra de contacto, anclado de carro a la dovela sobre pila, colocación de plataformas y cimbra de contacto, colocación de sistemas de hidráulicos como son gatos y líneas, nivelaciones y ajustes.

Debido a que se montan a grandes alturas requieren de mano de obra especializada, así como de toda una ingeniería de montaje, la cual incluye en ensamblado en la planta para verificar que todas las piezas coincidan, que se cuentan con todas las conexiones y que ensambla perfectamente, ya que de lo contrario ya en campo generaría retrasos en la etapa de montaje de estos elementos.



Imagen. 64 Montaje de rieles y triángulo.

Se debe tener en cuenta que se requiere de equipo de apoyo para este trabajo como son grúas auxiliares para los ensambles en tierra, gatos traga torón para el izado de las plataformas, y la grúa torre para el izado de los elementos, los cuales se ensamblan de acorde a la capacidad de la grúa torre, ya que nos limita a 6 toneladas en el caso de las que tenemos en Barranca del Diablo, por lo que debemos de revisar cumplir con estos máximos de carga.

Lo primera fase de montaje es la colocación de los rieles, sobre los que corre la estructura portante, estos rieles deberán de tener el mismo nivel para que el carro quede con la misma elevación en sus apoyos, esto se logra colocando unos tacones de concreto armado o metálicos, logrando con esto que trabaje nivelado, en esta viga se colocan barras de presfuerzo que pasan por la losa de la dovela y reaccionan contra esta para tener puntos de anclaje del carro con la superestructura.

La segunda fase de montaje corresponde al armado de la estructura portante o superior el cual corresponde a la estructura triangular con la base mayor corriendo sobre los rieles longitudinales al eje del puente, a este triangulo que funciona como un balancín, se le colocan unas vigas de celosía metálica o cerchas transversales al eje del puente las cuales tienen dos funciones, rigidizar los triángulos y tener un elemento de anclaje de las barras de presfuerzo que soportaran los niveles inferiores del carro de colado.



Imagen. 65 Montaje de triángulo y cerchas.

Una vez colocadas las cerchas metálicas y anclado el carro a la superestructura, se inicia la tercera fase que corresponde al montaje de los niveles inferiores del carro de colado, los cuales soportaran la losa de fondo de la dovela y la losa tapa de esta misma, para la losa de fondo se colocan en la un par de vigas transversales paralelas a las cerchas, ancladas a estas por barras de presfuerzo, y sobre estas vigas se colocan un arreglo de vigas de menor peralte para distribuir las cargas de la cimbra y pasarelas de trabajo de esta losa de fondo, las cuales son capaces de portar el peso propio del carro y las cargas vivas y muertas en las etapas de colado de las dovelas. En la parte superior se coloca una estructura menos robusta, la cual soportará la losa tapa o losa superior de la dovela, para la cual se colocan unas viguetas longitudinales al eje del puente, ancladas en la parte frontal a las cerchas y en la parte trasera, que va quedando dentro de la dovela ya colada a la losa, ambas por medio de barras de presfuerzo.



Imagen. 66 Montaje de plataformas inferiores.

La cuarta fase es forrar las caras de la cimbra de la sección cajón con triplay fenólico de 19 mm, primero las partes exteriores cimbra de la dovela, las cuales son la losa de fondo, muros exteriores y alero de la losa tapa. Sobre la plataforma inferior se colocará la cimbra de la losa inferior, sobre la cual se realizará el armado de acero de refuerzo y se verterá el concreto fresco en la etapa de colado, durante esta etapa se iniciará también con el montaje de las plataformas superiores exteriores, estas son laterales, las cuales van a ambos lados de la losa superior de la dovela, como ambas plataformas quedan por la parte exterior, funcionan como plataformas de trabajo, Una vez que se han colocado las cimbras exteriores, podemos iniciar con la quinta fase, que corresponde a la colocación de la cimbra interior, lo cual corresponde a muros y losa pues aunque en la parte interna de la dovela la cimbra está dividida en dos sistemas, el sistema de muros laterales y el de losa superior, están unidos ya que ambos corren por los rieles superiores, los cuales en la etapa de colado están suspendidos a la cercha, y en la etapa de movimiento de carros están sujetos a la dovela anterior, cuentan con un sistema de bisagras que les permite el giro para la etapa de descimbra.

En el momento que tenemos la cimbra de contacto terminada, podemos decir que hemos realizado el armado de los carros de colado, cabe mencionar que esta actividad es el segundo hito en la construcción de puentes en voladizo, ya que esta actividad nos permitirá colar las dovelas de la No.1 a la n, una actividad secuencial, donde los pasos son los mismos, la única diferencia con las dovelas siguientes es la adecuación de la geometría, pues va reduciéndose la altura de los muros, y van disminuyendo la cantidad de ductos para el presfuerzo de la etapa de construcción.



Imagen. 67 Montaje de cimbra exterior en carro de colado.



Imagen. 68 Montaje de cimbra interior en carro de colado.



Imagen. 69 Estatus del proyecto al mes de agosto 2012.

Detalle de armado de carros de colado.

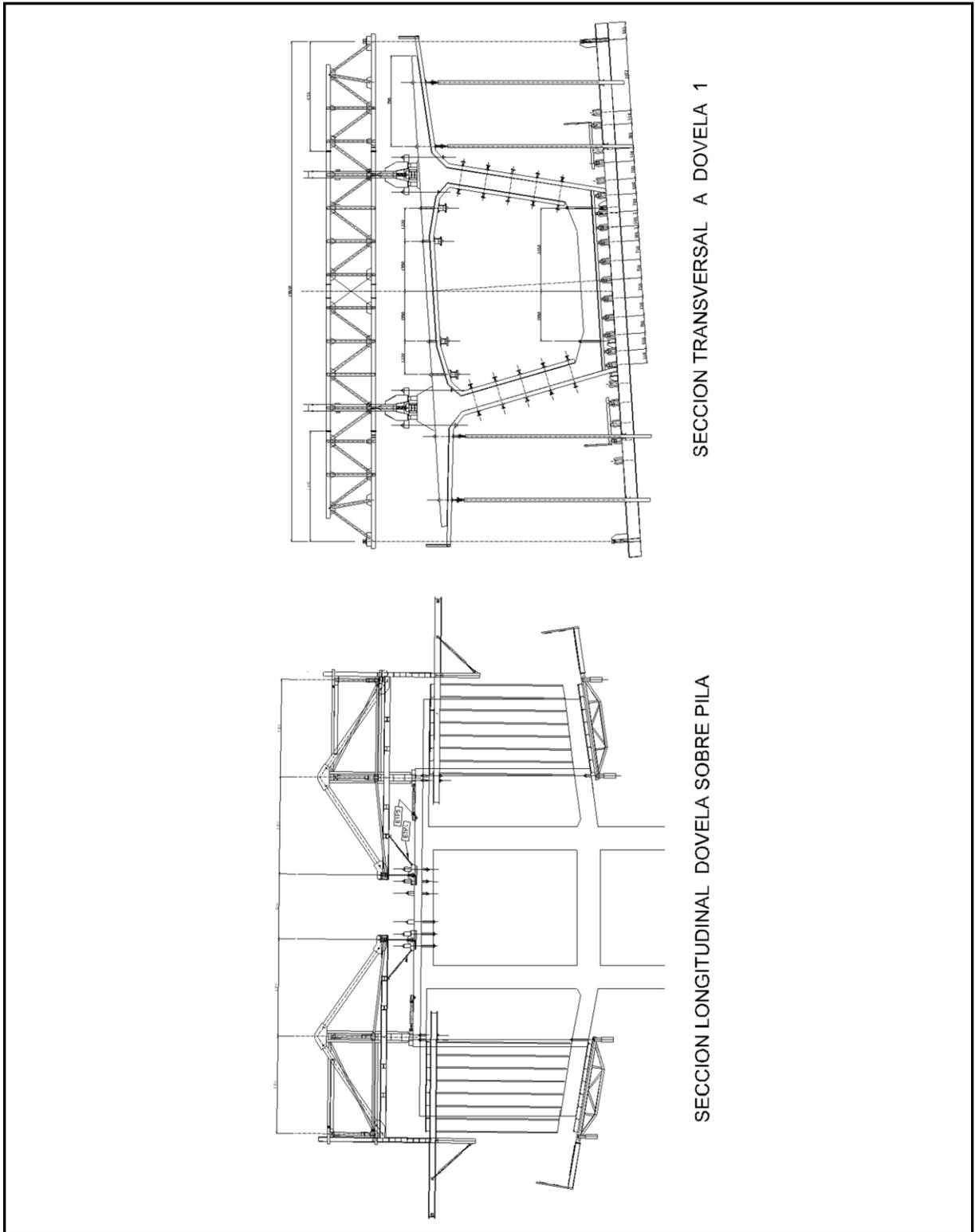


Imagen. 70Detalle de armado de carros de colado.

Sistema de presfuerzo.

En la construcción de la superestructura, se requirieron de tres sistemas de presfuerzo, uno denominado presfuerzo de construcción, el cual durante la etapa constructiva permite a los carros de colado anclarse a la dovela anterior, el cual consiste en un par de tendones que van de la dovela derecha a la dovela izquierda, compuestos por 19 cables de 15 mm, denominados 19T15, tensados de la dovela D1 a la D14, las dovelas D15 y D16 debido a la reducción de la sección de la dovela y por ende el peso de la misma, hay una reducción de la fuerza de tensado necesaria para el anclaje, por lo que se reduce el tendón a 12 cables de 15 mm, denominados 12T15, tensados a 255.2 ton, estos tendones de acuerdo a su forma de transferir sus esfuerzos al concreto pertenece al sistema de pretensado interior adherente, el cual se coloca en una vaina de fleje metálico alojado al interior de la sección de concreto, los cables desnudos se colocan al interior de este y posterior al tensado se rellena de una lechada agua-cemento-aditivo, para evitar la corrosión, el perfil corrugado garantiza al adherencia del cable a la estructura.

En las puntas de los tendones se colocan las cabezas de anclajes las cuales al final del proceso de inyección se protegen las cabezas de los anclajes, en el caso del PBD se coló el cajetín con mortero arena-cemento-agua.

Las cabezas de anclajes pueden ser activas o pasivas, la diferencia entre estas es si se aplica tensión en la cabeza o no, teniendo una composición diferente cada cabeza.

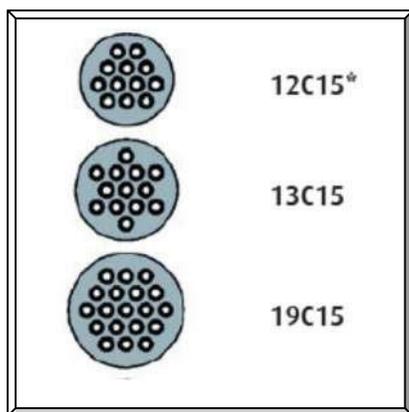


Imagen. 71 Configuración de Cables.

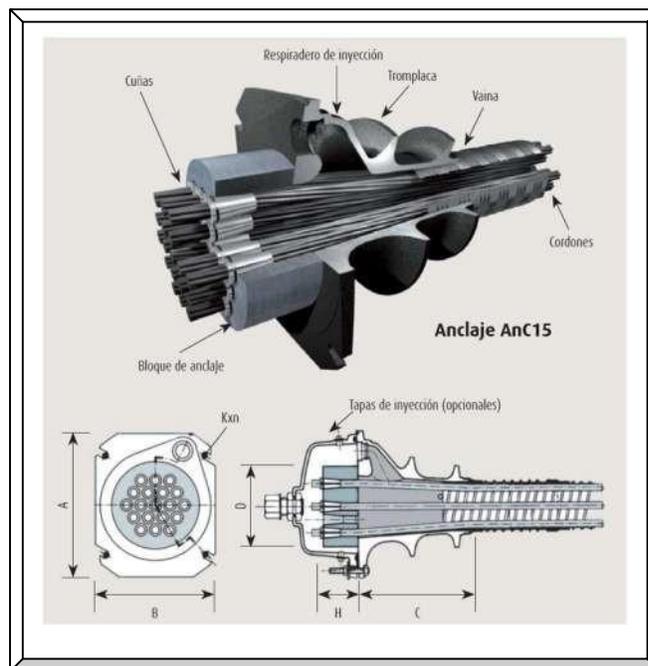


Imagen. 72 Configuración de cabeza de anclaje.

Las cabezas de anclaje están compuestas por:

- **Cuñas.** - las cuales garantizan un anclaje eficaz con esfuerzos estáticos o dinámicos.
- **Bloques de anclaje.** - de acero en forma circular con perforaciones tricónicas.
- **Tromplacas de anclaje.** - de hierro fundido o placa de acero para una mejor difusión del esfuerzo de pretensado en el concreto.
- **Boquillas de inyección.** - Para inyección de lechada, alojadas en la trompeta y a lo largo del ducto, dispuestas a una distancia conveniente.
- **Zunchado de rotura o estallamiento.** - Acero de refuerzo adicional en la sección de mayores concentraciones de esfuerzos a compresión por la carga de presfuerzo.



Imagen. 73 Accesorios de la cabeza de anclaje 19T15.

En el área de las cabezas de anclaje, debido a la concentración de esfuerzos por el tensado, se requiere de colocar acero de refuerzo adicional en disposición de zunchos junto a los anclajes, este entramado local incluye un zunchado de rotura y los elementos de acero complementarios, dispuestos con zuncho cruzado o helicoidal.

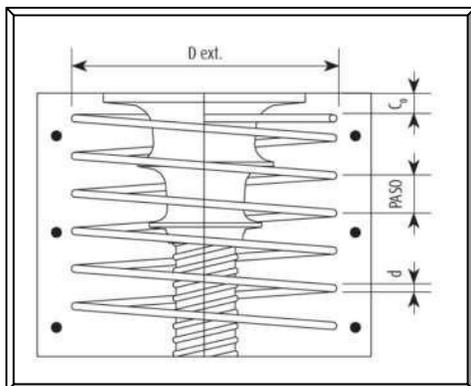


Imagen. 74 Configuración de Cables.



Imagen. 75 Configuración de Cables.

En la losa superior se colocó un presfuerzo transversal, compuesto de un solo hilo o cable de 15 mm, denominado 1T15, el cual contaba con un anclaje activo y uno pasivo, por lo cual se le aplicaba la fuerza de tensado por un solo lado, cada cable era tensado a 21.2 ton, la cabeza de anclaje activa lleva un zuncho helicoidal, así como boquillas de inyección, se colocó en una vaina de poliducto de 1", el cual se le inyectó posterior al tensado una inyección de lechada agua-cemento-aditivo, y se selló el cajetín de la cabeza de anclaje en ambos extremos con mortero arena-cemento-agua.



Imagen. 76 Accesorios anclaje activo.



Imagen. 77 Anclaje pasivo monotorón.

Los componentes de la cabeza de anclaje en principio son del mismo tipo que para los tendones 19T15, solo que geoméricamente diferentes, por la cantidad de cables y la disposición de sus elementos.



Imagen. 78 Configuración de Cables.



Imagen. 79 Configuración de Cables.

El otro sistema de presfuerzo que se colocó fueron cables de presfuerzo definitivo, este es un sistema exterior no adherente con cable desnudo, por lo cual puede ser sustituible, a diferencia del anteriormente descrito la vaina es de PAD PE100, con una resistencia a la tensión de 10 MPa, este sistema se complementa con tubos desviadores de acero en las zonas de anclaje, los cruces de diafragmas y en los desviadores, después de aplicar la fuerza de tensión a los tendones se aplicó una inyección de lechada agua-cemento-aditivo.

Este sistema de tendones "cose" el puente induciendo con el sistema de presfuerzo, esfuerzos en las zonas de mayores momentos, los tendones de 189.50 m de longitud de servicio, recorren desde la parte superior del muro diafragma de un estribo, bajando hasta la losa inferior en la dovela D11, donde pasan por un bloque desviador, construido mediante un diafragma de concreto armado que alojan los tubos desviadores de acero, de este punto

nuevamente vuelven a subir hasta la dovela sobre pila, la cual cuenta con tubos desviadores de acero a ambos lados de la dovela, tanto a la entrada como a la salida, pasando esta parte por cualquier estribo que se vea, ya que hasta aquí la configuración es espejo, estaremos en el tramo central del claro P2-P3, donde se juntan los cuatro tendones 301-303 de un lado y los 302-304 del otro lado, por lo que pasan cuatro cables solo en el claro central, nuevamente los tendones empiezan a bajar hasta la losa inferior en la dovela D11P2 pasando por los bloques desviadores, de este punto hasta la dovela D11P3 corren a ras de losa inferior, donde nuevamente pasan por un bloque desviador para empezar a subir a la dovela sobre pila, donde finalmente pasando por esta, terminan en los bloques de anclaje.

Estos cables se tensarán a 404 ton, y posteriormente se colocarán los dispositivos antivibratorios para terminar con la inyección de lechada, y el colado de los cajetines con mortero.



Imagen. 80 Desviadores Dovela D11 P2-P3.

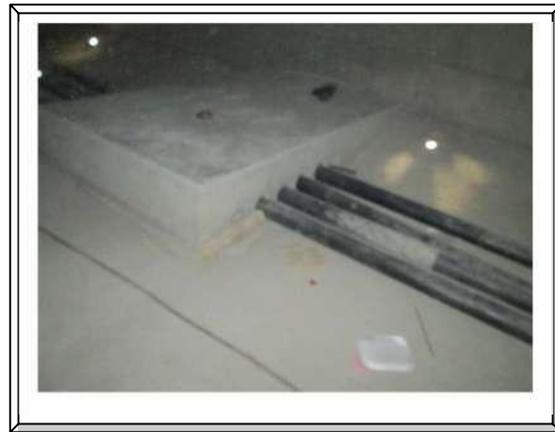


Imagen. 81 Desviadores a nivel de losa de fondo P2-P3.



Imagen. 82 Tubos desviadores.



Imagen. 83 Tubos desviadores en dovela sobre pila.

El cable de presfuerzo se suministra en bobinas de 3.5 ton en promedio, las cuales se debende almacenar en un lugar que no se inunde, protegido de la lluvia, por lo cual se construyó un almacén con firme de concreto y techo de lámina, desmontable para la manipulación de los rollos con grúa auxiliar, para el manejo en obra de estos rollos, se requiere de un portabobinas, en dondese monta la bobina, y se saca la punta interior, la cual se pasa por los orificios de un cono frontal y se va desenrollando al jalar la punta.



Imagen. 84 Configuración de Cables.

Dovelas en doble voladizo.

Como ya se había descrito anteriormente este tipo de puentes requieren un seguimiento en su etapa constructiva, desde la dovela sobre pila, y muy enfáticamente en el colado de dovelas en doble voladizo, por lo que para este tipo de proyectos en necesario contratar una tercera empresa que lleve el control geométrico, en nuestro caso fue Euroestudios, para lo cual tendrá que correr lecturas topográficas en todos los puntos de control, para verificar que se cumplan con las flechas estimadas en todas las dovelas anteriores después de aplicado el presfuerzo y haberse corrido el carro de colado. Para la verificación teórica, se deberá de correr un modelo matemático, que tome en cuenta: las propiedades de los materiales, como son peso, módulo de elasticidad del concreto, acero de refuerzo, acero de presfuerzo, fuerzas de tensión aplicadas a los tendones presfuerzo, peso de la estructura, peso de los carros de colado, temperatura ambiente, velocidad del viento y cualquier factor adicional que pudiera modificar el comportamiento de la estructura esperado en proyecto.

Una vez que tenemos armado el carro de colado, consistente en una pareja de carros, es decir a uno y otro lado de la dovela sobre pila, esto es de suma importancia, pues si el proyecto no indica otra cosa, los voladizos deberán de ser simultáneos, ya que los momentos inducidos a la pila por los carros y todos los materiales puestos sobre ellos, son compensados el uno con el otro, incluso al momento del colado se tendrá que colar por etapas es decir, la losa de fondo de un lado y luego la del otro lado, los muros de un lado y luego los muros del otro lado, para

terminar con una losa superior y luego la del lado contrario. Por lo anterior se procederá a correr un levantamiento topográfico de puntos de control, previamente conciliados con la empresa que lleve el control geométrico, puesto que con estos puntos y con un banco de nivel fuera de la zona del puente y de cualquier posible interferencia de movimientos de tierra y vibraciones, se tomarán tanto por la constructora y la empresa del control geométrico las lecturas diarias para ver el comportamiento de la estructura y en especial del voladizo.

De acuerdo al proyecto se colocarán 14 puntos de control para las dovelas sobre pila y las dovelas en doble voladizo, colocados en los vértices, ejes de la dovela, eje de trazo tanto en la parte frontal como en la trasera, en esos puntos se colocarán placas ancladas a la estructura de las cuales se tomarán las lecturas posteriormente, con esto ahora procedemos a conciliar un primer levantamiento desde los vértices de control previamente conciliados en el inicio de los trabajos para la dovela sobre pila, esta primera lectura servirá para referenciar todas las siguientes lecturas y por diferencias calcular los desplazamientos, así como las nivelaciones de los carros de colado, colocación de acero de refuerzo, ductos para acero de presfuerzo y niveles para alineamiento de cimbra y de topes de colado de concreto.

Con este levantamiento procedemos a realizar la primera actividad en la secuencia de la nueva dovela, la cual corresponde a la nivelación de los carros de colado, esta actividad requiere un aproximado de 4 horas por carro de colado, la actividad se realiza con la cuadrilla de topografía, el equipo de técnicos y operarios de los carros y la cuadrilla de carpinteros, la actividad requiere de tomar lecturas de los vértices de la cimbra, es decir puntos en los paños exteriores los cuales se irán ajustando a las cotas de proyecto mediante el uso de gatos, los cuales jalan o liberan las barras de presfuerzo que penden de las cerchas, con lo que se produce un movimiento de ascenso o descenso del carro de colado, hasta dejarlo en la posición de proyecto. Una vez teniendo el carro de colado nivelado, la losa inferior no requiere mayor adecuación, pero no así los muros exteriores los cuales se tendrán que nivelar y adecuar a la altura del muro de la dovela siguiente, lo que implica ir recortando la cimbra de muros exteriores e interiores, actividad que podemos ir haciendo al momento de descimbrar, una vez ajustada la cimbra de los muros exteriores podemos continuar con la fase de armado de acero de refuerzo de la dovela.

Mientras estamos en las actividades de armado del carro de colado, se ha mandado a habilitar el acero de refuerzo para las dovelas, las poco más de 16 tons. que se requieren para ambas dovelas D1, las cuales ya deben de estar listas para cuando se esté forrando el carro con la cimbra, este acero lo debemos de llevar arriba de la dovela sobre pila, con ayuda de las grúas torre, ya que una vez que se tengan nivelados correrá el tiempo para colar los elementos. Simultáneamente al inicio de armado de dovelas debemos de habilitar los cables de presfuerzo, un par de cables 19T15 por cada par de dovelas, estos cables están formados por 19 hilos de 15 mm \emptyset , de una longitud que irá aumentando en 6 m; además de que se tiene que dejar 2 metros más largo para poder introducirlo en los gatos y los accesorios del anclaje activo cada vez que se mueve el carro para colar el par de dovelas siguientes. Estos cables llevan una preparación tipo bala en la punta, soldada con estaño y un ojillo de varilla de 1/2".

El primer par de dovelas que colamos fueron las dovelas No.1, derecha e izquierda de la pila 3 (D1d-3 y D1i-3), para cada dovela se requiere de armar 8,088 kg de acero de refuerzo, colocar 34 ductos de lámina engargolada de 5" \emptyset en el área de la losa superior y su intersección con los muros para los cables de presfuerzo en la etapa de construcción y 522 m³ de concreto $f'c=350$ Kg/cm², con una resistencia a 3 días, ya que se autorizó por parte de la proyectista tener el 80% de la resistencia de proyecto ($f'c=280$ Kg/cm²), para aplicar el tensado a los cables de presfuerzo entre dovelas para la etapa constructiva.



Imagen. 85 Armado de Dovela.

Al mismo tiempo que se va armado la dovela, se debe de iniciar con la colocación de los ductos para el presfuerzo, estos son ductos llevan un respiradero en la trompeta, uno más al centro de cada dovela, así como un respiradero cada diez metros, estos ductos se ocupan al momento de realizar la inyección de lechada, después del tensado, esta inyección tiene el propósito de brindar una protección contra los elementos atmosféricos y transmitir las cargas a lo largo del tendón. En esta etapa de armado se colocará una trompeta en las puntas del ducto engargolado, la cual permite que los 19 cables que componen el tendón se abran en una proyección cónica circular, sobre esta trompeta se coloca una placa de reparto, la cual tiene un barrenado de 5" al centro para el paso de cables, la cual debe de estar limpia, sin irregularidades, estos accesorios se quedan ahogados cuando colamos la dovela, es importante mencionar que al momento de colado se deberá de tener cuidado de vibrar y llenar muy bien el área detrás de estos accesorios, ya que si existiera algún defecto de colado u oquedad, al momento de tensado habrá una falla del concreto y no tomara carga el tendón.

Las dovelas en doble voladizo también llevan un presfuerzo transversal, por lo que debemos colocar 7 ductos de polietileno de 1" \emptyset , transversales al eje longitudinal a cada 20 cm, para alojar el presfuerzo transversal, consistente en un cable monotorón 1T15, así como los accesorios de tensado que quedan ahogados en el concreto.



Imagen. 86 Vista lateral del presfuerzo transversal.



Imagen. 87 Ductos para presfuerzo transversal.

Como ya se había mencionado anteriormente, el sistema en doble voladizo, generalmente se diseña para que las dovelas a ambos lados de la pila se cuelen simultáneamente a su vez divididas en 3 etapas y colando la primera etapa de una la cual corresponde a la losa inferior, y siguiendo con la primera etapa de la otra, posteriormente la segunda etapa que corresponde a los muros y terminando con la tercera etapa correspondiente a la losa superior, siempre alternando las etapas en las dos dovelas, con lo cual se trata de compensar los momentos que estas nuevas condiciones inducen a las pila.

Es importante mencionar que la etapa de colado, se deberá realizar en un solo evento, por lo que no se puede suspender el colado salvo en casos de fuerza mayor, se deberán observar las recomendaciones para la colocación de concreto, tanto en el tiempo de vida del concreto, el revenimiento, la temperatura, la altura de caída máxima del concreto, así como su vibrado y su posterior curado.



Imagen. 88 Colocación de línea de bombeo de concreto.



Imagen. 89 Posicionamiento de Bomba telescópica.



Imagen. 90 Colado de dovela in situ.

Al siguiente día del colado, podemos introducir el cable 19T15 al ducto se colocó del claro central hacia los extremos, introduciendo una guía de cable agarrada al ojillo previamente soldado al cable, como el cable lo habíamos acomodado sobre la losa superior nos ayudábamos con la grúa torre para ir introduciendo el cable al ducto y del otro extremo colocábamos un equipo al cual enganchábamos la guía para tirar de él e ir introduciendo el cable 19T15.



Imagen. 91 Trompeta y respiradero en ducto engargolado.



Imagen. 92 Preparación en tendón de presfuerzo.

Los tendones de presfuerzo se tensaran una vez que el concreto llegue a una resistencia del 80% de la de proyecto, es decir para este caso una resistencia mínima de $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$, para realizar el tensado debemos de colocar externamente y posterior al colado los accesorios del anclaje activo que corresponden a una placa activa o tejo, la cual es una placa circular con 19 orificios de 22 mm de diámetro por donde se insertan cada uno de los cables del tendón, en cada cable se coloca una cuña para tejo, la cual al momento de estirar el cable y soltar el gato evita el retroceso del mismo.



Imagen. 93 Tendón de presfuerzo en dovelas.



Imagen. 94 Accesorios de tendones de presfuerzo.

La fuerza de tensado depende de la capacidad del tendón, las dovelas D1 a la D14 llevan 2 tendones 19T15, cada uno de ellos se tensan a 404 ton, asociado a esta carga, los tendones tienen un alargamiento del 7.39%, al final de la carga, ponemos como ejemplo el caso del primer tendón 101 correspondiente a la dovela D1, el cual corre de dovela D1i a la D1d, tanto para la

P2 y P3. El cable se denomina 101i, tipo:19T15, Longitud de servicio: 17.64 m, esfuerzo al tensar: 150.8 kg/mm², Fuerza al tensar: 404 ton, Alargamiento: 130 mm, peso: 369.3 Kg.

El caso del cable de presfuerzo de construcción 19T15 más largo es el de la dovela D14, el cual corre de dovela D14i a la D14d, pasando por todas las dovelas construidas antes de esta, incluso por la dovela sobre pila, tanto para la P2 y P3. El cable se denomina 114i, tipo:19T15, Longitud de servicio: 96.14 m, esfuerzo al tensar: 150.8 kg/mm², Fuerza al tensar: 404 ton, Alargamiento: 711 mm, peso: 2013.0 Kg.

Estos alargamientos se van revisando por el procedimiento de escalones de carga, el cual en general compara cada incremento del 20% de la carga, con su respectivo alargamiento teórico, lo anterior sirve para descartar alguna deficiencia en el tensado, pues si el alargamiento no corresponde a la fuerza, indicaría que esta fuerza no se está transmitiendo a todo el cable, pudiendo este estar atorado en alguna parte del ducto, por lo que se debe de revisar el tendón que este libre. Para el caso de los tendones mayores a 25 m. los procedimientos de tensado indican que se deben de tensar por ambos extremos, en el caso de los menores a 25 m. es válido tensar por un solo lado y solo se verificara del otro lado que la carga sea la de proyecto.

Para las dovelas D15 y D16 el proyecto indica un cambio de tendones a 12T15, con una disminución de área de acero de presfuerzo y por consiguiente una disminución de la fuerza de tensado a 240 tons; los tendones más largos correspondientes a la dovela D16 tienen una longitud efectiva de 107.34 m, con un alargamiento teórico al final de la carga de 644 mm.



Imagen. 95 Tensado de presfuerzo transversal.



Imagen. 96 Colocación de Cuñas.



Imagen. 97 Tensado de presfuerzo longitudinal.



Imagen. 98 Tensado de presfuerzo Longitudinal.

Detalles de los planos del presfuerzo longitudinal de construcción en dovelas en voladizo y presfuerzo definitivo de servicio.

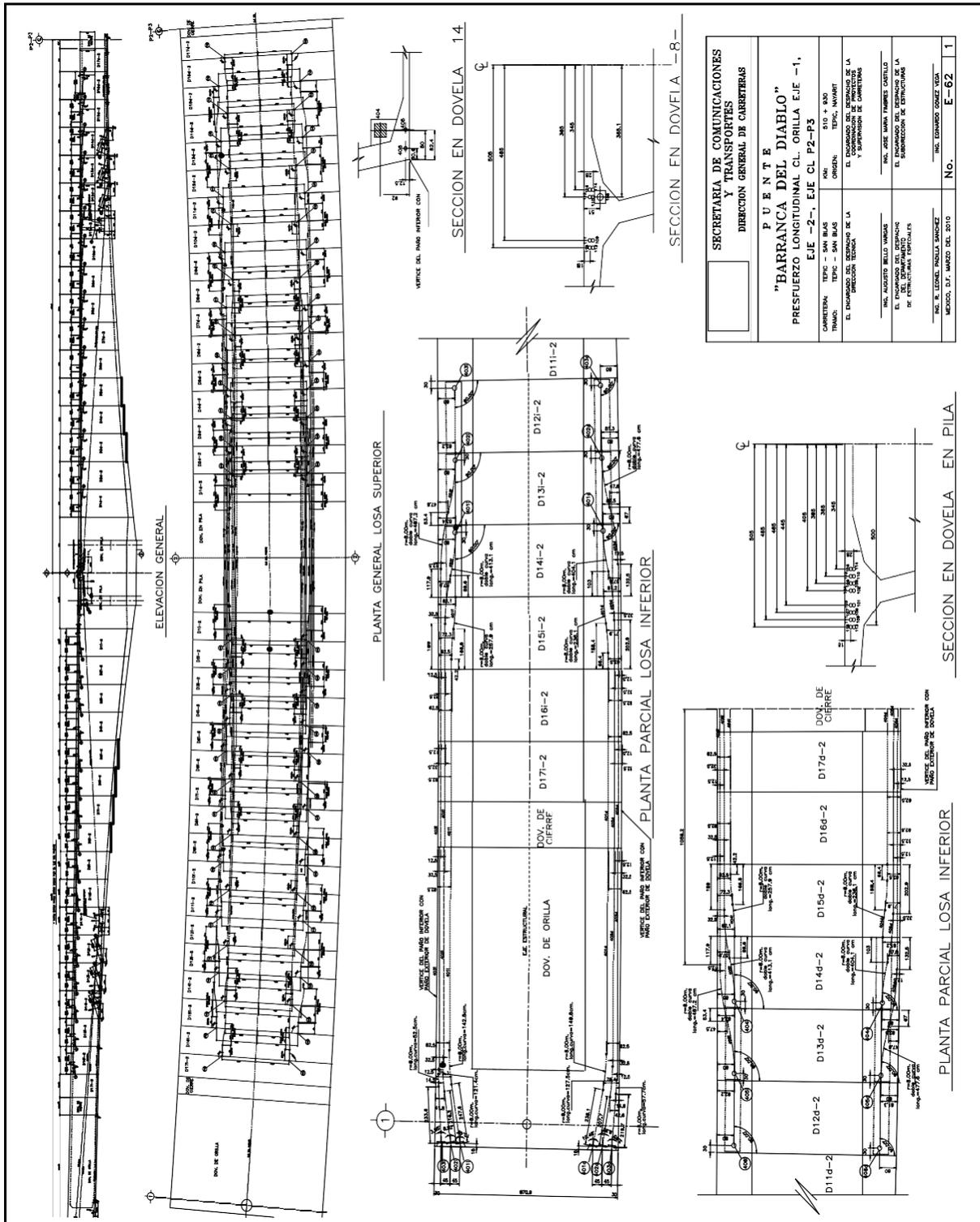


Imagen. 99 Detalles de los planos del presfuerzo longitudinal de construcción en dovelas en voladizo y presfuerzo definitivo de servicio

Listado de los tendones del presfuerzo longitudinal.

DAIOS DE PRESFUERZO								
CABLE NUM.	TIPO	LONG. DE SERV. (m)	ESFUERZO AL TENSAR (kg/mm ²)	FUERZA AL TENSAR (ton.)	TENSADO POR	ALARGAMIENTO (MM.)	CANTIDAD	P E S O (KG)
101i	19T15	17.64	150.80	404	LADO EJE 1	130	1	369.3
101d	19T15	17.82	150.80	404	LADO EJE 1	132	1	373.1
102i	19T15	23.60	150.80	404	LADO EJE 3	175	1	494.1
102d	19T15	23.88	150.80	404	LADO EJE 3	177	1	500.0
103i	19T15	29.58	150.80	404	LADO EJE 1	219	1	618.9
103d	19T15	29.88	150.80	404	LADO EJE 1	221	1	625.6
104i	19T15	35.54	150.80	404	LADO EJE 3	263	1	744.1
104d	19T15	35.90	150.80	404	LADO EJE 3	265	1	751.7
105i	19T15	41.48	150.80	404	AMBOS LADOS	307	1	868.5
105d	19T15	41.94	150.80	404	AMBOS LADOS	310	1	878.1
106i	19T15	47.50	150.80	404	AMBOS LADOS	351	1	994.6
106d	19T15	47.96	150.80	404	AMBOS LADOS	355	1	1004.2
107i	19T15	53.42	150.80	404	AMBOS LADOS	395	1	1118.5
107d	19T15	54.00	150.80	404	AMBOS LADOS	399	1	1130.7
108i	19T15	59.45	150.80	404	AMBOS LADOS	440	1	1244.8
108d	19T15	60.00	150.80	404	AMBOS LADOS	444	1	1256.3
109i	19T15	65.36	150.80	404	AMBOS LADOS	483	1	1368.5
109d	19T15	66.14	150.80	404	AMBOS LADOS	489	1	1384.8
110i	19T15	71.38	150.80	404	AMBOS LADOS	528	1	1494.6
110d	19T15	72.08	150.80	404	AMBOS LADOS	533	1	1509.2
111i	19T15	77.30	150.80	404	AMBOS LADOS	571	1	1618.5
111d	19T15	78.22	150.80	404	AMBOS LADOS	578	1	1637.8
112i	19T15	83.33	150.80	404	AMBOS LADOS	616	1	1744.8
112d	19T15	84.09	150.80	404	AMBOS LADOS	622	1	1760.7
113i	19T15	89.26	150.80	404	AMBOS LADOS	660	1	1868.9
113d	19T15	90.34	150.80	404	AMBOS LADOS	668	1	1891.5
114i	19T15	95.30	150.80	404	AMBOS LADOS	705	1	1995.4
114d	19T15	96.14	150.80	404	AMBOS LADOS	711	1	2013.0
115i	12T15	101.18	150.80	255.2	AMBOS LADOS	748	1	1338.0
115d	12T15	102.43	150.80	255.2	AMBOS LADOS	757	1	1354.5
116i	12T15	107.26	150.80	255.2	AMBOS LADOS	793	1	1418.4
116d	12T15	108.21	150.80	255.2	AMBOS LADOS	800	1	1431.0
201i	19T15	17.64	150.80	404	LADO EJE 2	130	1	369.3
201d	19T15	17.82	150.80	404	LADO EJE 2	132	1	373.1
202i	19T15	23.60	150.80	404	LADO EJE 4	175	1	494.1
202d	19T15	23.88	150.80	404	LADO EJE 4	177	1	500.0
203i	19T15	29.58	150.80	404	LADO EJE 2	219	1	618.9
203d	19T15	29.88	150.80	404	LADO EJE 2	221	1	625.6
204i	19T15	35.54	150.80	404	LADO EJE 4	263	1	744.1
204d	19T15	35.90	150.80	404	LADO EJE 4	265	1	751.7
205i	19T15	41.48	150.80	404	AMBOS LADOS	307	1	868.5
205d	19T15	41.94	150.80	404	AMBOS LADOS	310	1	878.1
206i	19T15	47.50	150.80	404	AMBOS LADOS	351	1	994.6
206d	19T15	47.96	150.80	404	AMBOS LADOS	355	1	1004.2
207i	19T15	53.42	150.80	404	AMBOS LADOS	395	1	1118.5
207d	19T15	54.00	150.80	404	AMBOS LADOS	399	1	1130.7
208i	19T15	59.45	150.80	404	AMBOS LADOS	440	1	1244.8
208d	19T15	60.00	150.80	404	AMBOS LADOS	444	1	1256.3
209i	19T15	65.36	150.80	404	AMBOS LADOS	483	1	1368.5
209d	19T15	66.14	150.80	404	AMBOS LADOS	489	1	1384.8
210i	19T15	71.38	150.80	404	AMBOS LADOS	528	1	1494.6
210d	19T15	72.08	150.80	404	AMBOS LADOS	533	1	1509.2
211i	19T15	77.30	150.80	404	AMBOS LADOS	571	1	1618.5
211d	19T15	78.22	150.80	404	AMBOS LADOS	578	1	1637.8
212i	19T15	83.33	150.80	404	AMBOS LADOS	616	1	1744.8
212d	19T15	84.09	150.80	404	AMBOS LADOS	622	1	1760.7
213i	19T15	89.26	150.80	404	AMBOS LADOS	660	1	1868.9
213d	19T15	90.34	150.80	404	AMBOS LADOS	668	1	1891.5
214i	19T15	95.30	150.80	404	AMBOS LADOS	705	1	1995.4
214d	19T15	96.14	150.80	404	AMBOS LADOS	711	1	2013.0
215i	12T15	101.18	150.80	255.2	AMBOS LADOS	748	1	1338.0
215d	12T15	102.43	150.80	255.2	AMBOS LADOS	757	1	1354.5
216i	12T15	107.26	150.80	255.2	AMBOS LADOS	793	1	1418.4
216d	12T15	108.21	150.80	255.2	AMBOS LADOS	800	1	1431.0
301	19T15	189.47	150.80	404	AMBOS LADOS	1402	2	7941.8
302	19T15	189.47	150.80	404	AMBOS LADOS	1402	2	7941.8
303	19T15	189.47	150.80	404	AMBOS LADOS	1402	2	7941.8
304	19T15	189.47	150.80	404	AMBOS LADOS	1402	2	7941.8
401i	19T15	25.39	150.80	404	AMBOS LADOS	189	1	533.9
402i	19T15	28.39	150.80	404	AMBOS LADOS	211	1	596.7
403i	19T15	31.39	150.80	404	AMBOS LADOS	233	1	659.5
404i	19T15	24.16	150.80	404	AMBOS LADOS	180	1	509.6
405i	19T15	30.22	150.80	404	AMBOS LADOS	225	1	636.5
406i	19T15	36.22	150.80	404	AMBOS LADOS	269	1	762.1
407i	19T15	25.37	150.80	404	AMBOS LADOS	188	1	533.5
408i	19T15	28.37	150.80	404	AMBOS LADOS	211	1	596.3
409i	19T15	31.36	150.80	404	AMBOS LADOS	233	1	638.1
401d	19T15	25.59	150.80	404	AMBOS LADOS	190	1	600.9
402d	19T15	28.59	150.80	404	AMBOS LADOS	212	1	664.8
403d	19T15	31.64	150.80	404	AMBOS LADOS	235	1	641.1
404d	19T15	24.36	150.80	404	AMBOS LADOS	181	1	513.8
405d	19T15	30.44	150.80	404	AMBOS LADOS	226	1	641.1
406d	19T15	36.54	150.80	404	AMBOS LADOS	271	1	768.8
407d	19T15	25.58	150.80	404	AMBOS LADOS	190	1	537.9
408d	19T15	28.61	150.80	404	AMBOS LADOS	212	1	601.3
409d	19T15	31.64	150.80	404	AMBOS LADOS	235	1	664.8
501	19T15	40.62	150.80	404	AMBOS LADOS	2	2	
FUT.1	19T15	257.2	150.80	404	AMBOS LADOS	2	2	
FUT.2	19T15	257.2	150.80	404	AMBOS LADOS	2	2	

Tabla 14. Listado de los tendones del presfuerzo longitudinal

Corrimiento de Carros de Colado.

Una vez que se ha tensado el presfuerzo longitudinal de construcción, podemos iniciar a descimbrar la dovela, despegando los muros laterales interiores, de la parte abatible, quitando la cimbra frontal (tapes) y la cimbra de bordes, se procede a despegar las plataformas inferior y superior, soltando las barras de presfuerzo y ajustando las tuercas, tanto las frontales, traseras y laterales.

Una vez que se ha despegado el carro de colado, se liberan los rieles para avanzarlos a la siguiente dovela, sujetándolos provisionalmente a las barras y vigas de anclaje.



Imagen. 100 Descenso de carro, soltando barras de presfuerzo.



Imagen. 101 Empuje del carro con gatos.



Imagen. 102 Levantamiento de carro y corrimiento de viga.

Ciclo de colado de dovelas in situ con carros de colado en doble voladizo.

1. Se mueve el carro de colado y se posiciona para la siguiente dovela, en ambos lados del voladizo.
2. Nivelación del carro de colado, revisando los 14 puntos que indica el proyecto.
3. Colocación de ducto engargolado para los tendones de presfuerzo.
4. Armado de acero de refuerzo en dovela.
5. Colocación de accesorios de presfuerzo y el acero de refuerzo adicional en zona de trompetas, colocación de respiraderos.
6. Colocación de ductos y accesorios de presfuerzo transversal.
7. Cierre de cimbra en muros abatibles, tapes y bordes, sellado de cimbra con espuma de poliuretano.
8. Colocación de placas para control geométrico.
9. Colado de la dovela con concreto $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$, curado inmediato de superficies descubiertas.
10. Espera de fraguado y evolución de resistencia del 80% del concreto, verificado mediante pruebas de cilindros en laboratorio.
11. Insertar en los ductos los 2 tendones de presfuerzo de construcción, colocándoles en las puntas los accesorios (placas activas y cuñas).
12. Colocación del presfuerzo transversal, cable monitorón, placa de reacción, tejo y cuña.
13. Una vez que se tiene por parte de laboratorio el resultado de resistencia del concreto podemos proceder a aplicar la carga a los cables.
14. Descimbrado de tapes, bordes y cimbras abatibles.
15. Descenso de plataformas del carro, losa inferior y superior, despegue de cimbra.
16. Desanclaje de carro de colado, corrimiento de rieles.
17. Corrimiento de carros de colado, mediante el uso de gatos de empuje.
18. Anclaje de carro de colado a las losas superior e inferior.
19. Se repetirán los pasos anteriores nuevamente.

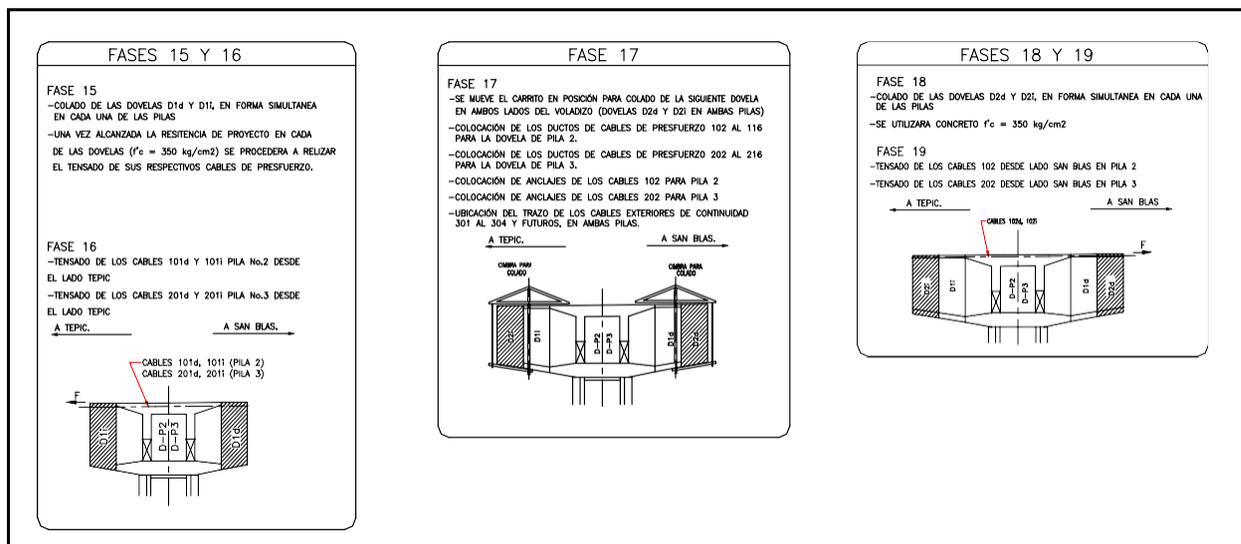


Imagen. 103 Fases de colado de dovelas

VOLÚMENES Y P.U. DE LAS DOVELAS EN DOBLE VOLADIZO.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
DOVELAS EN DOBLE VOLADIZO				
Dovela en Doble Voladizo D1 (una dovela)				
Concreto hidraulico f'c=350 kg/cm ² en Dovela D1	m3	59.20	\$ 7,006.98	\$ 414,813.22
Acero de Refuerzo en Dovela D1	Kg	8,088.00	\$ 22.42	\$ 181,332.96
Acero de Presfuerzo Longitudinal en Dovela D1	Kg	742.40	\$ 53.51	\$ 39,725.82
Acero de Presfuerzo Transversal en Dovela D1	Kg	282.00	\$ 53.51	\$ 15,089.82
Anclajes 19T15 ó 12T15	Pza	4.00	\$ 4,056.92	\$ 16,227.68
Anclajes 1T15	Pza	28.00	\$ 208.97	\$ 5,851.16
Subtotal Dovela en Doble Voladizo D1 (una dovela)				\$ 673,040.66
Dovela en Doble Voladizo D1 (par de dovelas)				
Concreto hidraulico f'c=350 kg/cm ² en Dovela D1	m3	118.40	\$ 7,006.98	\$ 829,626.43
Acero de Refuerzo en Dovela D1	Kg	16,176.00	\$ 22.42	\$ 362,665.92
Acero de Presfuerzo Longitudinal en Dovela D1	Kg	1,484.80	\$ 53.51	\$ 79,451.65
Acero de Presfuerzo Transversal en Dovela D1	Kg	564.00	\$ 53.51	\$ 30,179.64
Anclajes 19T15 ó 12T15	Pza	8.00	\$ 4,056.92	\$ 32,455.36
Anclajes 1T15	Pza	56.00	\$ 208.97	\$ 11,702.32
Subtotal Dovela en Doble Voladizo D1 (par de dovelas)				\$ 1,346,081.32
Dovela en Doble Voladizo D16 (par de dovelas)				
Concreto hidraulico f'c=350 kg/cm ² en Dovela D1	m3	82.00	\$ 7,006.98	\$ 574,572.36
Acero de Refuerzo en Dovela D1	Kg	11,618.00	\$ 22.42	\$ 260,475.56
Acero de Presfuerzo Longitudinal en Dovela D1	Kg	5,698.80	\$ 53.51	\$ 304,942.79
Acero de Presfuerzo Transversal en Dovela D1	Kg	564.00	\$ 53.51	\$ 30,179.64
Anclajes 19T15 ó 12T15	Pza	8.00	\$ 4,056.92	\$ 32,455.36
Anclajes 1T15	Pza	56.00	\$ 208.97	\$ 11,702.32
Subtotal Dovela en Doble Voladizo D16 (par de dovelas)				\$ 1,214,328.03
Dovela en Doble Voladizo D17 (par de dovelas)				
Concreto hidraulico f'c=350 kg/cm ² en Dovela D1	m3	81.80	\$ 7,006.98	\$ 573,170.96
Acero de Refuerzo en Dovela D1	Kg	9,620.00	\$ 22.42	\$ 215,680.40
Acero de Presfuerzo Longitudinal en Dovela D1	Kg	0.00	\$ 53.51	\$ -
Acero de Presfuerzo Transversal en Dovela D1	Kg	564.00	\$ 53.51	\$ 30,179.64
Anclajes 19T15 ó 12T15	Pza	0.00	\$ 4,056.92	\$ -
Anclajes 1T15	Pza	56.00	\$ 208.97	\$ 11,702.32
Subtotal Dovela en Doble Voladizo D17 (par de dovelas)				\$ 830,733.32
Dovelas en Doble Voladizo D1 a D17 de P2 y P3, (Dos carros)				
Concreto hidraulico f'c=350 kg/cm ² en Dovela D1	m3	3,261.60	\$ 7,006.98	\$ 22,853,965.97
Acero de Refuerzo en Dovela D1	Kg	477,556.00	\$ 22.42	\$ 10,706,805.52
Acero de Presfuerzo Longitudinal en Dovela D1	Kg	155,208.40	\$ 53.51	\$ 8,305,201.48
Acero de Presfuerzo Transversal en Dovela D1	Kg	19,176.00	\$ 53.51	\$ 1,026,107.76
Anclajes 19T15 ó 12T15	Pza	256.00	\$ 4,056.92	\$ 1,038,571.52
Anclajes 1T15	Pza	1,904.00	\$ 208.97	\$ 397,878.88
Subtotal Dovelas en Doble Voladizo D1 a D17 de P2 y P3, (Dos carros)				\$ 44,328,531.13

Tabla 15. Volúmenes y PU de las dovelas en doble voladizo



Imagen.104 Estatus del proyecto al mes de septiembre 2012.

Dovelas de orilla.

Dentro del programa de ejecución de obra debemos de considerar que dentro de la secuencia constructiva lo que a mi parecer es otro hito en la construcción de puentes doble voladizo, la construcción de la dovela de orilla, la cual se debe de terminar antes o a más tardar al tiempo de la última dovela en doble voladizo, ya que de lo contrario tendremos por un lado un retraso innecesario en la secuencia de construcción, ya que no podremos ejecutar las dovelas de cierre, por otro lado no se recomienda dejar suspendido el voladizo ya terminado, pues seguramente las deformaciones del voladizo, pueden aumentar y salirse de los parámetros de diseño, es decir que cuando se termine la dovela de orilla, y se pretenda hacer la dovela de cierre, el nivel del voladizo este por debajo de la de orilla. Para evitar los anteriores problemas debemos de programar muy bien los trabajos y los suministros de materiales y equipos especiales, como son los apoyos Tetron, estos son de importación y se tardan de 3 o 4 meses en fabricar y surtirlos, los cuales debemos de tener antes de iniciar la construcción de la losa de fondo de la dovela de orilla, pues van colados en esta.

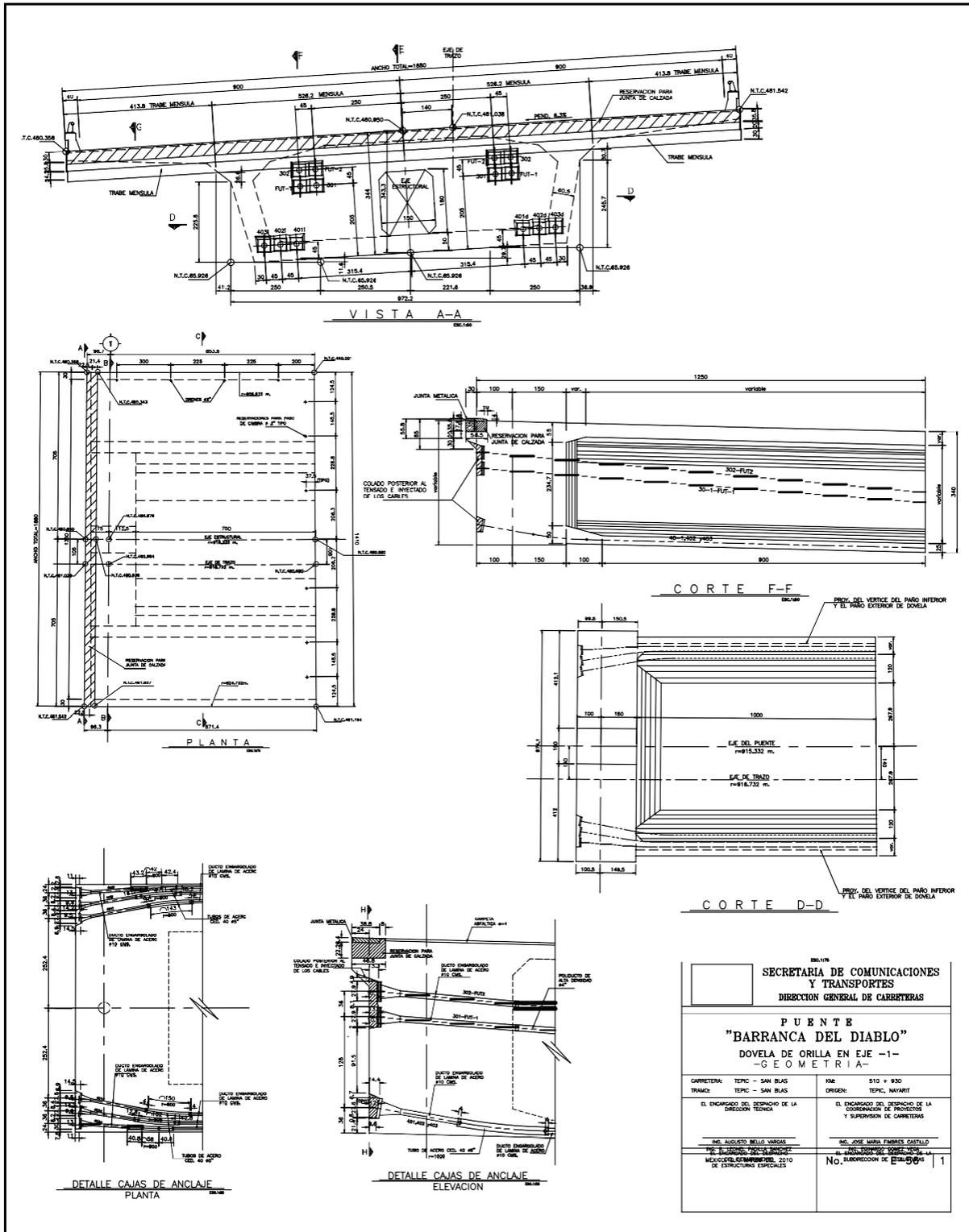
En el caso particular de las dovelas de orilla de este proyecto, la cota del terreno permitió que se construyeran sobre una plantilla de concreto armado, colocada sobre el terreno, para lo cual tuvimos que realizar un corte para ambas orillas, ya que el nivel del terreno natural estaba por encima del desplante de estas, cabe mencionar que en general esto no es posible, teniendo que implementar métodos de apuntalamiento provisional, con proveedores que nos realicen un diseño específico que considere las alturas y peso de la dovela, con un apuntalamiento estructural, diseño, suministro y colocación que tardará de 2 a 3 meses, lo cual también tendremos que tomar en cuenta en nuestro programa.

Las dovelas de ambas orillas E1 y E4, se construyeron con el mismo procedimiento, una vez que se tenía la plantilla de concreto armado se procedió al armado de la losa de fondo y muros, el colado se realizó en cuatro etapas: losa de fondo, muro primer trepa, muro segunda trepa, y losa superior. en los extremos del lado del estribo, estas dovelas llevan un muro diafragma, en él se colocan los dispositivos de anclaje activo para el presfuerzo longitudinal de servicio, en la losa de fondo de esta misma van alojados 3 ductos en cada lado, los cuales cosen las dovelas del D12, D13 y D14 del voladizo con la dovela de orilla, claro y por la acción del postensado las dovelas que se encuentran entre estos elementos.

Para la losa superior y los volados de la misma se colocó por dentro del cajón cimbra tradicional, de madera, a base de puntales, madrinas y contravientos, para colocar un tendido con triplay. Para la parte exterior que queda en voladizo se dejaron placas ahogadas en los muros del segundo trepado, de las cuales se soldaron unas viguetas metálicas, apuntaladas con patas de gallo de perfil metálico.

La losa superior también lleva refuerzo transversal, por lo que se debe de tomar en cuenta tanto el ducto como el cable y sus accesorios pues lo lleva en el mismo espaciamiento que las dovelas, a cada 20 cm, por lo que hay que poner 60 juegos por dovela que tenemos que tener suministrados.

Detalles de los planos de las dovelas de orilla.



SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS	
PUNTE "BARRANCA DEL DIABLO" DOVELA DE ORILLA EN EJE -I- -GEOMETRIA-	
CARRETERA: TEPIC - SAN BLAS TRAMO: TEPIC - SAN BLAS	KM: 510 + 930 ORIGEN: TEPIC, INVIART
EL INGENIERO DEL DISEÑO DE LA DIRECCION TECNICA	EL INGENIERO DEL DISEÑO DE LA COORDINACION DE PROYECTOS Y SUPERVISION DE CARRETERAS
ING. AUGUSTO BELLO VARGAS P.E. - JUANJO PARRA ANDRADA MEXICO-D.F. SEPTIEMBRE, 2010 DE ESTRUCTURAS ESPECIALES	ING. JOSE MARIA FABRIS CASTILLO P.E. - JUANJO PARRA ANDRADA MEXICO-D.F. SEPTIEMBRE, 2010 No. SUPERVISION DE E.S.E. 1

Imagen. 105 Detalles de los planos de las dovelas de orilla.

Cuando se coló el estribo, se dejó pendiente el cierre de los muros pantalla, ya que el espacio se reduciría de manera importante para maniobras de acceso de los materiales, cimbras y equipos necesarios para retirar los sistemas de cimbras y colocación de presfuerzo longitudinal de servicio y sus dispositivos antivibratorios, pues como habíamos mencionado la dovela lleva un muro diafragma, el cual tiene un paso hombre de 1.50 x 1.80 m, aunque con un reducido espacio entre el muro diafragma y el muro de respaldo de 1.20 m, por lo que cualquier maniobra para ingresar materiales se dificultará si estuviera colado completamente el estribo.

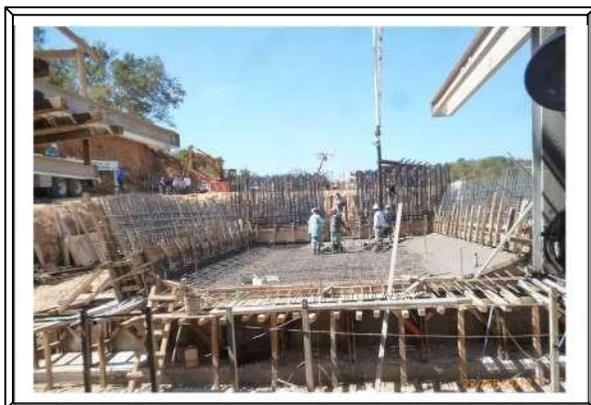


Imagen. 106 Colado de la Losa de fondo, dovela de orilla E-4.



Imagen. 107 Armado en dovela de orilla E-1, nótase el volado en la parte frontal, para insertar la cimbra para el cierre.

En la parte frontal de la dovela, se deberá dejar una preparación con apuntalamiento provisional, ya que una vez colada la dovela de orilla se retirará este apuntalamiento, dejando el espacio libre para insertar parte de la cimbra del carro de colado y poder colar la dovela de cierre. Una vez que se han colado las dovelas de cierre y colocado el presfuerzo longitudinal, es necesario quitar la plataforma sobre la que se coló, tanto la plantilla como un corte adicional que se realizó, ya que hay que dejar que la estructura trabaje de acuerdo a las hipótesis de proyecto, en la cual no está considerado que la superestructura reaccione contra el suelo.

VOLUMENES Y P.U. DE LAS DOVELAS DE ORILLA.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
DOVELAS DE ORILLA				
Dovela de Orilla (tipo) E1, E4 (una dovela)				
Concreto hidraulico $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$	m3	230.10	\$ 7,006.98	\$ 1,612,306.10
Acero de Refuerzo	Kg	31,876.00	\$ 22.42	\$ 714,659.92
Acero de Presfuerzo Transversal	Kg	1,230.00	\$ 53.51	\$ 65,817.30
Anclajes 1T15	Pza	120.00	\$ 208.97	\$ 25,076.40
Subtotal Dovela de Orilla (tipo) E1, E4 (una dovela)				\$ 2,417,859.72
Dovelas de Orilla E1 y E4 (dos dovelas)				
Concreto hidraulico $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$	m3	460.20	\$ 7,006.98	\$ 3,224,612.20
Acero de Refuerzo	Kg	63,752.00	\$ 22.42	\$ 1,429,319.84
Acero de Presfuerzo Transversal	Kg	2,460.00	\$ 53.51	\$ 131,634.60
Anclajes 1T15	Pza	240.00	\$ 208.97	\$ 50,152.80
Subtotal Dovelas de Orilla E1 y E4				\$ 4,835,719.44

Tabla 16. Volúmenes y PU de las dovelas de orilla.



Imagen. 108 Cimbra de losa superior en dovela de orilla.

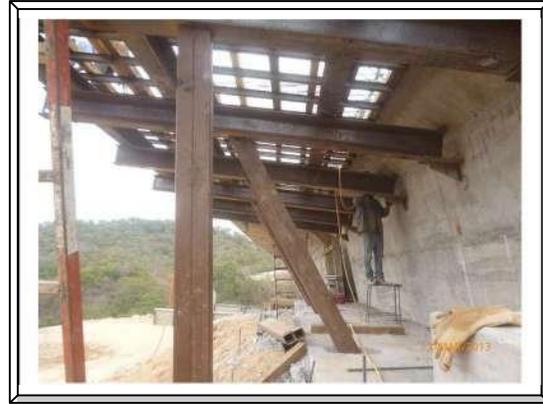


Imagen. 109 Apuntalamiento en volado de losa superior de dovela de orilla.



Imagen. 110 Colado de dovela de orilla.

Dovelas de cierre.

El hito que nos permite cerrar nuestra estructura, es la dovela de cierre, en el caso del Barranca del diablo son 3, una la que cierra el claro E1-P2, otra de igual dimensión la que cierra el claro P3-E4, estas tienen una dimensión diferente a cada lado, pero ambas son iguales, intradós tiene 1.873, extradós 1.913 m, la otra dovela es el cierre central en el claro P2-P3 esta dovela es un poco más pequeña que las anteriores, intradós tiene 1.805, extradós 1.843 m, estas dovelas llevan 12 tubos de acero abocinados para el presfuerzo longitudinal, por lo cual se tienen que colocar dos bloques de anclaje de concreto armado amarrados al armado de la losa inferior de la dovela.

Para el colado de los cierres lo más práctico, y para utilizar los materiales y equipos que tenemos en la obra, es necesario hacer unas modificaciones a los carros de colado para utilizarlos en esta etapa. Para las dovelas de cierre la longitud al eje del puente cambia de una dovela en voladizo de 3.00 m a 1.824 o 1.893 para la dovela de cierre, por esta razón se deja un espacio al frente de la dovela de orilla, ya que ahí entra la longitud de la cimbra y los perfiles que no se ocupan en el cierre, al igual en la dovela del claro P2-P3 aunque aquí hay espacio suficiente para colocar la cimbra. Otra modificación es que la cimbra y el carro ya no trabajan en voladizo, trabajara simplemente apoyado en ambos extremos, por lo que hay necesidad de colocar un refuerzo adicional de viguetas metálicas en la parte de arriba, al ras de la losa superior. También habrá que colgar la cimbra mediante barras de presfuerzo, las cuales reaccionan contra la losa.

De hecho, es importante mencionar que para el claro central (P2-P3) este se compone por una dovela sobre pila y 17 dovelas en voladizo, más una de cierre, de estas 17 en voladizo, 16 de ellas llevan presfuerzo de construcción no así la dovela 17 ni la de cierre, ya que ninguna de estas dos requiere soportar los esfuerzos mecánicos que le induce el peso del carro de colado en voladizo.

Para colar la dovela de cierre, en el caso del claro central se requiere desmontar, parcialmente un carro de colado, quitando principalmente las plataformas y en general toda la cimbra de la dovela, pudiendo dejar los marcos de carga para una posterior etapa, ya que el lugar que ocupa la plataforma será ocupado por la plataforma del carro contrario con la que pretendamos colar el cierre. Una vez colado el cierre podremos iniciar el desmontaje de carros de colado, para lo cual tendremos que recorrerlo a una zona donde estén al alcance de una grúa pudiendo ser en las dovelas sobre pila o hacia los estribos.



Imagen. 111 Se ha retirado un carro, lado derecho para que el del lado izquierdo entre en la dovela.



Imagen. 112 Llegada de ambos carros a la dovela de cierre.

Detalles de los planos de las dovelas de cierre.

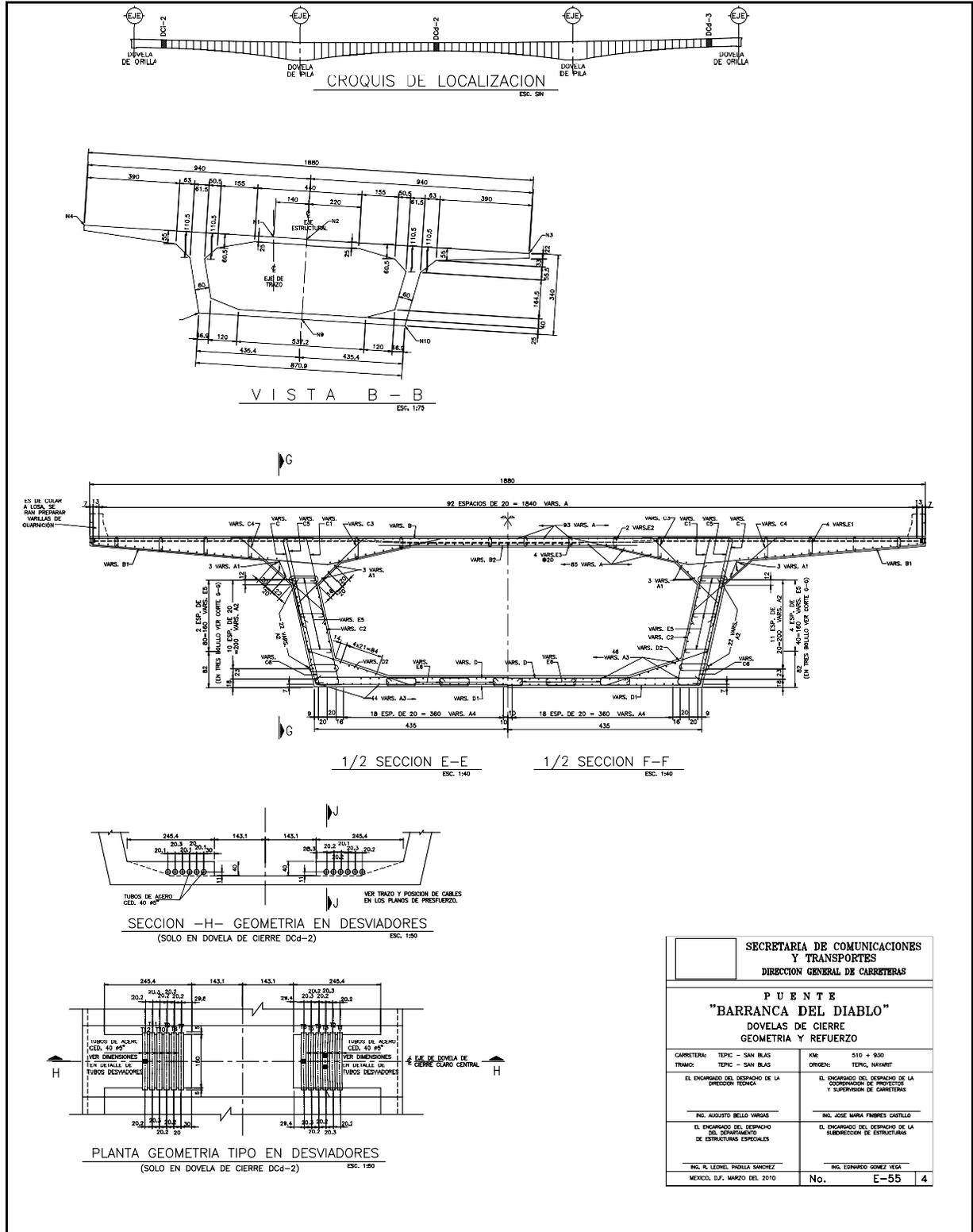


Imagen. 113 Detalles de los planos de las dovelas de cierre.



Imagen. 114 Colado de dovela de cierre.



Imagen. 115 Colocación y suspensión de cimbra mediante barras y viguetas.



Imagen. 116 Cierre de Claro P3-E4

VOLUMENES Y P.U. DE LA SUPERESTRUCTURA DE LAS DOVELAS DE CIERRE.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
DOVELAS DE CIERRE				
Dovela de Cierre tipo E1-P2, P3-E4. (una dovela)				
Concreto hidraulico $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$	m3	25.70	\$ 7,006.98	\$ 180,079.39
Acero de Refuerzo	Kg	3,024.00	\$ 22.42	\$ 67,798.08
Acero de Presfuerzo Transversal	Kg	282.00	\$ 53.51	\$ 15,089.82
Anclajes 1T15	Pza	120.00	\$ 208.97	\$ 25,076.40
Subtotal Dovela de Cierre tipo E1-P2, P3-E4, (una dovela)				\$ 288,043.69
Dovela de Cierre P2-P3				
Concreto hidraulico $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$	m3	27.00	\$ 7,006.98	\$ 189,188.46
Acero de Refuerzo	Kg	3,699.00	\$ 22.42	\$ 82,931.58
Acero de Presfuerzo Transversal	Kg	282.00	\$ 53.51	\$ 15,089.82
Anclajes 1T15	Pza	120.00	\$ 208.97	\$ 25,076.40
Subtotal Dovela de Cierre P2-P3.				\$ 312,286.26
Dovelas de Cierre E1-P2, P2-P3, P3-E4, (3 dovelas)				
Concreto hidraulico $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$	m3	78.40	\$ 7,006.98	\$ 549,347.23
Acero de Refuerzo	Kg	9,747.00	\$ 22.42	\$ 218,527.74
Acero de Presfuerzo Transversal	Kg	846.00	\$ 53.51	\$ 45,269.46
Anclajes 1T15	Pza	360.00	\$ 208.97	\$ 75,229.20
Subtotal Dovelas de Cierre E1-P2, P2-P3, P3-E4, (3 dovelas)				\$ 888,373.63

Tabla 17 Volúmenes y PU. de la superestructura de las dovelas de cierre.

Presfuerzo longitudinal.

Una vez que se ha cerrado el puente, es decir que se han colado todas las dovelas, se requiere colocar el presfuerzo longitudinal de servicio, este presfuerzo prepara al puente para soportar las cargas de servicio. Los tendones están compuestos por cables de acero 19T15, al igual que los que utilizamos en la primera etapa de las dovelas del voladizo.

El primer sistema, es un sistema de tendones externos, los cuales corren por un ducto de polietileno de alta densidad (PAD), siguiendo una trayectoria donde suben y bajan de nivel, en los cambios de dirección hay un bloque desviador de concreto armado y tubos abocinados de acero ahogados en el bloque de concreto.

En la dovela de orilla del E1, como habíamos dicho hay un muro diafragma en la parte frontal, en el cual hay ubicados en la parte superior y a ambos lados ocho ductos, cuatro del lado derecho Fut-1d, Fut-2d, 301-d y 302-d, y otros cuatro del lado izquierdo Fut-1i, Fut-2i, 301-i y 302-i, de estos ductos los cuatro Fut-1 y Fut-2 no se ocuparán, están reservados para cualquier reforzamiento futuro.

Los otros cuatro corren longitudinalmente hasta la dovela sobre la pila del apoyo 3, anclados al diafragma del lado que da hacia el apoyo E4, estos cables describen una trayectoria paralelo al diagrama de momentos, ya que el estribo E1 salen de la parte superior de la dovela pegados a la losa superior, su trayectoria va bajando hasta la dovela D11-i2, donde hay un bloque desviador al nivel de la losa de fondo, donde se colocaron cuatro tubos de acero abocinados por donde pasan los cables de presfuerzo, de este punto vuelven a subir y pasan por la parte superior de los muros diafragma de la dovela sobre la pila P2, pegados a la losa superior de este punto se llevan hacia la pila P3 en este claro van bajando su nivel hacia la losa inferior en la dovela D11-d2, de esta dovela nuevamente se llevan hacia la parte superior del

muro diafragma de la dovela sobre la pila P3 del lado más cercano al estribo E4, resumiendo estos cables van desde la dovela de orilla D1 a la pila P3. El tramo del Estribo E4 a la Pila P2 es un espejo de lo que se colocó de la E1 a la P3, solo que la nomenclatura de los cables activos cambia 303-d, 304-d, 303-i y 304-i y los cables Fut-1d, Fut-2d, Fut-1i y Fut-2i.



Imagen. 117 Muro diafragma en dovela de orilla E4.



Imagen. 118 Bloques desviadores para el presfuerzo longitudinal.

Detalles de los planos del presfuerzo longitudinal.

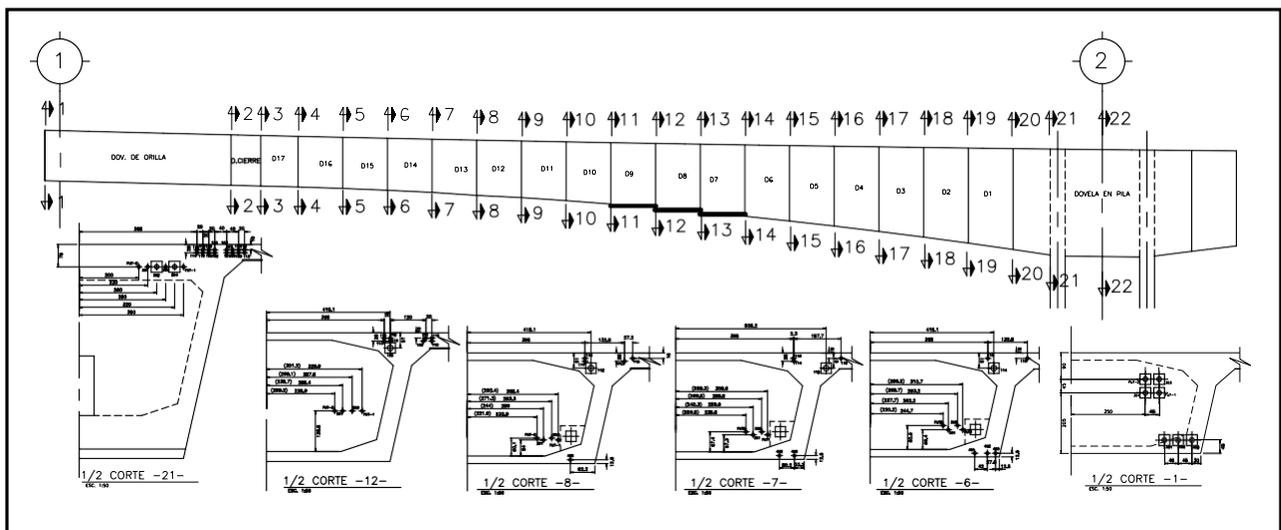


Imagen. 119 Trayectoria del presfuerzo longitudinal de servicio E1-P2.

VOLUMENES Y P.U. DEL PRESFUERZO LONGITUDINAL.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
PRESFUERZO LONGITUDINAL DE SERVICIO.				
Presfuerzo Longitudinal cables 301 al 304 y del 401 al 409.				
Acero de Presfuerzo Longitudinal en Dovela D1	Kg	42,785.70	\$ 53.51	\$ 2,289,462.81
Anclajes 19T15 ó 12T15	Pza	44.00	\$ 4,056.92	\$ 178,504.48
Dispositivos Antivibratorios	Pza	48.00	\$43,674.43	\$ 2,096,372.64
Subtotal Presfuerzo Longitudinal cables 301 al 304 y del 401 al 409.				\$ 4,564,339.93

Tabla 18 Volúmenes y PU del presfuerzo longitudinal.

VOLUMENES Y P.U. DE LA SUPERESTRUCTURA.

TOTALES DE DOVELAS EN SUPERESTRUCTURA				
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
Concreto hidraulico $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$	m3	4,900.20	\$ 7,006.98	\$ 34,335,603.40
Acero de Refuerzo	Kg	663,697.00	\$ 22.42	\$ 14,880,086.74
Acero de Presfuerzo Longitudinal	Kg	120,389.90	\$ 53.51	\$ 6,442,063.55
Acero de Presfuerzo Transversal	Kg	24,659.00	\$ 53.51	\$ 1,319,503.09
Anclajes 19T15 ó 12T15	Pza	180.00	\$ 4,056.92	\$ 730,245.60
Anclajes 1T15	Pza	2,428.00	\$ 208.97	\$ 507,379.16
Dispositivos Antivibratorios	Pza	48.00	43,674.43	\$ 2,096,372.64
Total de Superestructura.				\$ 60,311,254.18

Tabla 19 Volúmenes y PU de la superestructura.

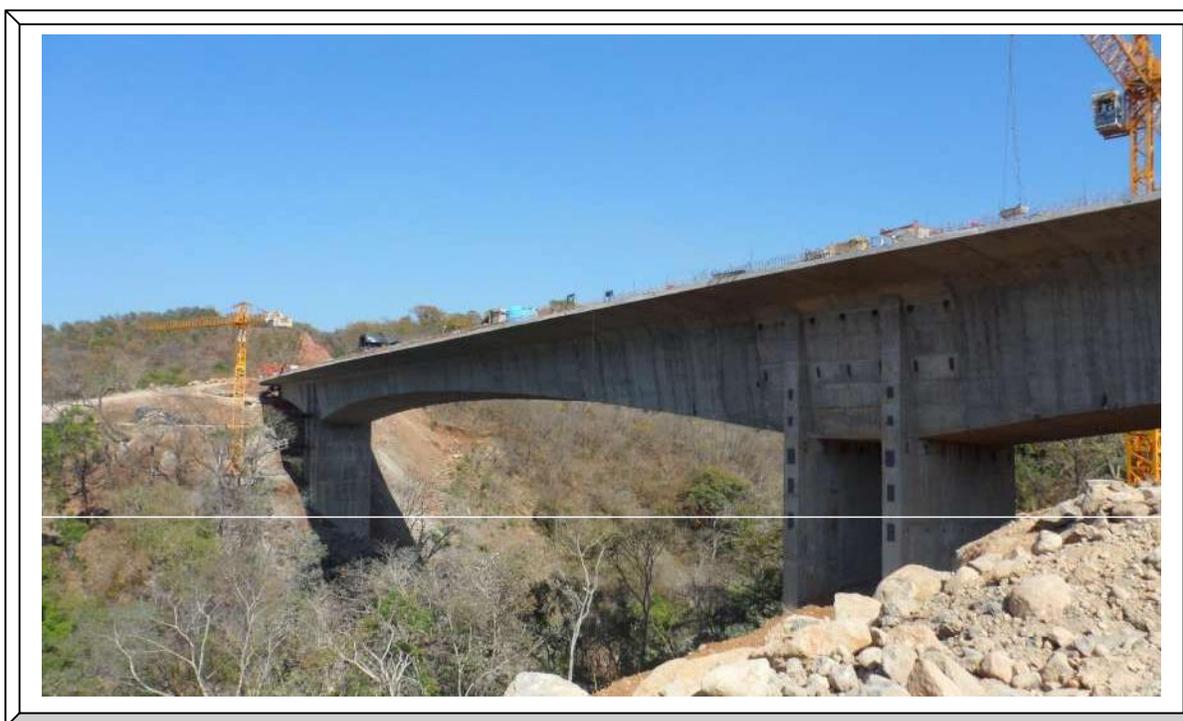


Imagen. 120 Claro central P2-P3.

Trayectoria del presfuerzo longitudinal de servicio CL P2P3-P3.

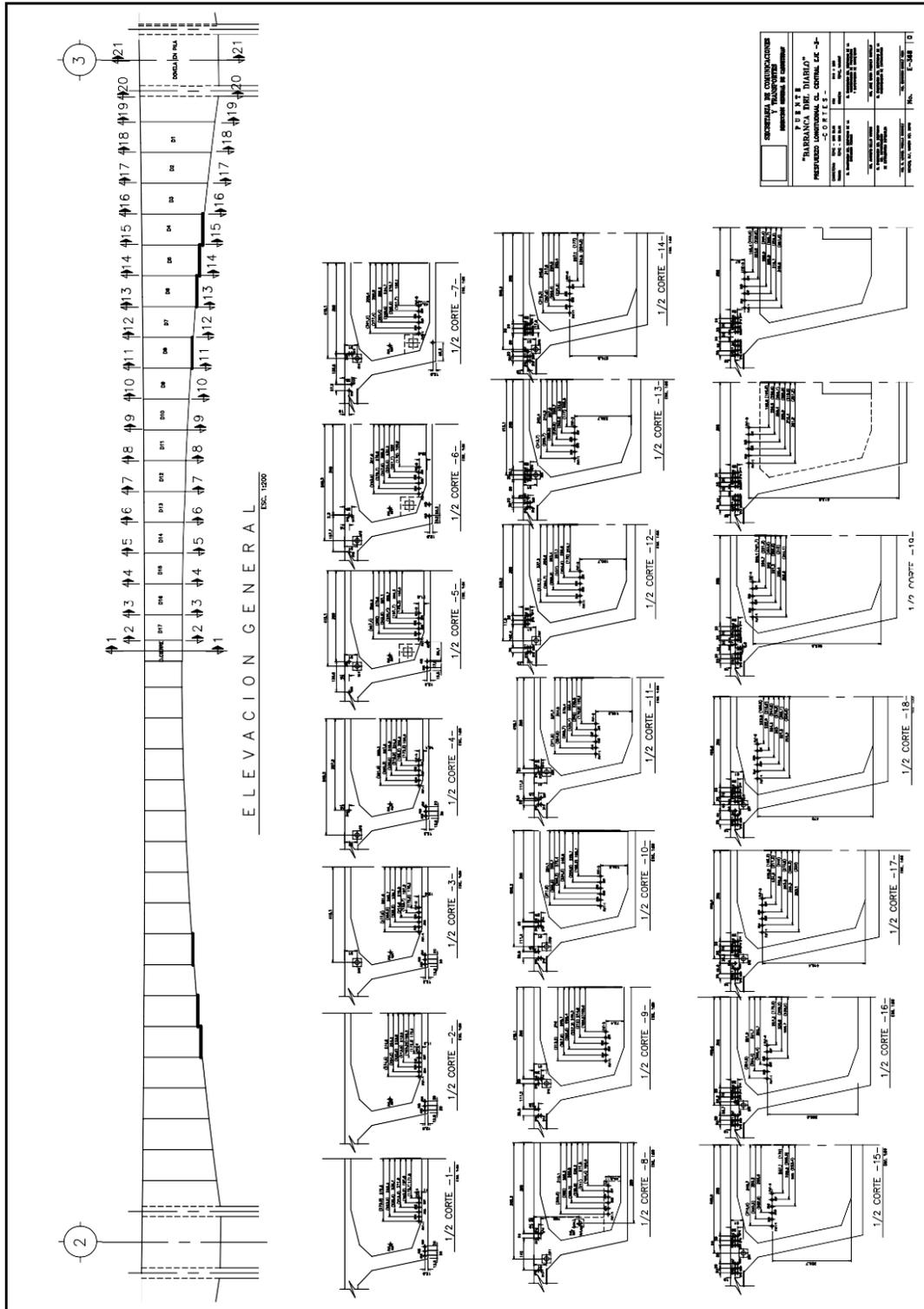


Imagen. 122 Trayectoria del presfuerzo longitudinal de servicio CL P2P3-P3.



Imagen. 123 Estatus del proyecto al mes de octubre 2012.

Dispositivos antivibratorios.

Los tendones de presfuerzo longitudinal de servicio son externos, por lo que requieren un sistema antivibratorio, construido con perfiles metálicos anclados a la dovela, impidiendo la vibración excesiva de los cables y su posible fatiga, ya que el paso de los vehículos, el viento o un sismo podría ocasionar movimientos no deseados que pudieran afectarlos.

Estos dispositivos abrazan el ducto de PAD, mediante soleras en forma de omega uniones provistas de un anillo de neopreno para evitar daño al ducto, están dispuestos a lo largo de la trayectoria de los tendones, espaciados a cada 7.65m.

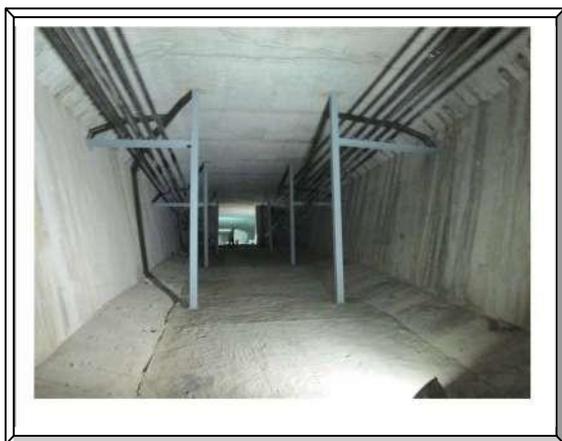


Imagen. 124 Dispositivo antivibratorios.



Imagen. 125 Dispositivos antivibratorios.

Adicionalmente a estos sistemas de cables hay tres tramos de estructura que requieren de seis tendones de presfuerzo por cada tramo para coser las dovelas con una trayectoria que va por dentro de la losa inferior, dos de estos salen de la parte inferior del muro diafragma en la dovela de orilla hasta las dovelas D14, D13 y D12 para ambas dovelas de orilla E1 y el E2, el tercero va al centro del claro P2-P3 y cosen las dovelas D12d-2 y D12i3, las dovelas D13d-2 y D13i-3, y las D14d-2 y D14i-3 de ambos lados de la dovela.

Para el tramo E1-P2, salen 6 tendones, tres a cada lado de la dovela, 401-d, 402-d, 403d y 401-i, 402-i, 403-i, estos 6 cables corren por un ducto dejado ahogado en la losa inferior de la dovela, hasta salir al bloque de anclaje que le correspondía, el cable 401-d, salía en la dovela D14i-2d, el 402-d salía en la D13i-2d, el 403-d salía en la D12i-2d, los mismos tramos aplican para el lado izquierdo. Para el Tramo del extremo contrario E4-P3, salen también 6 tendones 407-d, 408-d, 409-d y 407-i, 408-i, 409-i, tres a cada lado de la dovela de orilla E4, y van terminando en las dovelas del tramo E4-P3.

Para el tramo central P2-P3, corren también 6 tendones, tres a cada lado de la dovela, igual que los otros por ductos ahogados en la losa inferior, estos cosen las dovelas del claro central la nomenclatura de estos 6 tendones son 404-d, 405-d, 406-d, 404-i, 405-i y 406-i, los tendones 404 van de la dovela D14d-2 a la D14i-2, los 405 van de la dovela D13d-2 a la D13i-2 y los 406 van de la dovela D12d-2 a la D12i-2.

Estos tendones salen en su respectivo lado de la dovela, en un bloque de anclaje de concreto armado, ambos lados son activos, por lo que se requiere tensar por ambos lados, de acuerdo a las fuerzas de tensado que marca el proyecto.



Imagen. 126 Bloques de anclaje para cables 407-i, 408-i 409-i en dovelas D12, D13 y D14.



Imagen. 127 Tensado de tendones 407-i, 408-i 409-i en E4

VOLUMENES Y P.U. DE LOS DISPOSITIVOS ANTIVIBRATORIOS.

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
<i>PRESFUERZO LONGITUDINAL DE SERVICIO.</i>				
Presfuerzo Longitudinal cables 301 al 304 y del 401 al 409.				
Acero de Presfuerzo Longitudinal en Dovela D1	Kg	42,785.70	\$ 53.51	\$ 2,289,462.81
Anclajes 19T15 ó 12T15	Pza	44.00	\$ 4,056.92	\$ 178,504.48
Dispositivos Antivibratorios	Pza	48.00	\$43,674.43	\$ 2,096,372.64
<i>Subtotal Presfuerzo Longitudinal cables 301 al 304 y del 401 al 409.</i>				\$ 4,564,339.93

Tabla 20. Volúmenes y PU de los dispositivos antivibratorios.

Inyección de lechada en ductos de presfuerzo y sello de cajetines.

La inyección en los cables es una consideración de especial cuidado que se debe tener en cuenta durante la construcción de estructuras de puentes presforzados, pues es importante que, mediante el llenado de los vacíos de los ductos, el acero de presfuerzo pueda estar protegido permanentemente.

El llenado del espacio libre entre los torones de presfuerzo y la pared interna del ducto con una lechada, el cual protege el acero de presfuerzo contra la corrosión, además de establecer adherencia entre los cables y el concreto para mejorar la resistencia a la rotura cuando se trata de una pieza de flexión.

Para realizar una buena inyección y que ésta cumpla su cometido, deben darse y verificarse las siguientes condiciones:

- El ducto no debe presentar obstáculos al paso de la lechada y su sección debe ser lo más regular posible.
- La sección del ducto debe ser lo suficientemente amplia para permitir el paso de la inyección. Esta dimensión está normalizada en 2 a 2.5 veces el área del acero de presfuerzo en el interior del ducto.
- El equipo de inyección debe ser lo suficientemente potente para garantizar el avance de la lechada de un extremo a otro del elemento.
- La zona de los anclajes debe estar perfectamente sellada para evitar pérdidas de presión y lechada.
- La lechada debe llenar completamente el ducto sin bolsas de aire ni de agua segregada. Por esta razón no puede utilizarse el aire comprimido para ejecutar este trabajo.
- El material de inyección y los aditivos utilizados deben estar libres de sustancias que puedan atacar el acero de los torones acelerando su corrosión.
- La resistencia a la compresión de la lechada o el mortero debe estar entre 20 MPa a los 28 días. La resistencia a la compresión no es importante por sí misma. Sin embargo, da idea de la calidad del material de la inyección y de sus propiedades, tales como adherencia, resistencia al cortante, durabilidad, trabajabilidad.

Los aspectos más importantes a considerar durante la inyección en los cables de presfuerzo se describen a continuación:

Propiedades de la lechada.

Para cumplir los requisitos exigidos una lechada de inyección debe tener las siguientes propiedades:

- Ser lo más homogénea posible, para lograrlo es recomendable utilizar medios mecánicos en lugar de hacerlo manualmente.
- No presentar tendencia a la segregación.
- Presentar una consistencia adecuada al equipo que se utilice, la consistencia ideal es la pastosa más que la líquida.

Composición de la lechada de inyección.

La lechada es una mezcla de cemento, agua y aditivos, estos se pueden usar si se demuestra que mejoran las propiedades de la lechada, por ejemplo, si aumenta su trabajabilidad, disminuye la segregación o expande el volumen de la lechada. El aditivo deberá estar libre de sustancias capaces de afectar el acero de los torones, el concreto o la lechada misma tales como cloruros, nitratos o sulfatos. El efecto expansivo debe ser tal que se produzcan aumentos de volumen entre el 5 y el 10%.

Dosificación de los materiales.

Se recomienda que la relación agua-cemento sea de 0.45 en peso. Los aditivos se dosifican según las recomendaciones del fabricante, generalmente como un porcentaje del peso de cemento. Los aditivos que se usan en las lechadas deben ser especiales para esta aplicación, dado que deben ser libres de sulfatos, sales y agentes agresivos con el acero de presfuerzo.

Preparación de la lechada.

La lechada se prepara en una máquina mezcladora provista de una bomba de inyección, inicialmente se vierte el agua, posteriormente el cemento y al final el aditivo. La mezcla se hace

por medio de un agitador eléctrico de paletas, una vez que se han introducido todos los componentes de la mezcla se deberá dar un tiempo de 3 minutos de mezclado, suficiente para lograr la incorporación de todos los materiales.

Ejecución de la inyección.

La salida de la bomba y el tubo de inyección se conectan con mangueras de polietileno de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro. En el otro extremo, a la salida, se coloca un tramo de aproximadamente 1 metro de la misma manguera. Poco antes de la inyección es recomendable que se lave el cable con agua limpia. La operación de inyección debe hacerse con aumento gradual de la presión, la cual finalmente no debe sobrepasar un valor de 10 bares. Cuando la lechada que aparece al otro extremo del cable tiene una consistencia homogénea y flujo constante, el tubo de polietileno dispuesto en la salida se dobla y se amarra con alambre, manteniendo la presión en unos 5 bars durante 5 minutos, después de lo cual se liga el tubo de admisión. Los tubos pueden retirarse al día siguiente cuando se encuentre fraguada la lechada.

Pueden inyectarse cables incluso cuando en su vecindad se presenten cables aún no tensados, siempre y cuando se tenga la precaución de lavar estos con agua y aire a presión, con el fin de remover antes del fraguado la lechada que hubiera podido pasar en caso de comunicación accidental entre los ductos. En cables muy largos es conveniente dejar purgas intermedias que también pueden servir como admisión de lechada para bombear en tramos más cortos, lo cual facilita la operación.

La etapa final del proceso consiste en cortar las puntas de los tendones de donde se colocó el dato para el tensado, utilizando medios mecánicos como discos abrasivos, es importante señalar que está terminantemente prohibido cortar cualquier cable de presfuerzo con equipo de oxicorte, ya que estos dañan las propiedades del cable.

Una vez que se han cortado las puntas, debemos proteger con mortero la zona de los anclajes, para lo cual debemos de colocar una cimbra que nos permita colar un bloque de mortero que tape los accesorios y las puntas de los cables.



Imagen. 128 Preparación de lechada con mezcladora.



Imagen.129 Inyectora de lechada.

En la etapa de la operación de los carros de colado se han dejado varios pasos en la estructura para las barras de presfuerzo que sostenían el carro de colado, estos tendremos que obturarlos con concreto de la misma resistencia que la estructura, en este caso $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$, para lo cual necesitamos fondear con cimbra cada paso para posteriormente colarlo.



Imagen. 130 Pasos para barras de presfuerzo.

Cierre de muros de respaldo en estribos.

Una vez que se han colocado los dispositivos antivibratorios, y se han retirado las partes del carro de colado que llevábamos dentro de la dovela, es tiempo de cerrar los muros de los estribos que dejamos pendientes, esta actividad es importante iniciarla lo antes posible, ya que de ella dependen la construcción de los apoyos del puente.



Imagen. 131 Muros de respaldo de estribos.

Rellenos en accesos y losas de aproximación.

Los accesos es la transición de la autopista con la estructura, en este proyecto son de 40 m en ambos lados de la estructura, la cual es formada mediante una estructura de terracería y

una losa de aproximación sobre la cual se coloca una capa de sub base y base hidráulica de 20 cm cada una, para cerrar con una capa de carpeta asfáltica de 12 cm de espesor.

El puente está construido a cuatro carriles y dos acotamientos uno a cada lado, la carretera, aunque ha sido proyectada a cuatro carriles a sido construida a dos carriles con acotamientos a cada lado, por lo que se tuvieron que encauzar los dos carriles hacia el centro del puente mediante abocinamientos a la entrada y salida.

En el estribo E4, se tuvo que adecuar un muro de contención existente de 20 m de alto, este muro presentaba rotación de la corona, ocasionados por empujes por carga hidráulica por falta de drenes.

Los accesos los fuimos rellenando con material de banco, compactado al 90% PVSM, adicionalmente se le coloca un dren con un tubo de PVC multiperforado, de 20 cm de diámetro a todo lo largo del estribo, a este tubo se conduce el agua del terraplén mediante un filtro de roca seleccionada.

Al terminar el relleno con el terraplén se colocó una capa de subrasante de 50 cm de espesor, compactada al 95% PVSM, la cual se prepara para recibir la losa de transición con una plantilla de concreto.

La losa de transición es de concreto armado de 25 cm de espesor, colada con concreto de resistencia $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$, y una doble parrilla de acero de refuerzo del #6 cm en ambas direcciones, sobre la cual se colocará una capa de 20 cm de subbase y una de base hidráulica, para recibir la carpeta de concreto asfáltico de 12 cm de espesor.

Entre la losa de acceso y el muro respaldo del estribo, debemos de colocar una junta de construcción de celotex de 19 mm. Una vez terminada de colar la losa se curó mediante una membrana de curado base agua.



Imagen. 132 Colado de losa de aproximación.



Imagen. 133 Colocación de Terraplén y drenes en acceso E4.

Colocación de carpeta asfáltica.

Una vez terminados los accesos y las guarniciones, debemos iniciar de acuerdo al programa de ejecución con los trabajos de colocación de carpeta asfáltica, tanto en los accesos, como sobre la losa superior del puente.

Como la junta de dilatación aún no se ha colocado, debemos de preparar el área para que en las cajas que dejamos sin colar no se meta el concreto, por lo que las llenamos con arena, sobre la cual se podrá colocar la capa asfáltica, ya posteriormente en el momento de colocar las juntas cortaremos con cortadora de piso y sacaremos la arena para colocar la junta de dilatación tipo peine.

Previamente a la colocación de la carpeta, fue necesario presentar una propuesta del material asfáltico y el diseño marshall, para que el departamento de Servicios Técnicos del Centro SCT, Nayarit lo ensayara y aprobara para su colocación, por lo cual un par de meses antes iniciamos con el trámite de aprobación. Como inicio de los trabajos, debemos iniciar un día antes con los riegos de impregnación en los accesos a razón de 1.5 lt/m^2 a una temperatura de 55 a $70 \text{ }^\circ\text{C}$, dejando curar el material colocado, para que tenga una penetración mínima de 5mm dentro de la capa de base.

Un día antes de colocar la carpeta, debemos de colocar el riego de liga, este riego de asfalto se usa para adherir una capa asfáltica sobre otra superficie construida anteriormente, quedando ligadas monolíticamente.

Para ambos riegos se requiere que el área por cubrir se encuentre libre de materiales sueltos, polvos o residuos de aceites, es recomendable hidratar la superficie rociando agua con la pipa. Este riego debe de aplicarse a razón de 0.7 lt/m^2 , la temperatura de aplicación comprende de 25 a $50 \text{ }^\circ\text{C}$., dejando que cure el riego hasta que cambie ligeramente de color, para colocar la carpeta.

Para la colocación de la carpeta asfáltica se requiere de una extendedora de asfalto, con la cual controlaremos el espesor colocado, regulando el espesor que se requiere para dejar nivelada la capa de rodamiento, mediante la medición con hilos y escantillones y ajustando la extendedora para que saque el espesor requerido.



Imagen. 134 Colocación de carpeta asfáltica con extendedora.



Imagen. 135 Aplicación de riego de liga.

La temperatura a la mezcla inmediatamente antes de proceder a su compresión deberá ser de 135°C a 145°C, sin embargo, es conveniente que después del tendido el concreto asfáltico y cuando la temperatura del mismo se encuentre entre 70° y 95°C, deberá plancharse uniformemente con una aplanadora de rodillo metálico tipo tándem (6 a 8 toneladas), para dar acomodo inicial a la mezcla, utilizando posteriormente una apisonadora neumática (4 a 7 toneladas), y finalmente con un rodillo metálico tipo tándem (12 toneladas) hasta borrar las huellas de a aplanadora neumática y alcanzar el grado de compactación de 95% del peso volumétrico Marshall. La compactación deberá terminarse a una temperatura mínima de 70°C.

Para la continuidad entre capas construidas en diferentes tiempos, es necesario perfilar la zona que no queda debidamente compactada generando un corte longitudinal de 90°, con la finalidad de garantizar la compactación en todo su espesor, y cortes transversales a 45°.

Las juntas transversales son las que se forman entre tendidos de carpeta inicial y final en cada tramo, estas deberán de tener un ángulo de 45° y una longitud de 1.50 m, estas juntas deberán de ser compactadas al mismo tiempo que toda la capa extendida, para que esta sirva como desplante de la capa siguiente, se tendrá especial cuidado que por ser material de termino de jornal no se encuentre segregado, de ser así se tendrá que retirar antes de colocar la siguiente capa.



Imagen. 136 Trabajos de pavimentación sobre puente.



Imagen. 137 Compactación con rodillo tándem.

VOLUMENES Y P.U. DE LOS TRABAJOS DE PAVIMENTACIÓN.

PAVIMENTACIÓN.				
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
Pavimentos en Accesos y Carpeta sobre Puente				
Subbase hidráulica, compactada al cien por ciento (100 %)	m ³	325.00	229.04	\$ 74,438.00
Base hidráulica, compactada al cien por ciento (100 %)	m ³	306.00	229.04	\$ 70,086.24
Emulsión catiónica RR2K en riego de impregnación	lt	1,645.00	10.35	\$ 17,025.75
Emulsión catiónica RR2K en riegos de liga	lt	3,698.00	9.87	\$ 36,499.26
Carpetas asfálticas, mezcla en caliente, al 95%	m ³	432.00	1,383.37	\$ 597,615.84
Cemento asfáltico AC-20 para carpeta asfáltica:	kg	60,480.00	11.23	\$ 679,190.40
Aditivos para carpetas de mezcla en caliente	lt	605.00	43.75	\$ 26,468.75
Subtotal Pavimentos en Accesos y Carpeta sobre Puente				\$ 1,501,324.24

Tabla 21. Volúmenes y PU de los trabajos de pavimentación.

TRABAJOS DIVERSOS.

Dispositivos de señalamiento y protección.

Para la operación del puente, el proyecto contempla un conjunto de señalización, tanto vertical como horizontal, esta señalización está dividida en señalamiento informativo, preventivo y de protección.

Debido a la ampliación-reducción de carriles de la autopista al puente y viceversa, ya que la autopista está construida a dos carriles y acotamientos y el puente a cuatro carriles y acotamientos, se hizo un encausamiento al centro del eje del trazo del puente, adicionalmente el proyecto contemplaba una barrera new jersey para división del sentido entre carriles. La modificación consistió en el aumento de área de acotamientos sobre el puente, por lo que se tuvo que pintar un cabreado dentro del acotamiento, al centro en el área donde irá la new jersey se pintó también el área con rayas transversales amarillas, además se colocó una señal de advertencia de no estacionarse sobre el puente.



Imagen. 138 Pintado de señalamiento horizontal, rayas continuas.



Imagen. 139 Cebreado en acotamientos y separador de carriles.



Imagen. 140 Señalamiento informativo de nombre de la estructura.



Imagen. 141 Defensa metálica galvanizada de tres crestas en accesos.

Guarniciones y parapetos.

Una vez que se han tensado todos los cables de presfuerzo longitudinal de servicio, podemos ejecutar las guarniciones, en los puentes especiales el procedimiento general indica que las guarniciones se tienen que ejecutar una vez que se han cerrado los claros y después de haber tensado el presfuerzo de servicio, ya que por un lado al aplicar el presfuerzo se le inducirá una deformación al tablero y por otro lado tal vez más importante es el peso adicional que la guarnición representaría en una estructura que no se ha cerrado.

Para las guarniciones en la etapa de colado de las dovelas, se han dejado el acero de refuerzo vertical ahogado en la losa superior, por lo que se tendrá que alinear y complementar el armado de acuerdo al proyecto, en la guarnición se deberá de dejar ahogada la placa inferior del anclaje del parapeto, la cual lleva cuatro espárragos para fijar la placa base del parapeto.



Imagen. 142 Guarnición y Parapeto.



Imagen. 143 Armado de guarnición y placas en parapeto.

Detalle de Parapeto y Guarnición.

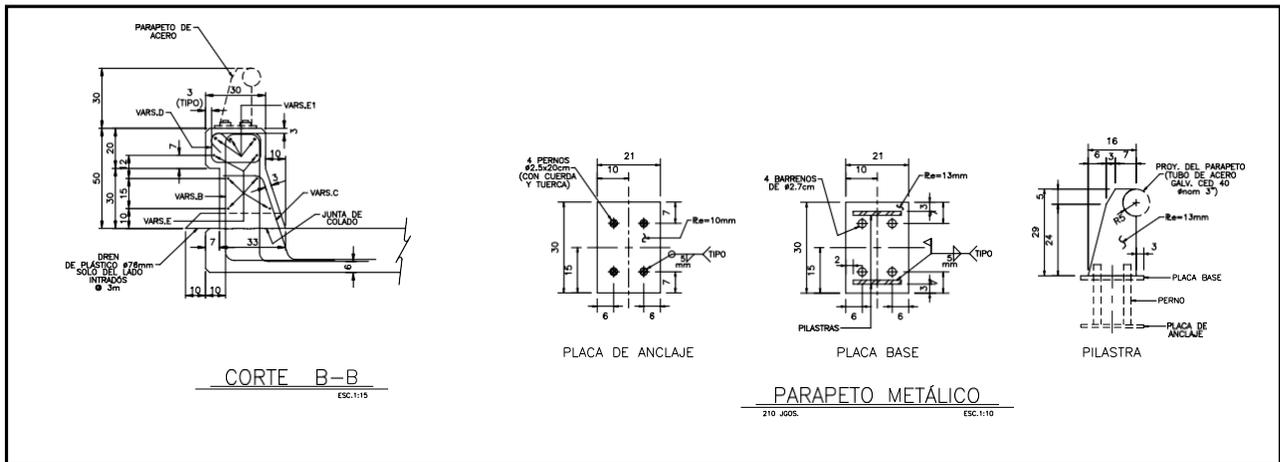


Imagen. 144 Detalle de Parapeto y Guarnición.

Juntas de dilatación.

Las juntas de dilatación para los puentes especiales, son juntas de patente, las cuales están diseñadas para asegurar la continuidad de la circulación entre dos obras, adaptándose a los movimientos estructurales debidos a los efectos de la fluencia, de la contracción, de las variaciones de temperatura y de las deformaciones de uso, aseguran el flujo de la escorrentía, ya que cuenta con una banda de elastómero para canalización del agua de lluvia y minimizar el ruido debido al tráfico.

Tienen la ventaja que en su diseño se han considerado los mantenimientos tanto de estas como el de los apoyos, pues se ha contemplado que se pueda levantar la superestructura, para realizar el mantenimiento del sistema apoyos sin desmontar la junta, pues estas admiten los desplazamientos verticales.

Para el Barranca del diablo, el proyecto nos indica que debemos colocar una junta de dilatación tipo peine WP-600, con una abertura máxima de 650 mm; los peines están laminados en aleación de aluminio estructural.

Una sucesión de Peines, instalados de extremo a extremo forma la línea de la junta. El anclaje de los elementos metálicos a las estructuras se hace mediante sistemas de fijación colados a la estructura y mediante un apriete controlado a tensión.

De las juntas disponibles en el mercado se eligió la ofertada por Freyssinet, de su línea de juntas Cipec, de la línea WP, las cuales son juntas de gran movimiento.

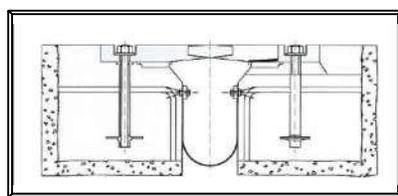


Imagen. 145 Planta de junta tipo peine.

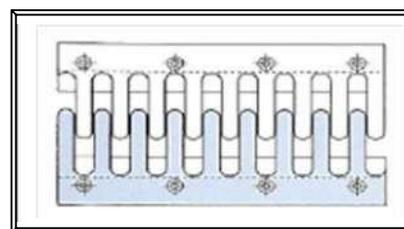


Imagen. 146 Planta de junta tipo peine.



Imagen. 147 Tensado y corte de anclaje de tensión.



Imagen.148 Colocación de Junta y membrana de elastómero.

Detalles de los planos de la junta de dilatación.

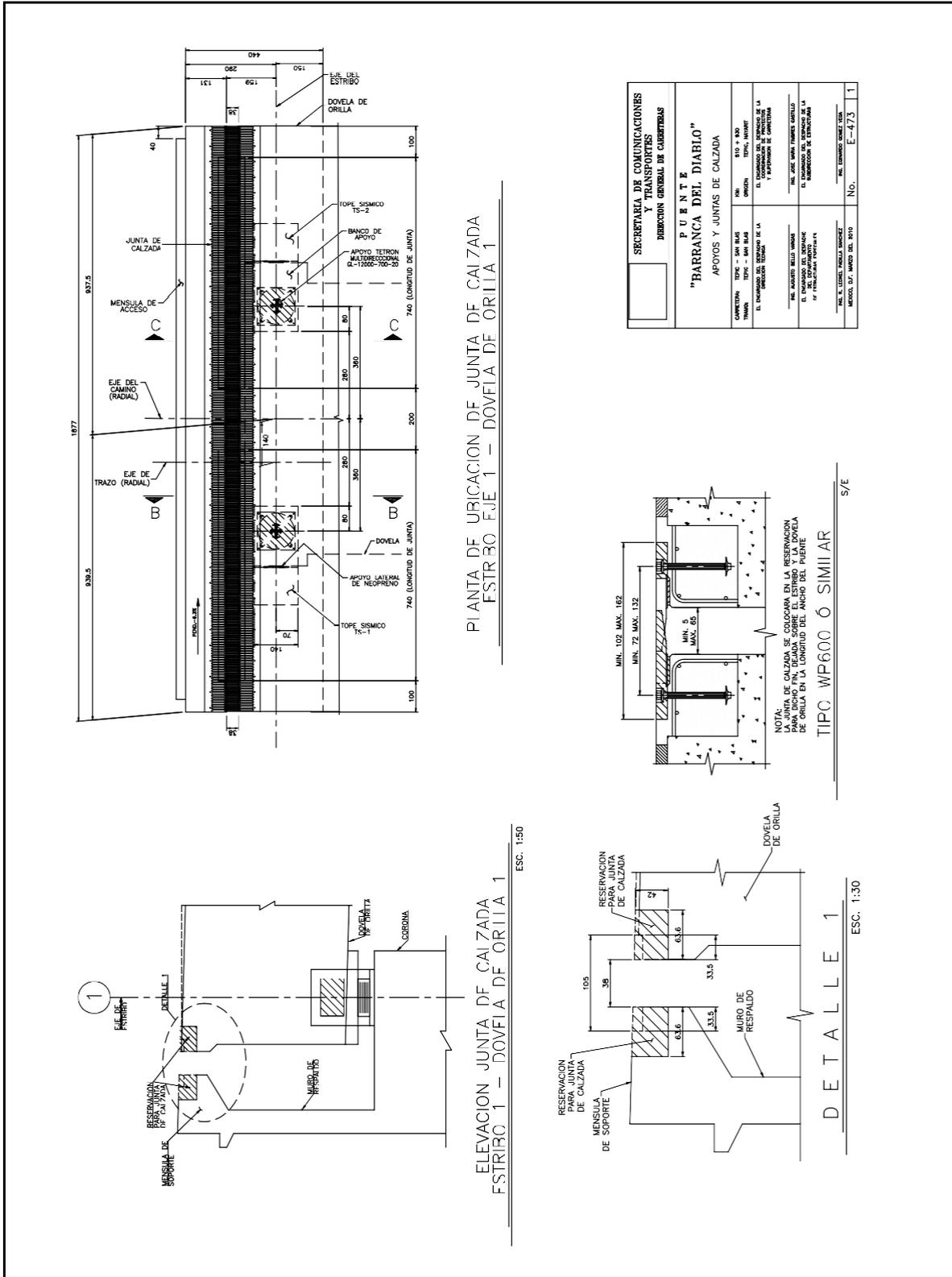


Imagen. 149 Detalles de los planos de la junta de dilatación

VOLUMENES Y P.U. DE TRABAJOS DIVERSOS.

TRABAJOS DIVERSOS				
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
GUARNICIÓN Y PARAPETOS				
Guarniciones de concreto hidraulico de f'c=250 Kg/cm2.	m ³	78.90	2,479.02	\$ 195,594.68
Parapeto metálico	m ³	514.40	1,411.75	\$ 726,204.20
Lavaderos de concreto de f'c=150 Kg/cm2	m ³	3.00	2,206.66	\$ 6,619.98
Cunetas de concreto de f'c=150 Kg/cm2.	m ³	23.00	2,206.66	\$ 50,753.18
Acero de refuerzo de L.E. > 4000 kg/cm2.	kg	20,577.00	20.83	\$ 428,618.91
Subtotal Guarnición y Parapetos.				\$ 1,407,790.95
APOYOS Y JUNTAS DE DILATACIÓN				
Junta de dilatación Tipo Peine	ml	37.80	90,817.36	\$ 3,432,896.21
Apoyos Especiales Tipo POT	Pza	4.00	80,222.88	\$ 320,891.52
.	Dm ³	48.00	366.33	\$ 17,583.84
Subtotal Apoyos y juntas de Dilatación.				\$ 3,771,371.57
SEÑALAMIENTO				
Raya separadora de carril, amarilla de 15 cm de ancho	ml	338.00	8.86	\$ 2,994.68
Raya en orilla derecha de calzada blanca de 15 cm de ancho	ml	676.00	8.86	\$ 5,989.36
Violeta DH.1 con reflejante en una cara color blanco.	pzas	66.00	34.29	\$ 2,263.14
Violeta DH.1 con reflejante en dos caras color amarillo.	pzas	64.00	57.32	\$ 3,668.48
Señales informativas de identificación: SI.1 De 122 X 34 cm.	pzas	2.00	1,269.25	\$ 2,538.50
Defensa metálica 3 crestas tipo AASTHO M.180.	ml	261.00	858.44	\$ 224,052.84
Subtotal Señalamiento.				\$ 241,507.00
Total Trabajos Diversos.				\$ 5,420,669.52

Tabla 22. Volúmenes y PU de trabajos diversos.

EL BARRANCA DEL DIABLO EN NÚMEROS.

En la tabla 23 se relacionan los volúmenes más representativos que se utilizaron en la construcción del PBD.

Volúmenes más representativos en la ejecución del P.B.D.

Totales más Representativos por concepto.		
Concepto	Unidad	Cantidad
Excavaciones	m ³	17,679.87
Rellenos	m ³	8,004.00
Concreto f'c=250 Kg/cm ²	m ³	2,740.90
Concreto f'c=350 Kg/cm ²	m ³	4,900.20
Acero de Refuerzo	ton	1,292.00
Acero de Presfuerzo	ton	145,049.00
Anclajes 19T15	Pza	180.00
Anclajes 1T15	Pza	2,428.00
Dispositivos Antivibratorios	Pza	48.00
Carpeta de Concreto Asfáltico	m ³	432.00
Apoyos tipo Pot	Pza	4.00
Junta de dilatación tipo Peine	m	37.80
Parapeto Metálico	m	514.40

Tabla 23. Volúmenes más representativos en la ejecución del P.B.D

Importes y volúmenes totales de ejecución del P.B.D.

TOTALES DEL PUENTE BARRANCA DEL DIABLO.				
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
Subestructura				
Desmontes	m ³	0.50	15,707.99	7,854.00
Despalmes	m ³	686.00	30.28	20,772.08
Excavaciones	m ³	17,679.87	85.61	\$ 1,513,573.67
Rellenos	m ³	8,004.00	72.19	\$ 577,808.76
Concreto hidráulico F'c= 100 Kg/Cm ² en Plantillas	m ³	56.90	1,719.28	\$ 97,827.03
Concreto hidráulico F'c= 250 Kg/Cm ² en Zapatas y Pilas	m ³	2,662.00	2,819.79	7,506,287.02
Acero de refuerzo de L.E. > 4000 kg/cm ² .	Kg	607,383.00	21.56	\$ 13,095,177.48
Subtotal Subestructura				\$ 22,819,300.04
Superestructura				
Concreto hidráulico f'c=350 kg/cm ²	m ³	4,900.20	\$ 7,006.98	\$ 34,335,603.40
Acero de Refuerzo	Kg	663,697.00	\$ 22.42	\$ 14,880,086.74
Acero de Presfuerzo Longitudinal	Kg	120,389.90	\$ 53.51	\$ 6,442,063.55
Acero de Presfuerzo Transversal	Kg	24,659.00	\$ 53.51	\$ 1,319,503.09
Anclajes 19T15 ó 12T15	Pza	180.00	\$ 4,056.92	\$ 730,245.60
Anclajes 1T15	Pza	2,428.00	\$ 208.97	\$ 507,379.16
Dispositivos Antivibratorios	Pza	48.00	\$ 43,674.43	\$ 2,096,372.64
Subtotal Superestructura				\$ 60,311,254.18
Pavimentos en Accesos y Carpeta sobre Puente				
Subbase hidráulica, compactada al cien por ciento (100 %)	m ³	325.00	229.04	\$ 74,438.00
Base hidráulica, compactada al cien por ciento (100 %)	m ³	306.00	229.04	\$ 70,086.24
Emulsión catiónica RR2K en riego de impregnación	lt	1,645.00	10.35	\$ 17,025.75
Emulsión catiónica RR2K en riegos de liga	lt	3,698.00	9.87	\$ 36,499.26
Carpetas asfálticas, mezcla en caliente, al 95%	m ³	432.00	1,383.37	\$ 597,615.84
Cemento asfáltico AC-20 para carpeta asfáltica:	kg	60,480.00	11.23	\$ 679,190.40
Aditivos para carpetas de mezcla en caliente	lt	605.00	43.75	\$ 26,468.75
Subtotal Pavimentos en Accesos y Carpeta sobre Puente				\$ 1,501,324.24
Guarnición y Parapetos				
Guarniciones de concreto hidráulico de f'c=250 Kg/cm ² .	m ³	78.90	2,479.02	\$ 195,594.68
Parapeto metálico	m ³	514.40	1,411.75	\$ 726,204.20
Lavaderos de concreto de f'c=150 Kg/cm ²	m ³	3.00	2,206.66	\$ 6,619.98
Cunetas de concreto de f'c=150 Kg/cm ² .	m ³	23.00	2,206.66	\$ 50,753.18
Acero de refuerzo de L.E. > 4000 kg/cm ² .	kg	20,577.00	20.83	\$ 428,618.91
Subtotal en Guarnición y Parapetos				\$ 1,407,790.95
Apoyos y Juntas de Dilatación				
Junta de dilatación Tipo Peine	ml	37.80	90,817.36	\$ 3,432,896.21
Apoyos Especiales Tipo POT	Pza	4.00	80,222.88	\$ 320,891.52
Apoyos de Neopreno	Dm ³	48.00	366.33	\$ 17,583.84
Subtotal Apoyos y Juntas de dilatación.				\$ 3,771,371.57
Señalamiento				
Raya separadora de carril, amarilla de 15 cm de ancho	ml	338.00	8.86	\$ 2,994.68
Raya en orilla derecha de calzada blanca de 15 cm de ancho	ml	676.00	8.86	\$ 5,989.36
Violeta DH.1 con reflejante en una cara color blanco.	pzas	66.00	34.29	\$ 2,263.14
Violeta DH.1 con reflejante en dos caras color amarillo.	pzas	64.00	57.32	\$ 3,668.48
Señales informativas de identificación: SI.1 De 122 X 34 cm.	pzas	2.00	1,269.25	\$ 2,538.50
Defensa metálica 3 crestas tipo AASTHO M.180.	ml	261.00	858.44	\$ 224,052.84
Subtotal Señalamiento				\$ 241,507.00
TOTAL DE TRABAJOS PUENTE BARRANCA DEL DIABLO				\$ 90,052,547.97

Tabla 24. Relación de importes y volúmenes totales de ejecución del P.B.D.

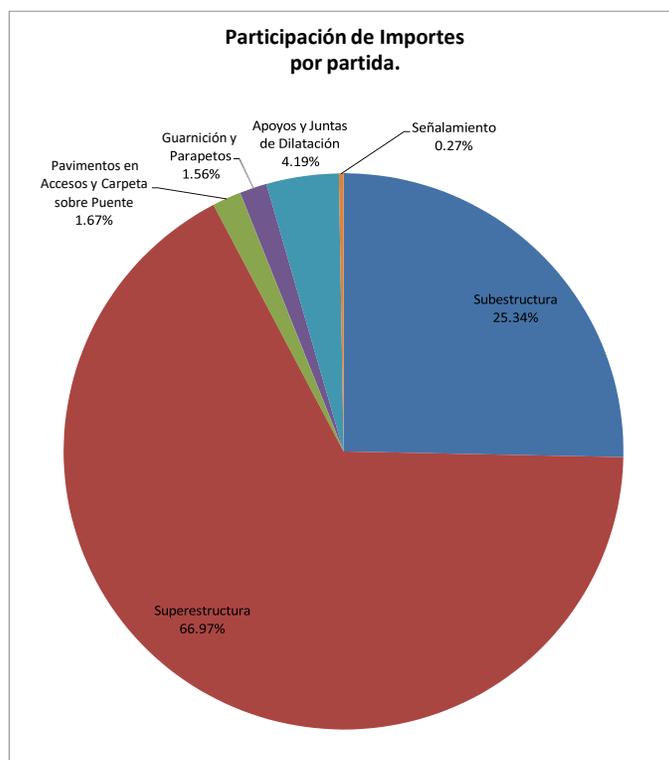
La tabla 24, relaciona los conceptos e importes que se ejecutaron en la construcción del PBD.

Importes por partida P.B.D.

El catálogo de conceptos se dividió por partidas, las cuales tienen un porcentaje de participación en el importe total, en la gráfica 1 se puede ver que las dos partidas de mayor participación son la Superestructura con el 66.97 % y la Subestructura con el 25.34%, los importes nos ayudan a analizar futuros costos paramétricos, en base a la altura de pilas, tipo de cimentación y longitud de puente.

<i>TOTALES DEL PUENTE BARRANCA DEL DIABLO.</i>	
Concepto	Total
Subestructura	\$22,819,300.04
Superestructura	\$60,311,254.18
Pavimentos en Accesos y Carpeta sobre Puente	\$ 1,501,324.24
Guarnición y Parapetos	\$ 1,407,790.95
Apoyos y Juntas de Dilatación	\$ 3,771,371.57
Señalamiento	\$ 241,507.00
TOTAL PUENTE B.D.	\$90,052,547.97

Tabla 25. Importes por partida P.B.D.



Gráfica. 1 Participación de importes por partida.

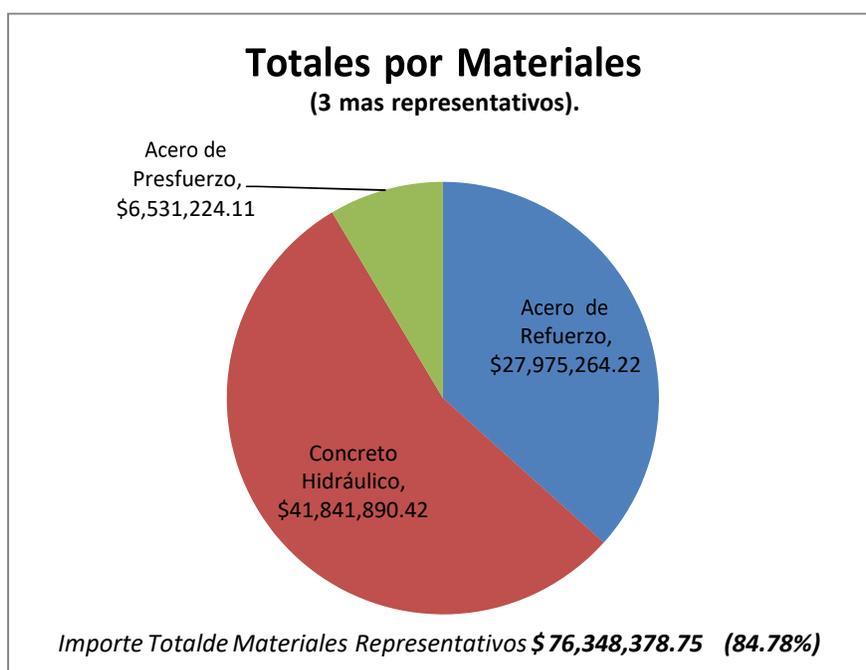
Los tres materiales que más participan.

En la construcción de una obra de ingeniería, habrá materiales, que requieren seguimiento puntual y riguroso, el tener un especial cuidado en la adquisición de estos, la contratación de mano de obra involucrada en su colocación, y su posterior cobro, nos podrá garantizar que tengamos un resultado muy apegado a la proyección que diagnostiquemos al inicio de la obra.

Se recomienda se monitoreen los materiales que representen el 80% del importe del presupuesto, en este caso corresponde a los considerados en el siguiente cuadro, donde podemos ver que el concreto es el que más impacta en el importe total con el 46.46%, seguido del acero de refuerzo con el 31.07%.

TOTALES DE MATERIALES MAS REPRESENTATIVOS PUENTE B.D.		
Concepto	Total	Porcentaje del Total Puente
Total de Materiales		
Acero de Refuerzo	\$ 27,975,264.22	31.07%
Concreto Hidráulico	\$ 41,841,890.42	46.46%
Acero de Presfuerzo	\$ 6,531,224.11	7.25%
TOTAL PUENTE B.D.	\$ 76,348,378.75	84.78%

Tabla 26. Importes totales de materiales más representativos del puente Barranca del Diablo



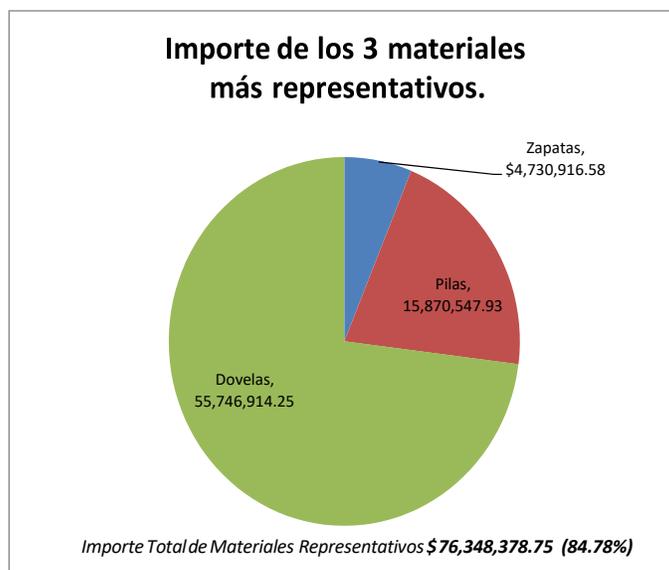
Gráfica. 2 Importe total por Materiales

El concreto, acero y presfuerzo en los elementos del PBD.

En el siguiente cuadro analizaremos el impacto que tienen los 3 materiales más representativos en conjunto: concreto, acero de refuerzo y de presfuerzo, en cada elemento del puente.

TOTALES DE MATERIALES MAS REPRESENTATIVOS PUENTE B.D.		
Concepto	Total	Porcentaje del Total Puente
Materiales en Zapatas		
Acero de Refuerzo	\$ 2,128,748.16	2.36%
Concreto Hidráulico	\$ 2,602,168.42	2.89%
Subtotal de Materiales en Zapatas	\$ 4,730,916.58	5.25%
Materiales en Pilas		
Acero de Refuerzo	\$ 10,966,429.32	12.18%
Concreto Hidráulico	\$ 4,904,118.61	5.45%
Subtotal de Materiales en Pilas	\$ 15,870,547.93	17.62%
Materiales en Dovelas		
Acero de Refuerzo	\$ 14,880,086.74	16.52%
Concreto Hidráulico	\$ 34,335,603.40	38.13%
Acero de Presfuerzo	\$ 6,531,224.11	7.25%
Subtotal de Materiales en Dovelas	\$ 55,746,914.25	61.90%
TOTAL PUENTE B.D.	\$ 76,348,378.75	84.78%
TOTALES DE MATERIALES MAS REPRESENTATIVOS POR ELEMENTOS		
Concepto	Total	Porcentaje del Total Puente
Zapatas	\$ 4,730,916.58	5.25%
Pilas	15,870,547.93	17.62%
Dovelas	55,746,914.25	61.90%
TOTAL PUENTE B.D.	\$ 76,348,378.75	84.78%

Tabla 27. Totales de materiales más representativos



Gráfica. 3 Importe de los 3 materiales más representativos.

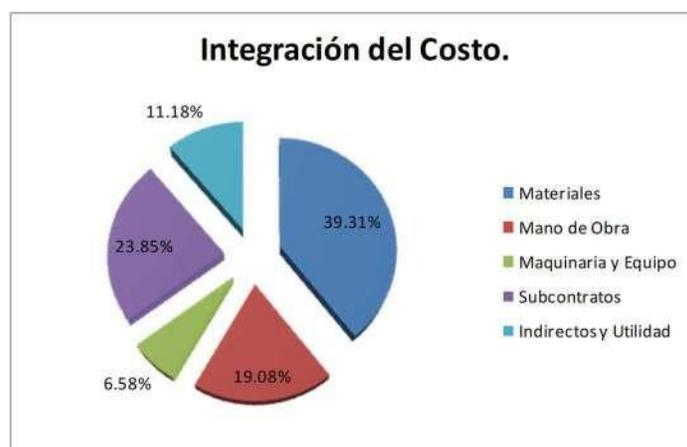
Como podemos ver en la tabla 27 y la gráfica 3, la superestructura la cual corresponde principalmente la construcción de dovelas es la que representa el mayor porcentaje de participación en estos 3 conceptos, y en el total del puente, por lo que, si hacemos eficiente la construcción de esta etapa, lograremos buenos resultados en el costo-avance.

Integración del Costo Directo, Ma, Mo, Eq y Subcontratos.

El costo obtenido en este proyecto se integró de acuerdo a los importes abajo descritos, en la partida de subcontratos, se encuentran los trabajos de presfuerzo, renta de carros de colado, pavimentos, estructura metálica, por lo que una parte corresponde a materiales y otra a maquinaria y equipo.

INTEGRACIÓN DEL COSTO		
Concepto	Total	Porcentaje
Materiales	\$ 35,399,656.61	39.31%
Mano de Obra	\$ 17,182,026.15	19.08%
Maquinaria y Equipo	\$ 5,925,457.66	6.58%
Subcontratos	\$ 21,477,532.69	23.85%
Indirectos y Utilidad	\$ 10,067,874.86	11.18%
TOTAL PUENTE B.D.	\$ 90,052,547.97	88.82%

Tabla 28. Integración del costo.



Gráfica. 4 Integración del Costo.

Costos paramétricos.

De acuerdo a los costos totales por la construcción del puente y a las características principales, sacaremos una serie de costos paramétricos, los cuales nos servirá para hacer proyecciones futuras de nuevas estructuras.

Costos Parametricos para Puente Doble Voladizo.				
Concepto	Unidad	Cantidad	Prcio Total	Parametrico
Zapatas (11x12.5x2xm)	m ³	850.00	\$4,077,435.88	\$4,796.98
Estribos (19x7.5x)	m ³	1,070.00	\$5,593,115.86	\$5,227.21
Pilas (18.9 m)	m ³ /h	742.00	\$12,831,217.84	\$17,292.75
Subestructura (suma altura total, pilas + estribos)	ml	49.90	\$22,501,769.58	\$450,937.27
Superestructura (Dovelas)	m ³	4,900.20	\$60,311,254.18	\$12,307.92
Puente en doble Voladizo	m ²	4,842.88	\$90,052,547.97	\$18,594.83

Tabla 29. Tabla de costos paramétricos para puente doble voladizo.



Imagen. 150 Estatus del proyecto al mes de noviembre 2012

EQUIPOS ESPECIALES.

Para la construcción del PBD, fue necesario disponer de equipos especiales como fueron, un par de grúas torre, con sus respectivos generadores de energía, así como los carros de colado para las dovelas, gatos de tensado con sus respectivas bombas hidráulicas, equipos de inyección de lechada, grúas hidráulicas para montaje de grúas torre, bombas telescópicas para concreto, dobladoras y cortadoras de acero de refuerzo.

Grúas torre.

En la construcción de este puente se propusieron dos grúas torre, una para el apoyo P2 y la otra para el P3, la ubicación de estas se decidió ya que son los apoyos con accesos más complicados, además de que son los que tienen los elementos más altos que se van a colar, tanto para la etapa de pilas como las de las dovelas sobre pilas y montajes de carros de colado.

La ubicación de estas corresponde al radio de alcance y la capacidad útil, ya que, al momento de montaje de carros, se deberá de montar en el menor número de elementos pre armados, los cuales tienen el limitante de peso, que es la capacidad de la grúa y entre más lejos quede del eje de la grúa menos capacidad tendrá esta.

Los equipos que se eligieron son dos grúas torres modelo GT 215 con las siguientes características:

- Altura de gancho 30.5 m
- Alcance máximo de flecha 45 m
- Carga máxima al pie y hasta 14.2 m de 8,000 kg
- Carga máxima en la punta 2,200 kg
- Alimentación eléctrica trifásica 440 volts, 75 KVa, 60 Hz
- Sistemas de seguridad para: sobrecarga, carga total, fin de carrera del carro y del gancho.

Al ubicar la grúa debemos de verificar mediante un croquis o plano lay-out, que la ubicación en planta no interfiera con los elementos a construir, pues podría resultar que la posición de la grúa interfiera con la superestructura, en este caso la dejamos despegada de la sombra del puente, con una tolerancia mínima de 2 metros, también se tiene que verificar que no interfiera en corte, es decir que la pluma tenga la altura libre suficiente para los ganchos y estrobos, sobre la cota más alta de la superestructura que en este caso corresponde al parapeto. Adicionalmente habrá que verificar que el lugar sea accesible al alcance de una grúa telescópica de 80 ton, para el montaje de los elementos de esta como son el pivote, pluma y contrapesos.

Para la colocación de estas grúas requerimos construir una losa de desplante de concreto reforzado con una doble parrilla, de acuerdo a la ficha técnica que nos mandó el proveedor.

Para el traslado de estas dos grúas se requieren de cinco viajes de una plataforma, para el envío del equipo con contrapesos, y se requieren de cinco más para el regreso.

Tanto los costos de rentas de los equipos, operación, fletes, renta de generador de energíasas combustibles y mantenimientos, deberán ser amortizados en las actividades que intervenga el equipo, en este caso la construcción de pilas y dovelas.



Imagen. 151 Montaje de cabina.



Imagen. 152 Losa de desplante para grúa torre.

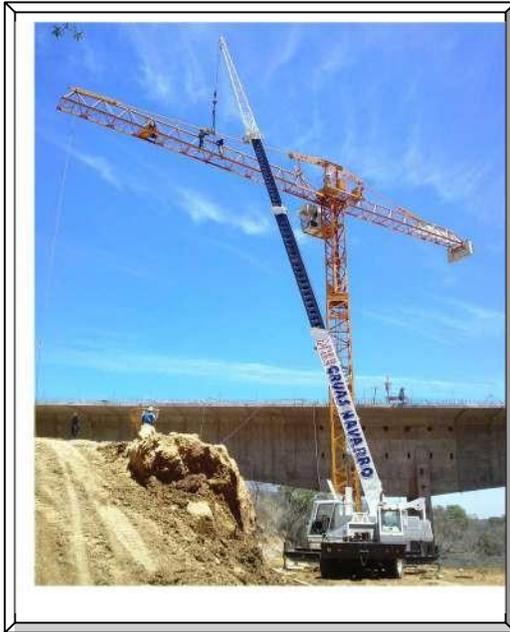


Imagen. 153 Desmontaje de grúas torre.

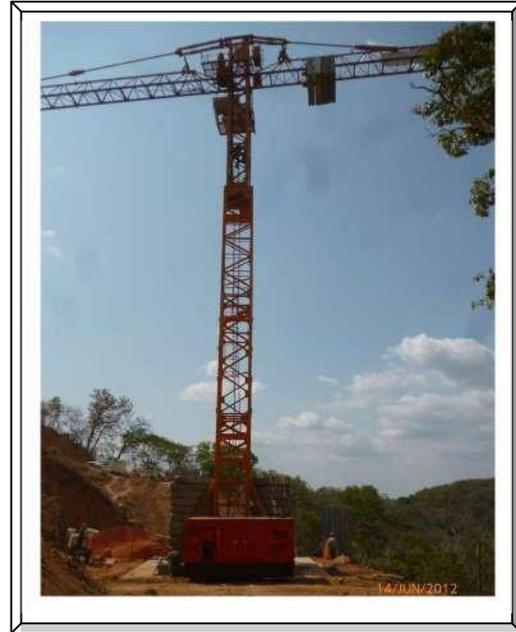


Imagen. 154 Generador de energía y contrapesos.

Una vez terminado el desmontaje de carros de colado, se programó el desmontaje de estos equipos por lo que se requirió programar con anticipación los fletes de regreso para las grúas torrey los generadores de energía, así como la grúa telescópica para el desmontaje de las mismas.

Carros de colado.

Como habíamos mencionado en anteriormente, los carros para colado de dovelas, son estructuras auxiliares, podríamos catalogarlas como una cimbra móvil autosoportable, la cual deberá adaptarse a la geometría de las dovelas y por supuesto del diseño de la cinemática de colado de las dovelas en doble voladizo. Para este puente se considera que el ancho de la losa superior es de 18.80 m, con aleros de 3.90 m, la losa inferior mide 7.00 m de ancho y la dovela al arranque tiene 7.20 m de peralte, se colarán dovelas de 3.00 m de largo, por lo cual el carro debe de ser capaz de soportar los momentos que inducirá el voladizo de cerca de 150 Ton-m, en su máximo, ya que irá decreciendo al avance de las dovelas, pues disminuye el peralte, reduciendo el volumen de concreto y acero, por ende su peso.

En México existe un número muy reducido de empresas, casi todas internacionales, que ofrecen el servicio de renta de carros de colado. Estos equipos son muy especializados, no muy comunes y de costo elevado, por lo cual las empresas que los rentan por lo regular mueven los equipos alrededor del mundo, por tanto, para evitar retrasos en importante cerrar el contrato de renta o compra lo antes posible, pues seguramente habrá que mover el equipo de otra parte del mundo y hacerle adecuaciones para la geometría de nuestro proyecto, en el caso de este proyecto se contrató la renta y operación con la empresa Freyssinet, la cual nos ofreció un tiempo de entrega de 3 meses a partir de la entrega de anticipo, tiempo por debajo de las otras empresas ya que tenían el carro disponible en sus bodegas del Estado de México.

Por lo general la empresa que nos renta el carro de colado, nos ofrece un técnico para la operación, el primer juego de cimbra de contacto y la renta de los equipos hidráulicos para la operación, todo esto en el año de 2012 nos cotizaron cerca de los 9 millones de pesos, de los cuales la pura renta representa el 65% de este importe, por lo que podemos ver que es un importe considerable para nuestro costo total. Para la operación de los carros IDINSA, proporcionará la mano de obra de dos oficiales y cuatro ayudantes que formarán una cuadrilla con los técnicos de Freyssinet para el movimiento de los carros.

Para cada juego de carro de colado se requieren de cinco transportes en plataforma, por lo que se requiere tener una plataforma para almacenamiento y una grúa auxiliar para la descarga y acomodo del equipo en patio. Se requiere que también se disponga de una plataforma para el ensamble de los carros cercano a las grúas torre, ya que con esta nos auxiliaremos para el montaje del carro en las dovelas sobre pila.

Los carros se usarán para las dovelas en voladizo y para las dovelas de cierre, colados estos elementos y a la par de que iniciamos con la colocación del presfuerzo longitudinal de servicio, podemos iniciar con el desmontaje de los carros de colado que dejamos para los cierres, estos es necesario colocarlos en una posición conveniente, llevándolos en retroceso a las dovelas sobre pilas o hacia las dovelas de orilla, esto dependerá de que si tenemos aún colocadas las grúas torre, o usaremos grúas móviles para auxiliarnos en las maniobras para bajar del puente las piezas del carro de colado.



Imagen. 155 Adecuación de carros en taller.



Imagen. 156 Ensamble de plataforma inferior en taller.



Imagen. 157 Armado de cerchas en patio.

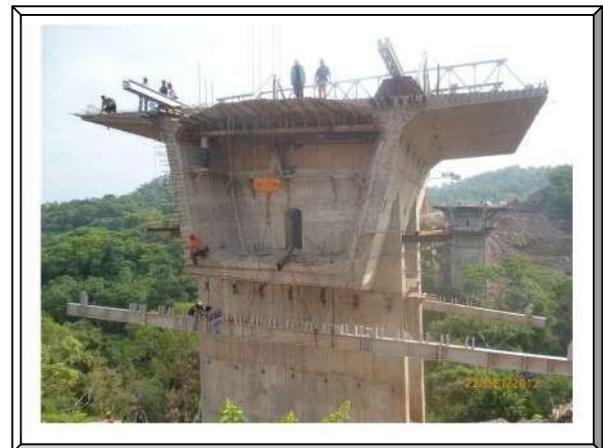


Imagen. 158 Izaje de plataforma inferior.



Imagen. 159 Armado de carro de colado.

Equipos de tensado.

Para el tensado de los tendones de presfuerzo longitudinal 19T15 o 12T15, se utilizaron bombas hidráulicas y gatos, capaces de tensar los cables a 404 y 255.2 ton respectivamente, se utilizaron gatos C-500 capaces de aplicar una fuerza de tensado de 500 ton, una carrera de 300 mm y un área de pistón de 713.94 cm^2 , trabajan a una presión máxima de 580 bares, proporcionan una fuerza máxima de tensado de 500 ton (a 700 Bar), estos gatos se operan mediante presión de aceite proporcionada por una unidad de bombeo modelo 4004, la cual proporciona una presión nominal de hasta 700 bares, y un gasto de 3.8 lt/min, para su operación requiere de energía eléctrica a 220 volts y un consumo de 10 Kw.

Los gatos aplican la fuerza de tensado, en función del área del pistón, por lo que la presión aplicada por la bomba, es directamente proporcional a la fuerza de tensado, y al área del pistón, la unidad hidráulica lleva un manómetro de caratula, el cual debe de estar calibrado y deberá de tener su certificado de calibración por una entidad acreditada.

Para el caso de los tendones 19T15, para tensarlos a 404 ton, se aplicó una presión a los gatos de 565.87 bares y para los 12T15, se aplicó una presión a los gatos de 357.45 bares.

Para completar el sistema se requiere de una inyección de lechada, para lo cual se ocupa una mezcladora y una inyectora, la cual está compuesta de una unidad mezcladora, con un agitador de aspas, una bomba helicoidal para la inyección, con una capacidad de tanque de 100 lts, una velocidad de mezclado variable de 9 a 16.5 r.p.m. tipo de bombeo de flujo continuo, con un gasto de 12.5 lt/min a 8 bares, requiere de energía eléctrica para su operación a 220 V y 10 Kw.

El presfuerzo transversal, compuesto por cables de presfuerzo 1T15, a este cable se le aplica una fuerza de tensado de 21.2 ton, aplicada por un solo lado, por lo que tenemos un lado con anclaje pasivo y el otro activo.



Imagen.160 Gato de tensado 500 ton.



Imagen. 161 Unidad hidráulica.

Para la aplicación de esta carga, se utilizó un gato monotorón modelo SC-2, con una capacidad de tensado de 20 ton, con un peso de 23 kg, una carrera de 150 mm, área de tensado de 47.2 cm² y una presión máxima de operación de 450 bares.

Para la operación del gato se requiere de una unidad hidráulica de bajo caudal, en este caso se utilizó una bomba Larzep Mod.HBM4422, con una presión de trabajo de 700 bares, con tanque de aceite de 12.5 lt, y un caudal de 0.82 lt/min, se requiere energía eléctrica a 220 V, y 0.75 Kw de potencia.

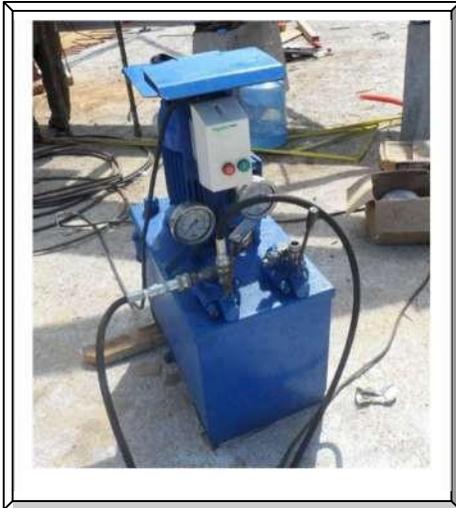


Imagen. 162 Bomba Lazerjet.



Imagen. 163 Gato monotorón.

Equipos de termofusión.

En la colocación de ductos para los tendones de presfuerzo exterior, se colocaron ductos de PAD de 5" Ø, tipo PE100, con una resistencia a la tensión de 10 Mpa, para los cuales se utilizó un equipo de termofusión para el acoplado de tramos, el cual utiliza un generador de energía de 8 Kw.



Imagen. 164 Equipo de termofusión.

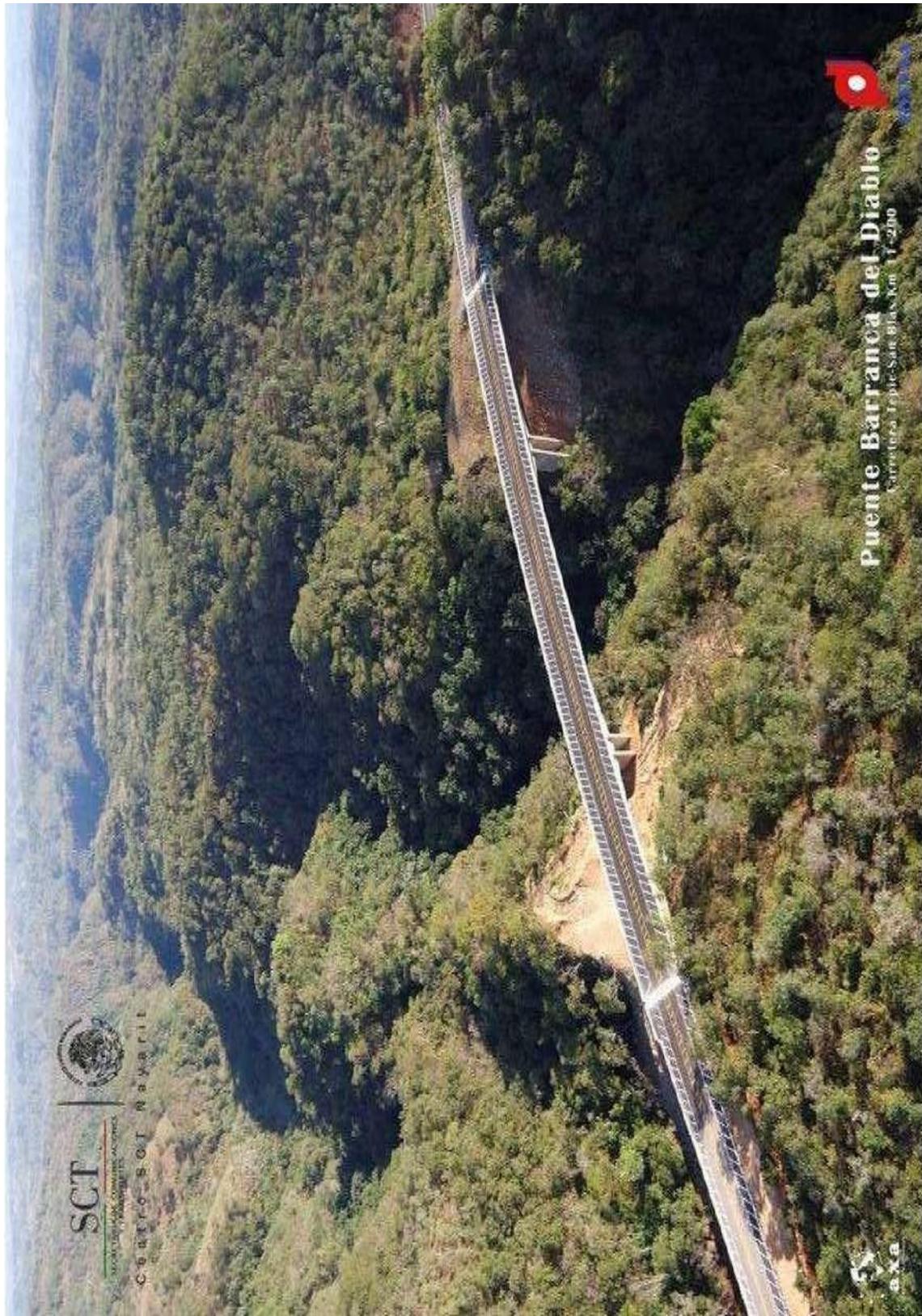


Imagen. 165 Proyecto finalizado diciembre 2012

CONCLUSIONES.

"Si la columna es arquitectura pura, el arco es ingeniería; o, mejor dicho, -para alejar toda interpretación profesional-, si la columna es arte, el arco es técnica; sin que esto quiera decir, ni que a la columna le falte técnica, ni que al arco sea incapaz de vivísima expresión estética".

Eduardo Torroja Miret.

El Barranca del Diablo cumple con el fundamental objetivo de un puente, que es la de salvar un obstáculo, en este caso la barranca de la cual toma el nombre, y permitir así que la obra principal que es la autopista Tepic - San Blas de la cual el puente pasa a ser un elemento especial, tenga una continuidad geométrica absoluta, de tal manera que el conductor apenas distingue al circular sobre él, aun así el puente ayuda al acercamiento de estos don lugares, facilitando la comunicación, el comercio y permitiendo que las poblaciones más pequeñas se beneficien de los servicios de educación, salud y los Poderes del Estado.

Para la construcción de esta autopista, la cual como toda Obra Pública debió cumplir con los requisitos de viabilidad Económica, Ambiental, Legal y Técnica, los cuales fueron un eje fundamental para la planeación, licitación, contratación y finalmente la construcción del Puente Barranca del Diablo.

La construcción y administración de una obra de tal magnitud, requirió de una planeación en suma detallada de los recursos que se ocuparon, principalmente de los equipos especiales que se requieren como son: grúas torre, carros de colado, sistemas de cimbra, y los materiales como son: acero de refuerzo, concreto y acero de presfuerzo, en cuanto a la mano de obra hubo que programar con anticipación mano de obra especializada como lo fueron fierros y carpinteros especializados en alturas, soldadores para la construcción de estructura metálica en la obra falsa de las dovelas sobre pila, carpinteros y operadores para el montaje y movimiento de carros de colado, técnicos en presfuerzo para las dovelas en doble voladizo y los ingenieros responsables de cada frente, los cuales contaban con experiencia en la construcción de este tipo de puentes.

Fue de suma importancia llevar a cabo los controles de calidad, los cuales permitieron disminuir los retrasos de obra, así como asegurar la calidad en la construcción de la obra.

Es importante que una obra de esta magnitud tenga revolvencia económica, para lo cual es importante llevar un control de la obra ejecutada en catálogo, volúmenes adicionales y precios extraordinarios, así como los soportes como son ordenes de trabajo, notas de bitácora, reportes fotográficos y reportes de calidad de laboratorio, con todo lo anterior nuestro departamento de estimaciones, pudo generar lo volúmenes ejecutados e integrar la estimación con todos los soportes necesarios para cobro.

GLOSARIO.

Abocinado. - Espacio que aumenta o disminuye progresivamente de anchura.

Abovedado. - Sistema constructivo basado en el arco y la bóveda. Espacio cubierto por una bóveda.

Acueducto. - Puente o canal elevado, para transportar agua, a grandes distancias.

Anclaje.- Sistema de fijación que permite sujetar un elemento (normalmente a tracción) a otro para evitar que se mueva.

Arcada. - Elemento arquitectónico formado por arcos que coronan una serie de pilares o columnas para formar un sistema portante rectilíneo o circular.

Arco Bow-string. - Puente formado por un arco, a menudo arriostrado, cuyo empuje horizontal es resistido por un elemento que forma una cuerda del arco.

Arena. - Pequeñas partículas de piedra producidas por disgregación de las rocas; se utiliza para fabricar mortero y hormigón.

Arranques. - Partes extremas de un segmento de arco.

Cable. - Cuerda gruesa construida con alambres.

Caisson. - Tipo de cimentación semiprofunda, utilizada cuando los suelos no son adecuados para cimentaciones superficiales por ser blandos. Los pozos de cimentación también son frecuentemente utilizados para cimentar pilares de puentes en el cauce de los ríos cuando no es posible o no es conveniente crear un desvío parcial o total del río.

Caminos de Construcción. - Conjunto de caminos temporales que conducen a la zona de construcción del puente, llegando a cada uno de sus apoyos, para el acceso de maquinaria, personal y materiales.

Cimbra. - Sistema de tableros que contiene al concreto en la forma requerida, mientras está en proceso de fraguado.

Cimentación. - Conjunto de elementos estructurales cuya función es transmitir las cargas de los elementos apoyados en ella al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

Clave o corona. - Parte superior de un arco.

Compresión. - Fuerza de empuje aplicada que tiende a acortar un miembro.

Concreto hidráulico. - Es una combinación de cemento portland, agregados pétreos, agua y en ocasiones aditivos, para formar una mezcla moldeable que al fraguar forma un elemento rígido y resistente.

Esfuerzo de compresión. - Habilidad de un material de soportar compresión.

Especialista. - Persona con idoneidad basada en la experiencia y capacidad técnica para realizar alguna tarea.

Estribo. - Muros colocados en los extremos de una bóveda o un arco que sirven para soportar el peso y recibir el empuje.

Extradós. - Perímetro exterior de un arco.

Flecha. - Distancia vertical desde los arranques hasta la corona.

Fraguado. - Proceso de endurecimiento del mortero, producido por la reacción del cemento con el agua.

Gálibo. - Dimensión vertical por debajo de un puente que sirve para determinar la altura máxima de un vehículo y determinar si puede pasar por un túnel o por debajo de un puente, un paso elevado, etc.

Hito. - Acontecimiento puntual y significativo que marca un momento importante en el desarrollo de una obra.

Intradós. - Perímetro interior de un arco.

Luz. - Distancia horizontal entre los arranques.

Mampostería. - Procedimiento de construcción en que se unen las piedras con mortero sin ningún orden de hiladas o tamaños.

Ménsula. - Elemento que sobresale de un plano vertical y sirve para sustentar alguna cosa. Se diferencia de la cartela en que tiene más vuelo que altura.

Módulo de elasticidad. - Medida de la capacidad de un material al deformarse. A menor módulo, mayor deformabilidad.

Mortero. - Argamasa o material consistente en cemento o cal, mezclado con arena y agua, para formar el aglomerante usado en las construcciones.

Obra Falsa. - Andamiaje temporal, para la etapa de construcción.

Oscilación. - Movimiento, regularmente vertical, de un puente con tablero suspendido atirantado o colgante al ser impactado por ráfagas de viento.

Pilares. - Estructura vertical de soporte y sustentación de los puentes carreteros o ferroviarios. Las pilas son los apoyos intermedios del puente, que transmiten los esfuerzos que reciben de los elementos portantes a las cimentaciones; mientras que los apoyos de los extremos se denominan estribos.

Presfuerzo. - El presfuerzo significa la creación intencional de esfuerzos permanentes en una estructura o conjunto de piezas, con el propósito de mejorar su comportamiento y resistencia bajo condiciones de servicio y de resistencia.

Tablero. - Estructura que recibe las cargas vivas en un puente, compuesta por una losa superior, vigas y diafragmas.

Tímpano. - Elementos verticales que sostienen el tablero superior de un arco, necesarios debido a la misma geometría de la rasante del arco.

Viga Cajón. - Viga con una sección hueca de forma cuadrangular.

Viga. - Elemento estructural que se coloca horizontalmente y sirve de soporte de cargas de otros elementos estructurales.

BIBLIOGRAFÍA.

Benjamin Schafer. *Lec10 Robert Maillart and the origins of reinforced concrete.*

Brian Cookson. *The story of Old London Bridge.* London Historians limited, October 2010.

Calos Fernandez Casado. *Ejecución de Puentes Pretensados por Voladizos Sucesivos.* Informes de la construcción Vol.16, No.156, diciembre de 1966. Recuperado en Septiembre de 2016 de <https://docplayer.es/64592920-Ejecucion-de-puentes-pretensados-por-voladizos-sucesivos.html>

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. *Ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas.* Recuperada en 2018 de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/56_130116.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. *Reglamento de la Ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas.* Recuperada en 2018 de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LOPSRM.pdf

Carlos Fernandez Casado. *Ejecución de puentes pretensados por voladizos sucesivos.* Informes de la construcción. Vol.16, No.156. Diciembre de 1963.

Christian Menn. *Prestressed Concrete Bridges.* Ed.1990.

Emilio Baumgart. *Ponte em balanços Sucessivos.* Recuperado en enero de 2018 de <http://umblogoespecial.blogspot.com/2007/11/rio-do-peixe-ponte-emilio-baumgart-e.html>

Engineering The Humber Bridge. Bluestormsdesing.co.uk

Fernández Troyano, Luis (2004) *Tierra sobre el agua.* Tomo I. 2ª edición. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección Ciencia, Humanidades e Ingeniería. Madrid.

Folleto. *Apoyos Mecánicos Freyssinet.* Freyssinet. Tomado de http://www.freyssinet.com/freyssinet/wfreyssinet_en.nsf/sbf/products-and-techniques

Folleto. *El Pretensado Freyssinet.* Freyssinet. Tomado de http://www.freyssinet.com/freyssinet/wfreyssinet_en.nsf/sbf/products-and-techniques

Folleto. *Juntas de Calzada CIPEC.* Freyssinet. Tomado de http://www.freyssinet.com/freyssinet/wfreyssinet_en.nsf/sbf/products-and-techniques

Folleto. *Tetron CD Mechanical POT Bearings.* Freyssinet. Tomado de http://www.freyssinet.com/freyssinet/wfreyssinet_en.nsf/sbf/products-and-techniques

Hans-Ulrich Jost. *The introduction of reinforced concrete in Switzerland (1890-1914): Social and cultural aspects.* Recuperado en marzo de 2018 de <https://pdfs.semanticscholar.org/2fa3/3eb9f73aa6dcff341478aabb4dd5ee69081.pdf?ga=2.23678652.744606432.1571156817-558185897.1571156817>

Historia del Puente Humber. Recuperado en marzo de 2019 de http://www.humberbridge.co.uk/explore_the_bridge/bridge_history_and_detail/history.php

Información general del Puente Eads. Recuperado en enero de 2019 de <http://www.puentemania.com/1605>

Información general del Puente Humber. Recuperado en marzo de 2019 de <https://structurae.net/structures/humber-bridge>

Instituto Técnico de la Estructura de Acero. *Sistemas Estructurales: Puentes*. ESDP Tomo 18.

Iron Bridge, La construcción del primer puente de metal. Recuperado en febrero de 2016 de <https://recuerdosdepandora.com/monumentos/ironbridge-la-construccion-del-primer-puente-de-meta/>

Javier Manterola. *Evolución de los puentes en la historia reciente*. Informes de la construcción Vol.36, No. 359-360, abril-mayo de 1984. Recuperado en Septiembre de 2016 de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/articloe/view/1949/2150>

Javier Manterola. *Puentes, Apuntes para su diseño, cálculo y construcción*.

Juan José Arenas de Pablo. *Caminos en el Aire*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Demarcación de Madrid, 2003. ISBN 978-84-38002-24-7.

Juan José Arenas. *Puentes contruidos por voladizos sucesivos*. Recuperado en Mayo de 2016 de <http://e-ache.com/uploads/jjarenas/1977%20-%20Arenas%20-%20Puentes%20contruidos%20por%20voladizos%20sucesivos.pdf>

Juan José Arenas. *Puentes pórtico y tramos continuos*. Recuperado en Mayo de 2016 de <http://e-ache.com/uploads/jjarenas/1976%20-%20Arenas%20-%20Puentes%20portico%20y%20tramos%20continuos.pdf>

Juan José Arenas. *Recopilación de artículos en hormigón y acero*. Recuperado en septiembre de 2018 de <http://e-ache.com/modules/smartsection/item.php?itemid=274>

Julio Martínez Calzón. *Las formas de la cultura. Ingeniería-(es)cultura*. Revista Ingeniería y Territorio, Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. No.81 Tercera época, año 2008.

La Evolución de los puentes en el siglo XIX: fundición, hierro forjado y acero. Recuperado en Julio de 2016 de <https://www.universolamaga.com/evolucion-de-los-puentes-fundicion/>

Leonardo Fernandez Troyano. *Estructura y forma de los puentes arco metálicos*. Revista de obras públicas, No.3561, España, enero 2015.

Leonardo Fernandez Troyano. *Intervenciones en los puentes de Piedra*. Revista Ingeniería y Territorio No.92, Año 2011.

Llago Acero Ricardo. (2006). *Puentes arco de hormigón. Consideraciones sobre la construcción por avance en voladizo*. Revista de Obras Públicas. 7-22.

Manuel Elices Calafat. *Los Materiales*. Revista de obras públicas, La Ingeniería Civil Española del Siglo XX, No.48, España, enero 1999.

Miguel Aguiló Alonso. *El Puente Símbolo de la Ciudad*. Revista Ingeniería y Territorio No.65, Año 2003.

Miguel Aguiló. *Forma y tipo en el arte de construir puentes*. Editorial Abada 2008, Madrid. ISBN978-84-96775-26-8.

Octavio Domosti. Puentes colgantes (II). *La fabulosa historia del Puente de Brooklyn*. Recuperado en abril de 2019 de <https://www.jotdown.es/2013/05/puentes-colgantes-ii-la-fabulosa-historia-del-puente-de-brooklyn/>

Puentes colgantes, Capitulo 2. John Augustus Roebling. *Los Antecedentes del Puente de Brooklyn*. Recuperado en abril de 2019 de <https://www.universolamaga.com/john-augustus-roebing/>

Puentes metálicos. Recuperado en febrero de 2016 de <http://puentes.galeon.com/tipos/pontsmetal.htm>

Real Academia de Ingeniería. *Sesión de reconocimiento como ingeniero laureado, D. Juan José Arenas de Pablo*. Intervenciones y conferencia magistral, leída en el acto celebrado el día 23 de junio de 2016.

Samuel W. Green. *A complete history of The New York and Brooklyn Bridge*.

Santiago Pérez - Fadón Martínez. *Las proporciones en ingeniería: los puentes*. Revista Ingeniería y Territorio No.84, Año 2008.

SCT. *Normativa para la industria del transporte, NIT-SCT/Carreteras/Construcción/NTC-CAR* Recuperadas en 2017 de <https://normas.imt.mx/busqueda-desplegable.html#CTR>

SCT. *Normativa para la industria del transporte, NIT-SCT/Carreteras/Control y aseguramiento de calidad/NTC-CAL* Recuperadas en 2017 de <https://normas.imt.mx/busqueda-desplegable.html#CAL>

SCT. *Normativa para la industria del transporte, NIT-SCT/Carreteras/Características de los materiales/NTC-CMT* Recuperadas en 2017 de <https://normas.imt.mx/busqueda-desplegable.html#CMT>

SCT. *Normativa para la industria del transporte, NIT-SCT/Carreteras/Métodos de muestreo y prueba de materiales/NTC-MMP* Recuperadas en 2017 de <https://normas.imt.mx/busqueda-desplegable.html#CMT>

Serna García-Conde, J (2006) *Los puentes del tren*. Fundación Esteyco.

Steinman, David B. y Watson, Sara R. (2001) *Puentes y sus constructores*. 2ª edición. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección Ciencia, Humanidades e Ingeniería. Madrid.

U.S. Department of transportation Federal Highway Administration. *Manual For Design, Construction and maintenance of orthotropic steel deck bridges*. Publication No. FHWA-IF-12-027, February 2012.

Wai-Fah Chen & Lian Duan, *Handbook of International Bridge Engineering*. CRC Press.

ANEXOS

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen. 1 Puente Balduinstein, Alemania 1950	17
Imagen. 2 Construcción del Puente de los Peixes.....	17
Imagen. 3 Puente Emilio Henrique Beumgart	17
Imagen. 4 Puente Nivelungos reconstrucción por voladizos sucesivos, presf.....	19
Imagen. 5 Puente Nibelungos Worms	19
Imagen. 6 Dictamen general del proyecto	55
Imagen. 7 Puente Nibelungos Worms	19
Imagen. 8 Corte transversal de la superestructura.....	62
Imagen. 9 Plano General del Proyecto.....	63
Imagen. 10 Croquis de Ubicación del Proyecto	64
Imagen. 11 Prueba de revenimiento de concreto.....	71
Imagen. 12 Preparación de cilindros de concreto.....	71
Imagen. 13 Ensayo a tensión de varilla corrugada	71
Imagen. 14 Revisión de Temperatura de asfalto	71
Imagen. 15 Ahuyentamiento de fauna	71
Imagen. 16 Jaulas para rescate de fauna	71
Imagen. 17 Rescate de flora.....	75
Imagen. 18 Reforestación con árboles nativos.....	75
Imagen. 19 Mantenimiento de individuos en vivero.....	75
Imagen. 20 Campañas de concientización ambiental	75
Imagen. 21 Labores de Desmante.....	75
Imagen. 22 Despalme de áreas afectadas	75
Imagen. 23 Programa de Obra. Parte I.....	83
Imagen. 24 Programa de Obra. Parte II.....	84
Imagen. 25 Camino de Acceso a la obra.....	85
Imagen. 26 Reconfiguración de curvas y pendientes.....	85
Imagen. 27 Instalación de almacenes y patio de habilitado.....	85
Imagen. 28 Área de habilitado de acero	85
Imagen. 29 Área de habilitado de acero	86
Imagen. 30 Instalación de oficinas de campo.....	86
Imagen. 31 Despalme en apoyos 2 y 4	86
Imagen. 32 Desmante en apoyos 2 y 4.....	86
Imagen. 33 Construcción de caminos de acceso	87
Imagen. 34 Excavación Zapata 2.....	89
Imagen. 35 Excavación Zapata 2.....	89
Imagen. 36 Excavación de Zapata 2.....	89
Imagen. 37 Excavación de Zapata 2.....	89

Imagen. 38 Excavación de Estribo 1.....	90
Imagen. 39 Excavación de Estribo 1.....	90
Imagen. 40 Colado Zapata 3.....	92
Imagen. 41 Armado Zapata 2	92
Imagen. 42 Detalles de los planos de las zapatas de los apoyos P2 y P3	93
Imagen. 43 Colado de Estibo 4	94
Imagen. 44 Armado de Estribo. 1	94
Imagen. 45 Detalles de los planos de las zapatas de los estribos E1 y E4	95
Imagen. 46 Armado de acero de refuerzo pila 2	96
Imagen. 47 Cimbra y armado de acero de refuerzo pila 3	96
Imagen. 48 Obra falsa para dovela sobre pila A2	97
Imagen. 49 Armado de acero de refuerzo en pila A2	97
Imagen. 50 Estribo E1	99
Imagen. 51 Colado de muros en estribo E4.....	99
Imagen. 52 Estatus del proyecto al mes de mayo 2012	100
Imagen. 53 Detalles de los planos de las dovelas sobre pila.....	102
Imagen. 54 Losa de fondo y armado en dovela sobre pila A3	104
Imagen. 55 Losa de fondo y armado en dovela sobre pila A3	104
Imagen. 56 Colado de dovela sobre pila A3	104
Imagen. 57 Colocación de ductos para presfuerzo en dovela sobre pila A3.....	104
Imagen. 58 Geometría de las dovelas sobre pila.....	105
Imagen. 59 Estatus del proyecto al mes de junio 2012.....	106
Imagen. 60 Armado de acero de refuerzo y ductos para presfuerzo de dovelas sobre pila	107
Imagen. 61 Fases de colado de dovelas sobre pila.....	108
Imagen. 62 Dodela sobre pila A3	109
Imagen. 63 Estatus del proyecto al mes de Julio 2012	110
Imagen. 64 Montaje de rieles y triángulo.....	112
Imagen. 65 Montaje de triángulo y cerchas	113
Imagen. 66 Montaje de plataformas inferiores.....	114
Imagen. 67 Montaje de cimbra exterior en carro de colado.....	115
Imagen. 68 Montaje de cimbra interior en carro de colado	115
Imagen. 69 Estatus del proyecto al mes de Agosto2012	116
Imagen. 70 Detalle de armado de carros de colado	117
Imagen. 71 Configuración de Cables.....	118
Imagen. 72 Configuración de cabeza de anclaje.....	118
Imagen. 73 Accesorios de la cabeza de anclaje 19T15	119
Imagen. 74 Configuración de Cables	119
Imagen. 75 Configuración de Cables.....	119
Imagen. 76 Accesorios anclaje activo	120
Imagen. 77 Anclaje pasivo monotorón.....	120
Imagen. 78 Configuración de Cables.....	120
Imagen. 79 Configuración de Cables.....	120

Imagen. 80 Desviadores Dovela D11 P2-P3.....	121
Imagen. 81 Desviadores a nivel de losa de fondo P2-P3.....	121
Imagen. 82 Tubos desviadores.....	121
Imagen. 83 Tubos desviadores en dovela sobre pila.....	121
Imagen. 84 Configuración de Cables.....	122
Imagen. 85 Armado de Dovela.....	124
Imagen. 86 Vista lateral del presfuerzo transversal.....	124
Imagen. 87 Ductos para presfuerzo transversal.....	124
Imagen. 88 Colocación de línea de bombeo de concreto.....	125
Imagen. 89 Posicionamiento de Bomba telescópica.....	125
Imagen. 90 Colado de dovela in situ.....	125
Imagen. 91 Preparación en tendón de presfuerzo.....	126
Imagen. 92 Trompeta y respiradero en ducto engargolado.....	126
Imagen. 93 Tendón de presfuerzo en dovelas.....	126
Imagen. 94 Accesorios de tendones de presfuerzo.....	126
Imagen. 95 Colocación de Cuñas.....	127
Imagen. 96 Tensado de presfuerzo transversal.....	127
Imagen. 97 Tensado de presfuerzo longitudinal.....	127
Imagen. 98 Tensado de presfuerzo Longitudinal.....	127
Imagen. 99 Detalles de los planos del presfuerzo longitudinal de construcción en voladizo y presfuerzo definitivo de servicio.....	128
Imagen. 100 Descenso de carro, soltando barras de presfuerzo.....	130
Imagen. 101 Empuje del carro con gatos.....	130
Imagen. 102 Levantamiento de carro y corrimiento de viga.....	130
Imagen. 103 Fases de colado de dovelas.....	131
Imagen. 104 Estatus del proyecto al mes de septiembre 2012.....	133
Imagen. 105 Detalles de los planos de las dovelas de orilla.....	135
Imagen. 106 Detalles de los planos de las dovelas de orilla.....	135
Imagen. 107 Colado de la Losa de fondo, dovela de orilla E-4.....	136
Imagen. 108 Armado en dovela de orilla E-1, nótese el volado en la parte frontal, para insertar la cimbra para el cierre.....	136
Imagen. 109 Apuntalamiento en volado de losa superior de dovela de orilla.....	137
Imagen. 110 Cimbra de losa superior en dovela de orilla.....	137
Imagen. 111 Colado de dovela de orilla.....	137
Imagen. 112 Se ha retirado un carro, lado derecho para que el del lado izquierdo entre en la dovela.....	138
Imagen. 113 Llegada de ambos carros a la dovela de cierre.....	138
Imagen. 114 Colocación y suspensión de cimbra mediante barras y viguetas.....	140
Imagen. 115 Colado de dovela de cierre.....	140
Imagen. 116 Cierre de Claro P3-E4.....	140
Imagen. 117 Bloques desviadores para el presfuerzo longitudinal.....	142
Imagen. 118 Muro diafragma en dovela de orilla E4.....	142

Imagen. 119 Trayectoria del presfuerzo longitudinal de servicio E1-P2	142
Imagen. 120 Claro central P2-P3.....	143
Imagen. 121 Trayectoria del presfuerzo longitudinal de servicio P2- CL P2P3	144
Imagen. 122 Trayectoria del presfuerzo longitudinal de servicio CL P2P3-P3.....	145
Imagen. 123 Estatus del proyecto al mes de octubre 2012.....	146
Imagen. 124 Dispositivos antivibratorios	147
Imagen. 125 Dispositivo antivibratorios.....	147
Imagen. 126 Bloques de anclaje para cables 407-i, 408-i 409-i en dovelas D12, D13 y D14..	148
Imagen. 127 Tensado de tendones 407-i, 408-i 409-i en E4	148
Imagen. 128 Preparación de lechada con mezcladora	150
Imagen. 129 Inyectadora de lechada	150
Imagen. 130 Pasos para barras de presfuerzo.....	151
Imagen. 131 Muros de respaldo de estribos.....	151
Imagen. 132 Colado de losa de aproximación.....	152
Imagen. 133 Colocación de Terraplén y drenes en acceso E4.....	152
Imagen. 134 Colocación de carpeta asfáltica con extendedora	153
Imagen. 135 Aplicación de riego de liga.....	153
Imagen. 136 Trabajos de pavimentación sobre puente.....	154
Imagen. 137 Compactación con rodillo tándem.....	154
Imagen. 138 Cebreado en acotamientos y separadora de carriles.....	155
Imagen. 139 Pintado de señalamiento horizontal, rayas continuas	155
Imagen. 140 Defensa metálica galvanizada de tres crestas en accesos.....	156
Imagen. 141 Señalamiento informativo de nombre de la estructura.....	156
Imagen. 142 Armado de guarnición y placas en parapeto.....	156
Imagen. 143 Guarnición y Parapeto.....	156
Imagen. 144 Detalle de Parapeto y Guarnición	157
Imagen. 145 Planta de junta tipo peine	157
Imagen. 146 Planta de junta tipo peine	157
Imagen. 147 Tensado y corte de anclaje de tensión.....	158
Imagen. 148 Colocación de Junta y membrana de elastómero	158
Imagen. 149 Detalles de los planos de la junta de dilatación	159
Imagen. 150 Estatus del proyecto al mes de noviembre 2012	166
Imagen. 151 Losa de desplante para grúa torre	168
Imagen. 151 Montaje de cabina	168
Imagen. 152 Montaje de cabina	168
Imagen. 153 Generador de energía y contrapesos.....	168
Imagen. 154 Desmontaje de grúas torre	168
Imagen. 155 Adecuación de carros en taller.....	170
Imagen. 156 Ensamble de plataforma inferior en taller	170
Imagen. 157 Armado de cerchas en patio.....	170
Imagen. 158 Izaje de plataforma inferior	170
Imagen. 159 Armado de carro de colado	170

Imagen. 160 Gato de tensado 500 ton.....	171
Imagen. 161 Unidad hidráulica	171
Imagen. 162 Bomba Lazerjet	172
Imagen. 163 Gato monotorón.....	172
Imagen. 164 Equipo de termofusión.....	172
Imagen. 165 Proyecto finalizado diciembre 2012	173

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Puntos de Inicio y Fin de construcción	39
Tabla 2 Superficies requeridas del proyecto	39
Tabla 3. Longitud de claro contra el tipo de Puente	56
Tabla 4. Longitud de claro contra el Sistema Constructivo	56
Tabla 5. Normativa de referencia para la construcción de la infraestructura del transporte. Parte I	69
Tabla 6. Normativa de referencia para la construcción de la infraestructura del transporte. Parte II.	70
Tabla 7. Normativa de referencia para la construcción de la infraestructura del transporte. Parte III.	71
Tabla 8. Volúmenes y PU de las excavaciones de los apoyos.....	91
Tabla 9. Volúmenes y PU de la construcción de zapatas de los apoyos P2 y P3	92
Tabla 10. Volúmenes y PU de la construcción de zapatas de los Estribos E1 Y E4.....	94
Tabla 11. Volúmenes y PU de la construcción de muros de pilas P2 y P3	97
Tabla 12. Volúmenes y PU de la construcción de muros de pilas P2 y P3.....	98
Tabla 13. Volúmenes y PU de las dovelas sobre pilas P2 y P3	111
Tabla 14. Listado de los tendones del presfuerzo longitudinal	129
Tabla 15. Volúmenes y PU de las dovelas en doble voladizo	132
Tabla 16. Volúmenes y PU de las dovelas de orilla	136
Tabla 17. Volúmenes y PU. de la superestructura de las dovelas de cierre.....	141
Tabla 18. Volúmenes y PU del presfuerzo longitudinal	143
Tabla 19. Volúmenes y PU de la superestructura.....	143
Tabla 20. Volúmenes y PU de los dispositivos antivibratorios	148
Tabla 21. Volúmenes y PU de los trabajos de pavimentación	155
Tabla 22. Volúmenes y PU de trabajos diversos	160
Tabla 23. Volúmenes más representativos en la ejecución del P.B.D.....	160
Tabla 24. Relación de importes y volúmenes totales de ejecución del P.B.D.....	161
Tabla 25. Importes por partida P.B.D	162
Tabla 26. Importes totales de materiales más representativos del puente Barranca del Diablo.....	163
Tabla 27. Totales de materiales más representativos	164
Tabla 28. Integración del costo	165
Tabla 29. Tabla de costos paramétricos para puente doble voladizo	165

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica. 1 Participación de importes por partida.....	162
Gráfica. 2 Importe total por Materiales.....	163
Gráfica. 3 Importe de los 3 materiales más representativos.....	164
Gráfica. 4 Integración del Costo	165