



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Seguimiento y adecuaciones realizadas  
al proyecto de construcción de la  
autopista Atizapán-Atlacomulco.**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Civil**

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

David Giovanni Hernández Sanjuán

**ASESOR(A) DE INFORME**

M.I. Guillermo Mancilla Urrea



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018**

## **Agradecimientos**

A la empresa Ingeniería de Proyectos e Infraestructuras Mexicanas por facilitarme la obtención de información, permitiéndome aprender los procesos que conllevan las labores de supervisión y a los compañeros de trabajo que me manifestaron su apoyo en la elaboración de este informe.

A mis padres por apoyarme y comprenderme en los momentos en que más lo he requerido, antes, durante y posterior a la elaboración de este informe.

# ÍNDICE

<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>5</b>
<b><u>ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO BASE</u></b>	<b>6</b>
<b><u>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EJECUTIVO ACTUAL</u></b>	<b>8</b>
<b><u>ADECUACIONES REALIZADAS AL PROYECTO EJECUTIVO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA</u></b>	<b>11</b>
<b><u>GENERALIDADES DE LAS ADECUACIONES REVISADAS DURANTE LA SUPERVISIÓN CONSTRUCTIVA</u></b>	<b>13</b>
<b>MEJORAMIENTOS DE SUELO PARA EL DESPLANTE DE SISTEMAS DE CIMENTACIÓN EN ESTRUCTURAS MENORES Y OBRAS DE DRENAJE</b>	<b>13</b>
<b>FILTROS Y DRENES PARA PROTECCIÓN DE MUROS EN ESTRUCTURAS MENORES Y OBRAS DE DRENAJE</b>	<b>15</b>
<b>AJUSTES EN COORDENADAS Y NIVELES DE ESTRUCTURAS MAYORES, MENORES Y OBRAS DE DRENAJE</b>	<b>17</b>
<b>AJUSTES EN LA CLASE DE TUBERÍA EMPLEADA PARA LAS OBRAS DE DRENAJE</b>	<b>18</b>
<b>AJUSTES EN ARMADOS DE ACERO DE REFUERZO Y CANTIDADES DE OBRA EN ESTRUCTURAS MENORES, MAYORES Y OBRAS DE DRENAJE</b>	<b>19</b>
<b>AJUSTES EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS EMPLEADOS EN ESTRUCTURAS MENORES Y MAYORES</b>	<b>20</b>
<b><u>ADECUACIONES PARTICULARES REVISADAS DURANTE LA SUPERVISIÓN CONSTRUCTIVA DE LA AUTOPISTA Y SEGUIMIENTO BRINDADO</u></b>	<b>22</b>
<b>AJUSTES EN EL SISTEMA DE CIMENTACIÓN DEL APOYO 4 DEL VIADUCTO “EL SALTO” CAD 91+857.00</b>	<b>22</b>
<b>MEJORAMIENTO EN DESPLANTE DE CIMENTACIÓN DE LA OBRA DE DRENAJE T3-AC-15E CAD 598+061.21 Y 598+056.63</b>	<b>33</b>
<b>COLOCACIÓN DE FILTROS Y DRENES PARA PROTECCIÓN DE MUROS EN OBRAS DE DRENAJE Y PASOS SUPERIORES VEHICULARES EN EL TRAMO 3 DE LA AUTOPISTA ATIZAPÁN-ATLACOMULCO</b>	<b>41</b>
<b>AJUSTES EN LA CLASE DE TUBERÍA EMPLEADA EN LA OBRA DE DRENAJE T3-AC-11E CAD 596+812.00</b>	<b>49</b>
<b><u>SEGUIMIENTO REALIZADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA</u></b>	<b>58</b>
<b>SEGUIMIENTO SEMANAL Y MENSUAL DE ACTIVIDAD EN OBRA</b>	<b>59</b>
<b>SEGUIMIENTO REALIZADO A OBRAS DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS</b>	<b>62</b>
<b>SEGUIMIENTO REALIZADO A MAQUINARIA EN OBRA</b>	<b>67</b>
<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b>69</b>

## Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1</i> Trazo de proyecto de la autopista Atizapán - Atlacomulco. _____	6
<i>Ilustración 2</i> Presencia de suelos saturados CAD 87+708.00. _____	14
<i>Ilustración 3</i> Mejoramiento de desplante de obra CAD 656+119.00. _____	15
<i>Ilustración 4</i> Detalle de protección a cajones PSV's con muro seco y polietileno bi-extruido. _____	17
<i>Ilustración 5</i> Reforzamiento de obra de drenaje tipo cajón por medio de la construcción de muro central. _	20
<i>Ilustración 6</i> Sistema de cimbra modulada para el viaducto 20+880. _____	22
<i>Ilustración 7</i> Sección longitudinal del viaducto "El salto" CAD 91+874.00. _____	23
<i>Ilustración 8</i> Columnas y sistema de cimentación de proyecto del apoyo 4, viaducto "El salto" CAD 91+857.00. _____	23
<i>Ilustración 9</i> Material de pie de monte (suelo con roca fragmentada intercalada) en el talud alledaño al sitio del apoyo C4. _____	25
<i>Ilustración 10</i> Apoyo 4 modificado, viaducto "El salto". _____	32
<i>Ilustración 11</i> Zona de desplante de la obra de drenaje T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63. _____	35
<i>Ilustración 12</i> Estudio geotécnico de proyecto de terracerías. _____	36
<i>Ilustración 13</i> Condiciones encontradas en el suelo de desplante de la obra de drenaje T3-AC-15E 598+061.21 y 598+056.63. _____	38
<i>Ilustración 14</i> Adecuación realizada a la zona de desplante de la obra de drenaje T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63. _____	40
<i>Ilustración 15</i> Formación de ondulaciones y baches, sub tramo 594+100 al 595+320. _____	44
<i>Ilustración 16</i> El suelo encontrado en algunas zonas del tramo 3 muestra plasticidad, característica de suelos arcillosos. _____	45
<i>Ilustración 17</i> Geodrén con geotextil. _____	46
<i>Ilustración 18</i> Empujes generados por la acumulación de agua en la parte inferior de la obra de drenaje. _	47
<i>Ilustración 19</i> Empuje generado únicamente por la acción del suelo sobre el muro de la obra de drenaje, debido a un adecuado sistema de drenaje perimetral. _____	48
<i>Ilustración 20</i> Adecuaciones a la clase de tubería empleada en las obras de drenaje. _____	51
<i>Ilustración 21</i> Proyecto ejecutivo de la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00. _____	52
<i>Ilustración 22</i> Requisitos de calidad marcados por la SCT para tubos de concreto reforzado Clase 2. _____	53
<i>Ilustración 23</i> Cantidades de obra y clase de tubería en proyecto ejecutivo firmado. _____	54
<i>Ilustración 24</i> Recomendaciones de colchones para tuberías de concreto basadas en la clase de la tubería. _____	55
<i>Ilustración 25</i> Cálculo de clase mínima según ASTM-C76M y su equivalencia en la normativa SCT. _____	56
<i>Ilustración 26</i> Informe semanal de actividad en obra del 2 al 8 de marzo de 2018, tramo 1. _____	61
<i>Ilustración 27</i> Resumen de actividad mensual correspondiente al mes de enero de 2018, tramo 3. _____	62
<i>Ilustración 28</i> Larguillo de Pasos Superiores Vehiculares (PSV's) del tramo 1 y cuadro resumen de la troncal. _____	65
<i>Ilustración 29</i> Índice del informe final de la obra de drenaje T3-AC-7A CAD 78+584, octubre 2017. _____	66
<i>Ilustración 30</i> Tablas diarias de estado de maquinaria, 1 de febrero de 2018. _____	67

## Índice de tablas

<i>Tabla 1</i> Características del proyecto base de la SCT. _____	7
<i>Tabla 2</i> Tabla comparativa proyecto base y proyecto ejecutivo actual. _____	11
<i>Tabla 3</i> Clases de tubería de concreto reforzado. _____	19
<i>Tabla 4</i> Resumen de las pruebas de presiómetro realizadas. _____	26

<i>Tabla 5 Descripción estratigráfica del sondeo mixto E79 SV AP-4, fecha de inicio 26 de mayo de 2017, fecha de término 30 de mayo de 2017.</i>	28
<i>Tabla 6 Parámetros de resistencia.</i>	29
<i>Tabla 7 Elementos mecánicos para el diseño de la zapata con cimentación profunda.</i>	30
<i>Tabla 8 Revisión de capacidad de carga con 12 pilas de 1.5 de diámetro.</i>	31
<i>Tabla 9 Modificación en las cantidades de obra con el ajuste en el sistema de cimentación del apoyo 4 del viaducto “El salto”.</i>	33
<i>Tabla 10 Impacto económico del ajuste en el sistema de cimentación del apoyo 4 del viaducto “El salto”.</i>	33
<i>Tabla 11 Modificación a las cantidades de obra con el mejoramiento a la OD T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63.</i>	40
<i>Tabla 12 Impacto económico del mejoramiento a la OD T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63.</i>	41
<i>Tabla 13 Modificación en las cantidades de obra por la protección realizada a los muros en la OD T3-AC-9C CAD 86+720.00.</i>	48
<i>Tabla 14 Impacto económico generado con la protección realizada a los muros en la OD T3-AC-9C CAD 86+720.00.</i>	49
<i>Tabla 15 Modificaciones a las cantidades de obra debidas al cambio en la clase de tubería en la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00.</i>	57
<i>Tabla 16 Impacto económico generado con el cambio en la clase de tubería en la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00.</i>	57

## Índice de gráficos

<i>Gráfico 1 Maquinaria activa e inactiva en el tramo 3, febrero 2018.</i>	68
<i>Gráfico 2 Maquinaria total y activa en la troncal de la autopista, febrero 2018.</i>	69

## **Introducción**

La autopista Atizapán-Atlacomulco forma parte del proyecto del corredor México-Nogales con ramal a Tijuana, permitirá una conexión rápida con las ciudades de Morelia y Guadalajara, comunicando de una forma eficiente la zona del bajo mexicano.

Durante el desarrollo de este informe se hará mención a las labores de supervisión de esta vía de comunicación durante su etapa constructiva, así como las diferentes áreas en las que se pueden clasificar las labores realizadas durante este proceso para una vía de estas características, buscando siempre cumplir con las condiciones de proyecto, garantizando calidad, tiempo y el costo de la infraestructura construida.

## Antecedentes y descripción del proyecto base

El proyecto concesionado de la autopista Atizapán - Atlacomulco con número de concurso 00009076-003-13 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, con fecha 28 de marzo de 2014, consiste en la construcción, operación, explotación y conservación durante un período de 30 años de una autopista que se ubicará en el Estado de México, involucrando a los municipios de Atizapán de Zaragoza, Atlacomulco, Chapa de Mota, Jilotepec, Jilotzingo, Morelos, Nicolás Romero, Timilpan y Villa del Carbón.

La concesión incluye el derecho de vía, servicios auxiliares y el conjunto de actividades que el concursante ganador, en su carácter de concesionario, está obligado a llevar a cabo en los términos establecidos en el título de concesión respectivo.

La autopista iniciará en el km 19+620 del entronque "Chiluca" (Atizapán de Zaragoza), ubicado en el km 14+500 de la autopista Chamapa - Lechería y terminará en el km 100+046 del entronque "Atlacomulco" (Atlacomulco), ubicado en la unión de las autopistas Atlacomulco - Maravatío, libramiento norte de la Ciudad de México y de la carretera federal Atlacomulco - Palmillas.

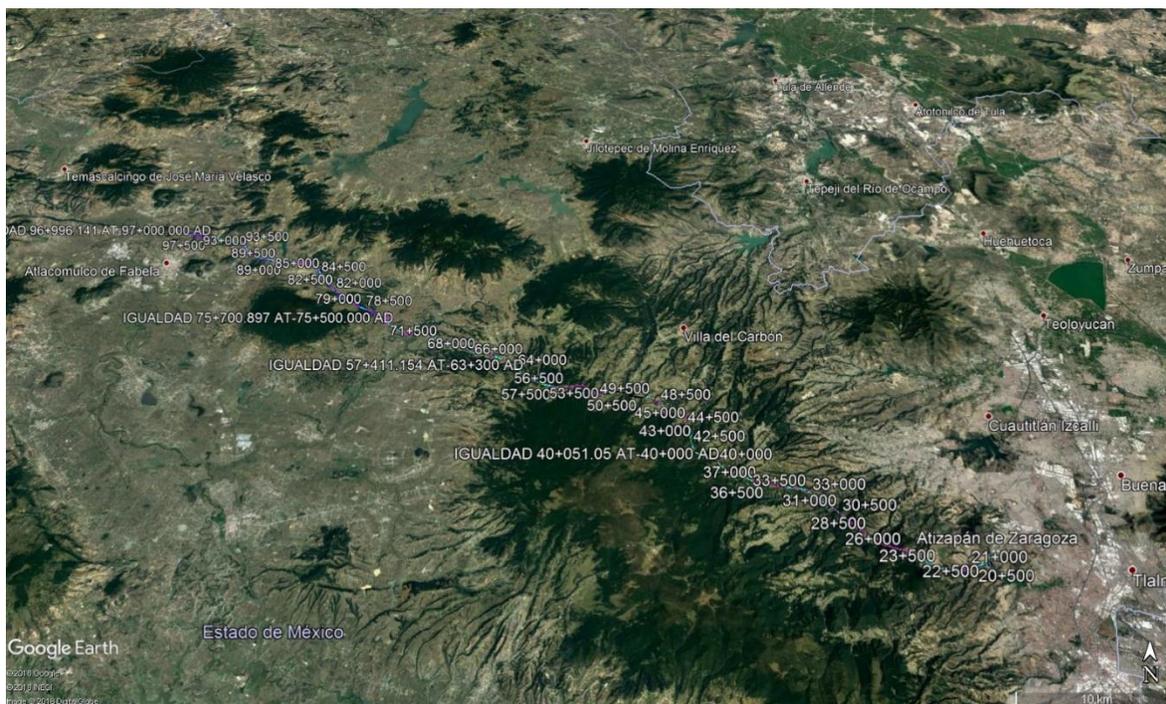


Ilustración 1 Trazo de proyecto de la autopista Atizapán - Atlacomulco.

El proyecto base entregado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para la autopista, cuenta con un kilometraje que va desde el km 20+620.000 al km 599+022.819, repartidos en tres tipos de carreteras de seis y cuatro carriles de circulación: carretera tipo A6 del km 20+620.000 al km 533+000.000, carretera tipo A4 del km 534+000 al km 65+000.000, carretera tipo A4S del km 66+000.000 al km 599+022.819.

Cuenta con una longitud total de 72.64 km, los cuales incluyen 4 entronques con una longitud de 10.91 km; 4 túneles con una longitud de 1.39 km; 15 viaductos con una longitud de 3.47 km; 28 Pasos Inferiores Vehiculares (PIV's); 15 Pasos Superiores Vehiculares (PSV's); 12 Pasos Superiores Peatonales y Ganaderos (PSPyG's); 239 Obras de Drenaje (OD's); 16.95 millones de m<sup>3</sup> de cortes; y 11.99 millones de m<sup>3</sup> de terraplenes, con un Tránsito Diario Promedio Anual (T.D.P.A.) de 9,066 vehículos.

<b>PROYECTO BASE DE LA SCT</b>	
<b>Kilometrajes</b>	20+620.000 al 599+022.819 A6 del 20+620.000 al 533+000.000 A4 del 534+000.000 al 65+000.000 A4S del 66+000.000 al 599+022.819
<b>Longitud total</b>	72.64 km
<b>T.D.P.A.</b>	9,066 vehículos
<b>Entronques</b>	4 (longitud total de 10.91 km)
<b>Túneles</b>	4 (longitud total de 1.39 km)
<b>Viaductos</b>	15 (longitud total de 3.47 km)
<b>Pasos</b>	15 Pasos Superiores Vehiculares (PSV's) 28 Pasos Inferiores Vehiculares (PIV's) 12 Pasos Superiores Peatonales y Ganaderos (PSPyG)
<b>Obras de drenaje</b>	239 Obras de Drenaje (OD's)
<b>Volumen de terracerías</b>	16.95 millones de m <sup>3</sup> de cortes 11.99 millones de m <sup>3</sup> de terraplenes

*Tabla 1 Características del proyecto base de la SCT.*

El proyecto será parte del corredor México - Nogales con ramal a Tijuana, permitirá conexiones comerciales y turísticas directas entre México y Morelia, e industrial con Guadalajara, creando un impacto en las autopistas Atlacomulco - Maravatío - Guadalajara, Chamapa - Lechería y Libramiento Norte de la Ciudad de México.

La autopista será una alternativa de comunicación para la zona del Bajío con la Ciudad de México creando competencia con la alternativa existente México - Querétaro - el Bajío - Guadalajara (zonas de importancia por ser centros de

producción agrícola); con ello, la autopista estará destinada al tránsito con origen y destino en el occidente del país, con acceso al noroeste de la Zona Metropolitana del Valle de México y realizando funciones de enlace directo con Morelia y Guadalajara.

Las alternativas existentes que ofrecen un servicio en la zona de influencia de este proyecto son los arcos formados con las carreteras libres de Atizapán - Villa del Carbón - Atlacomulco y Naucalpan - Ixtlahuaca - Atlacomulco, las cuales dan servicio al tránsito local, mientras que la vía de cuota de Naucalpan - Toluca, atiende a un mayor segmento de usuarios compuesto principalmente por tránsito de largo itinerario.

Así el proyecto tendrá ventajas competitivas en aspectos como longitud, tiempo y velocidad promedio entre Atizapán y Atlacomulco, lo que lo hará muy atractivo para el tránsito de largo itinerario principalmente.

### **Descripción del proyecto ejecutivo actual**

Dentro del proceso de supervisión de la autopista, se trabaja con el proyecto ejecutivo final presentado a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), el cual se ha clasificado en diferentes componentes con el fin de llevar un control adecuado de cada uno de los elementos que conforman la autopista. Por ello las estructuras existentes se han clasificado en estructuras mayores, estructuras menores y obras de drenaje, las cuales se encuentran contenidas en la troncal y acompañan los trabajos de movimiento de tierras (cortes y terraplenes para obtener la rasante de proyecto).

La troncal final del proyecto ejecutivo se encuentra dividida en 3 tramos, cuyos kilometrajes son los siguientes:

- Tramo 1 (CAD 20+000.000 al 39+996.250)
- Tramo 2 (CAD 40+000.000 al 75+700.897)
- Tramo 3 (CAD 77+400.000 al 99+160.000)

A continuación, se explicará el contenido de cada clasificación y los elementos del proyecto ejecutivo final que lo conforman.

**Estructuras mayores:** Se clasifican como estructuras mayores a los 12 viaductos y 2 túneles ubicados en la troncal del proyecto actual de la autopista, y se encuentran distribuidos de la siguiente manera.

Tramo 1 (6 Viaductos y 2 túneles)

- Viaducto "Sin nombre" CAD 20+880

- Viaducto “Sin nombre” CAD 31+033
- Viaducto “Cahuacán III” CAD 538+995
- Viaducto “La estadía” CAD 622+332
- Viaducto “Los gallos” CAD 27+425
- Viaducto “Tlazala” CAD 31+359
- Túnel “Cahuacán I” CAD 36+285
- Túnel “Los gallos” CAD 28+020

Tramo 2 (5 Viaductos)

- Viaducto “Sin nombre” CAD 654+770
- Viaducto “Sin nombre” CAD 642+053
- Viaducto “El llano” CAD 651+016
- Viaducto “El pescado” CAD 675+482
- Viaducto “Los chaparrales” CAD 673+387

Tramo 3 (1 Viaducto)

- Viaducto “El salto” CAD 91+874.00

**Estructuras menores:** Se clasifican como estructuras menores los 25 Pasos Inferiores Vehiculares (PIV’s), 20 Pasos Superiores Vehiculares (PSV’s) y 1 Paso Superior Peatonal y Ganadero (PSPyG) ubicados en la troncal del proyecto actual de la autopista, y se encuentran distribuidos de la siguiente manera.

Tramo 1 (9 estructuras menores)

- 3 Pasos Superiores Vehiculares (PSV’s)
- 6 Pasos Inferiores Vehiculares (PIV’s)

Tramo 2 (25 estructuras menores)

- 12 Pasos Superiores Vehiculares (PSV’s)
- 12 Pasos Inferiores Vehiculares (PIV’s)
- 1 Paso Superior Peatonal y Ganadero (PSPyG)

Tramo 3 (12 estructuras menores)

- 5 Pasos Superiores Vehiculares (PSV’s)

- 7 Pasos Inferiores Vehiculares (PIV's)

**Obras de drenaje:** Se clasifican como Obras de Drenaje Transversal (OD's u ODT's) a las 219 obras de drenaje que se encuentran contenidas en la troncal del proyecto actual de la autopista.

Se han clasificado en 3 tipos:

- a) Las obras tipo tubo, que son formadas por tuberías prefabricadas de concreto con diámetros variables y de longitud promedio de 2.40 metros, que conectan en su entrada y su salida generalmente con muros cabeceros construidos en sitio.
- b) Las obras tipo bóveda, cuya sección característica es el portal compuesto por losa, muros, bóveda, obra de entrada y salida; generalmente, son cajas de captación y/o losas con aleros construidos en sitio.
- c) Las obras tipo cajón las cuales cuentan con losas, muros, obras de entrada y salida; generalmente, son cajas de captación y/o losas con aleros construidas en sitio, al igual que en el caso de las bóvedas.

Estas obras se encuentran distribuidas de la siguiente manera.

Tramo 1 (47 obras de drenaje)

- 42 obras de drenaje tipo tubo.
- 4 obras de drenaje tipo doble tubo.
- 1 obra de drenaje tipo doble bóveda.

Tramo 2 (92 obras de drenaje)

- 71 obras de drenaje tipo tubo.
- 10 obras de drenaje tipo doble tubo.
- 1 obra de drenaje tipo triple tubo.
- 2 obras de drenaje tipo bóveda.
- 4 obras de drenaje tipo doble bóveda.
- 4 obras de drenaje tipo cajón.

Tramo 3 (80 obras de drenaje)

- 35 obras de drenaje tipo tubo.
- 4 obras de drenaje tipo doble tubo.

- 4 obras de drenaje tipo bóveda.
- 29 obras de drenaje tipo cajón.
- 8 obras de drenaje tipo doble cajón.

Como se puede observar el proyecto ejecutivo con el cual se está trabajando muestra diferencias con el proyecto base de la SCT, estas diferencias se deben a mejoras realizadas al mismo y se muestran en la siguiente tabla comparativa.

	PROYECTO BASE DE LA SCT	PROYECTO EJECUTIVO ACTUAL
<b>Kilometrajes</b>	20+620.000 al 599+022.819	520+931.255 al 599+601.310
<b>Longitud total</b>	72.64 km	72.95 km
<b>T.D.P.A.</b>	9,066 vehículos	4,853 vehículos (referido a 2016)
<b>Entronques</b>	4 (longitud total de 10.91 km)	4 (longitud total de 14.34 km)
<b>Túneles</b>	4 (longitud total de 1.39 km)	2 (longitud total de 0.383 km)
<b>Viaductos</b>	15 (longitud total de 3.47 km)	12 (longitud total de 3.94 km)
<b>Pasos</b>	15 PSV's	20 PSV's
	28 PIV's	25 PIV's
	12 PSPyG	1 PSPyG
<b>Obras de drenaje</b>	239 OD's	219 OD's
<b>Volumen de terracerías</b>	16.95 millones de m3 de cortes	34.18 millones de m3 de cortes
	11.99 millones de m3 de terraplenes	33.57 millones de m3 de terraplenes

*Tabla 2 Tabla comparativa proyecto base y proyecto ejecutivo actual.*

## **Adecuaciones realizadas al proyecto ejecutivo durante la construcción de la autopista**

Como se explicó anteriormente, el proyecto base entregado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), para la autopista Atizapán - Atlacomulco, ha tenido modificaciones técnicas derivadas de mejoras realizadas al proyecto base.

Lo anterior, con la finalidad de reducir costos y tener un proceso constructivo eficaz. Siempre tomando como base el proyecto proporcionado por la SCT.

Las modificaciones realizadas se pueden clasificar dentro de los siguientes campos:

- Modificaciones en rasantes de proyecto adecuadas y económicas.
- Compensación adecuada de terracerías.
- Modificaciones por derecho de vía.
- Aprovechamiento de materiales producto de excavaciones.

- Modificaciones a proyectos y procesos constructivos de estructuras mayores (Viaductos y túneles).
- Modificaciones a proyectos y procesos constructivos de estructuras menores (Obras de drenaje, PSV's, PIV's y PSPyG's).
- Optimización de la estructura de pavimentos.

Una vez realizadas estas modificaciones al proyecto base, se obtiene el anteproyecto, el cual, se presenta a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y una vez aprobado, y contando con los planos firmados, se obtiene el proyecto ejecutivo.

Este proyecto ejecutivo contiene las especificaciones para realizar los trabajos de terracerías y estructuras en campo; sin embargo, durante la ejecución de los trabajos, se llegan a detectar errores en el proyecto, impedimentos técnicos, condiciones diferentes o adversas a las previamente visualizadas.

Por ello, durante la construcción de la autopista se realizaron adecuaciones al proyecto ejecutivo en obra, debido principalmente a las siguientes condiciones:

- Condiciones geotécnicas y topográficas inadecuadas encontradas en sitio.
- Condiciones reales a las que se encuentran sometidas las estructuras.
- Errores en el proyecto ejecutivo autorizado.
- Adecuaciones debidas al derecho de vía.
- Procedimientos constructivos empleados.

El proceso por el que estas adecuaciones al proyecto ejecutivo en obra son analizadas y revisadas, se realiza a través de la generación de boletines.

Un boletín se origina al encontrar en campo alguna circunstancia que impida que la obra se realice conforme al proyecto ejecutivo autorizado (tales como las anteriormente mencionadas).

La autopista Atizapán - Atlacomulco es un proyecto concesionado, por lo que los participantes en el análisis y revisión de los boletines son la concesionaria, la constructora y la supervisora.

El objetivo del boletín es analizar si es conveniente realizar modificaciones al proyecto autorizado; por ello, durante la supervisión realizada al proyecto de la autopista se han elaborado, analizado, revisado y dado seguimiento a diversas adecuaciones boletinadas.

Generalmente la elaboración de los boletines está a cargo de la constructora contratada por la concesionaria; sin embargo, la concesionaria y la supervisora también pueden indicar modificaciones convenientes al proyecto según lo visto en obra.

El proceso empleado para la aprobación y autorización de un boletín involucra la revisión de la concesionaria, la constructora y la supervisión; para ello, se presenta el boletín a las empresas involucradas y después de analizar la conveniencia de la modificación, por parte de su oficina técnica y contando con su aprobación, la concesionaria aprueba la adecuación.

Si se detecta algún error reincidente desde el anteproyecto y desvinculado de la constructora, la concesionaria deberá cubrir el impacto económico vinculado al error. Si la constructora intervino en el proyecto, será su responsabilidad absorber el posible impacto económico generado. Es importante mencionar que todas las modificaciones realizadas deben apegarse a reglamentos de construcción vigentes.

Si las partes involucradas (constructora, supervisión y concesionaria) consideran conveniente la adecuación del proyecto, se entrega dicha adecuación al ingeniero independiente y si éste aprueba la adecuación boletinada, se presenta la modificación ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para su conocimiento.

Si el ingeniero independiente no aprueba la adecuación boletinada se realiza de nuevo el proceso para modificar las observaciones realizadas por el mismo.

### **Generalidades de las adecuaciones revisadas durante la supervisión constructiva**

Durante la construcción del proyecto ejecutivo de la autopista se han realizado diversas adecuaciones al proyecto ejecutivo en obra, las cuales han sido boletinadas de forma paralela al avance y construcción de las estructuras. Estos boletines se clasifican en los siguientes temas:

#### **Mejoramientos de suelo para el desplante de sistemas de cimentación en estructuras menores y obras de drenaje**

Dentro de la supervisión de la autopista se consideran como estructuras menores y obras de drenaje aquellas que se encuentran transversales al eje de la autopista, como son: Pasos Inferiores Vehiculares (PIV's), Pasos Superiores Vehiculares (PSV's) y Obras de Drenaje (OD's).

Algunas de estas obras han tenido adecuaciones previas al desplante de su cimentación, que se deben principalmente a las condiciones encontradas durante las visitas técnicas al sitio en donde se ubican dichas estructuras.

Específicamente en zonas donde se presenta un relieve topográfico visiblemente plano, una estratigrafía al desplante de las estructuras compuesta por capas de suelo vegetal (raíces, pastos y plantas) de alrededor de 0.30 m de espesor debajo del cual se encuentra un suelo arcilloso de alta plasticidad con poca arena fina de consistencia media color café oscuro, con un Nivel de Aguas Freáticas (NAF) promedio de 0.60 m de profundidad respecto al nivel de Terreno Natural (TN) o incluso la presencia en algunos sitios de suelos superficiales saturados.

Siguiendo las recomendaciones geotécnicas, se concluye que no es conveniente utilizar el suelo existente para desplantar la cimentación de las estructuras, por lo que es necesario realizar mejoramientos al suelo que aumenten su capacidad de carga y logre soportar las cargas de trabajo a las que estará sometido.



*Ilustración 2 Presencia de suelos saturados CAD 87+708.00.*

La solución general encontrada por las partes involucradas fue realizar excavaciones en caja (excavación realizada en sección de proyecto) para la colocación de material no compactable procedente de cortes cuyo ancho será de al menos el ancho de la obra, más 1 m a cada lado y en toda la longitud de la obra.

El espesor de las capas de mejoramiento será marcado por la posición del Nivel de Aguas Freáticas (NAF), no siendo necesario excavar por debajo de este nivel, sin embargo, si el nivel de arrastre se encuentra por debajo del NAF (en el caso de las obras de drenaje) o existe presencia de suelos con contenido de agua que rebasa

lo esperado por proyecto (NAF a nivel superficial) será necesario realizar bombeo de achique.

Este material será conformado en capas, cuyo espesor será, según lo permita el tamaño máximo del material (el cual no deberá ser mayor a 16”), serán bandeadas con tractor sobre orugas con una masa mínima de 36.70 t, dando un mínimo de 3 pasadas por cada capa, o bien el número de pasadas que sea necesario según el equipo disponible en obra, garantizando un buen acomodo del material.

Por encima del mejoramiento con pedraplén se colocará una capa de tezontle de 0.20 m de espesor promedio, cuya finalidad será rellenar oquedades en la superficie del pedraplén conformado, garantizando así tener una superficie uniforme.



*Ilustración 3 Mejoramiento de desplante de obra CAD 656+119.00.*

### **Filtros y drenes para protección de muros en estructuras menores y obras de drenaje**

Dentro de la supervisión de la autopista, se consideran como estructuras menores y obras de drenaje aquellas estructuras que se encuentran transversales a la troncal de la autopista.

En esta clase de boletín, únicamente se consideran los Pasos Superiores Vehiculares (PSV's) y las Obras de Drenaje (OD's) tipo cajón, bóveda y tubo, a las cuales se les incorporarán filtros y drenes longitudinales como forma de protección para los muros, con el fin de evitar empujes no deseados en las estructuras.

Para este boletín las partes involucradas encontraron 2 soluciones generales posibles:

1. La primera de ellas propone la construcción de un muro seco, constituido por un filtro de 25 cm de espesor elaborado con material de greña de dimensiones máximas de 2 1/2" y 6", separado del terraplén longitudinalmente mediante una malla geotextil en ambos extremos, esto con el fin de que los finos no penetren hacia la zona del filtro.

Además, se propone la habilitación de drenes longitudinales de PVC contenidos dentro del filtro, con perforaciones en media caña en la parte superior del tubo, cuyo objetivo es captar el agua filtrada y llevarla fuera, esto para evitar posibles empujes debidos a la acción del agua.

Este dren también será cubierto con la malla geotextil evitando que los finos obstruyan la salida del agua.

2. La segunda solución propone la colocación de una membrana de polietileno de alta densidad bi-extruido reemplazando el muro seco, separado del terraplén longitudinalmente mediante una malla geotextil en ambos extremos con el fin de que los finos no penetren hacia la zona de la membrana.

Además de la habilitación de drenes longitudinales de PVC contenidos en la parte inferior de la membrana (como en el primer caso), con perforaciones en media caña en la parte superior del tubo, cuyo objetivo es captar el agua filtrada y llevarla fuera, esto para evitar posibles empujes debidos a la acción del agua.

Este dren también será cubierto con la malla geotextil evitando que los finos obstruyan la salida del agua.

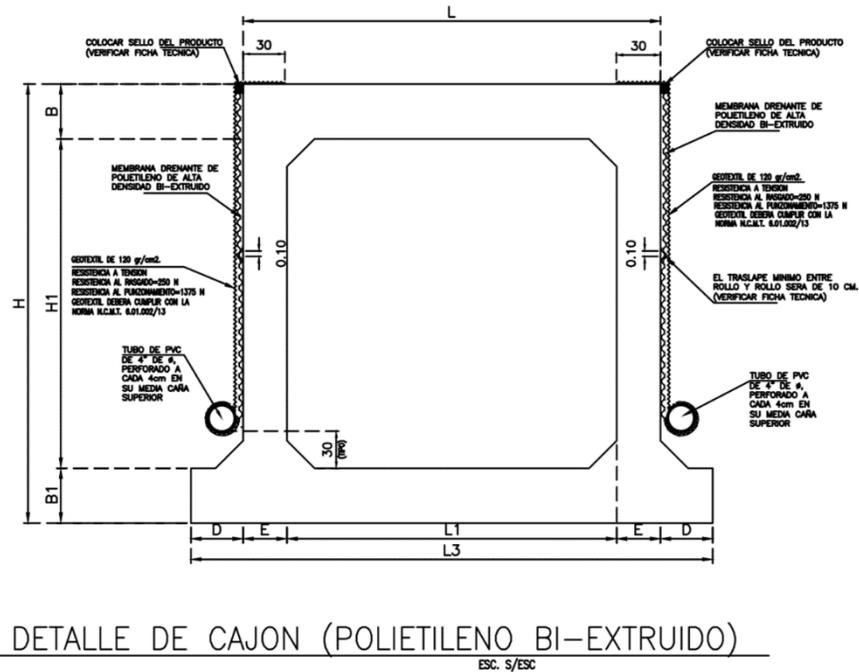
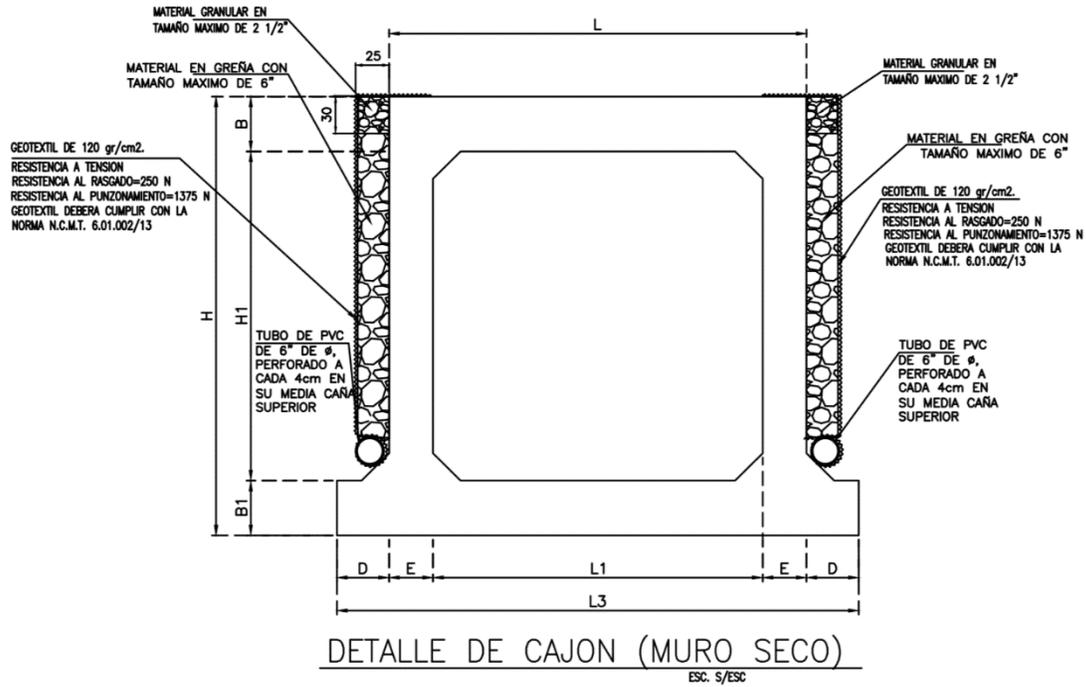


Ilustración 4 Detalle de protección a cajones PSV's con muro seco y polietileno bi-extruido.

**Ajustes en coordenadas y niveles de estructuras mayores, menores y obras de drenaje**

Dentro de la supervisión de la autopista, se consideran como estructuras menores y obras de drenaje aquellas estructuras que se encuentran transversales a la troncal de la autopista.

En esta clase de boletín se consideran los Pasos Inferiores Vehiculares (PIV's), Pasos Superiores Vehiculares (PSV's) y obras de drenaje (OD's), igualmente considera las estructuras mayores que se encuentran contenidas en sentido longitudinal a la troncal formando parte de la misma, en esta clasificación se encuentran los Viaductos y Túneles.

Algunas de estas estructuras han tenido ajustes en las coordenadas y niveles de entrada, eje, salida y/o desplante con el fin de optimizar su funcionamiento debido principalmente a las siguientes condiciones:

- Diferencias existentes entre lo planteado en proyecto ejecutivo y las condiciones vistas en sitio.
- Cumplimiento con el Derecho De Vía existente (DDV).
- Adecuada ubicación de la obra de drenaje.
- Adecuado encause de flujos de agua.
- Adecuada contención de taludes de terraplenes.

La solución general encontrada por las partes involucradas es realizar las correcciones de coordenadas y elevaciones de acuerdo a los planos particulares coincidentes con los datos de perfiles y plantas de las estructuras ajustadas en cuestión, esto involucra, algunas veces, acortamiento o alargamiento de estructuras, aumentando o disminuyendo los volúmenes de obra.

### **Ajustes en la clase de tubería empleada para las obras de drenaje**

Dentro de la supervisión de la autopista, se consideran como obras de drenaje a las estructuras que se encuentran transversales a la troncal de la autopista y tienen como fin el encauzamiento de corrientes de agua permitiendo la continuidad de los flujos interceptados por el trazo del eje de la autopista. Para esta clase de boletín, únicamente se consideran las obras de drenaje (OD's) tipo tubo, las cuales tienen colchones de relleno gravitando sobre la tubería.

Se ha encontrado que los colchones que gravitan sobre la tubería son grandes, por lo que se ha hecho necesario ajustar la clase (la cual es otorgada según su resistencia) de la tubería empleada. Esto con el fin de tener un adecuado funcionamiento de las obras de drenaje al encontrarse en funcionamiento con las solicitudes de trabajo, e igualmente para poder realizar la conformación de los terraplenes de la autopista sin inconveniente alguno.

La solución general encontrada por las partes involucradas considero las condiciones del Terreno Natural (TN), vistas en sitio respecto a las alcantarillas a construir y los espesores que tienen los colchones que gravitarán sobre dichas tuberías.

Se realizó una revisión, cuyo fin era determinar la resistencia del alcantarillado ante estas solicitaciones. Los resultados obtenidos del análisis ocasionaron el ajuste en la clase de tubería empleada, aumentando su resistencia con el fin de garantizar su adecuado funcionamiento, las clases de tubería existentes en el proyecto actualmente son las siguientes:

Clase de tubería	Resistencia del concreto f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Espesores de pared (mm)
1	280-350	51-279
2	280-350	51-229
3	280-350	51-178
4	422	51-140

*Tabla 3 Clases de tubería de concreto reforzado.*

### **Ajustes en armados de acero de refuerzo y cantidades de obra en estructuras menores, mayores y obras de drenaje**

Dentro de la supervisión de la autopista, se consideran como estructuras menores y obras de drenaje aquellas estructuras que se encuentran transversales a la troncal de la autopista.

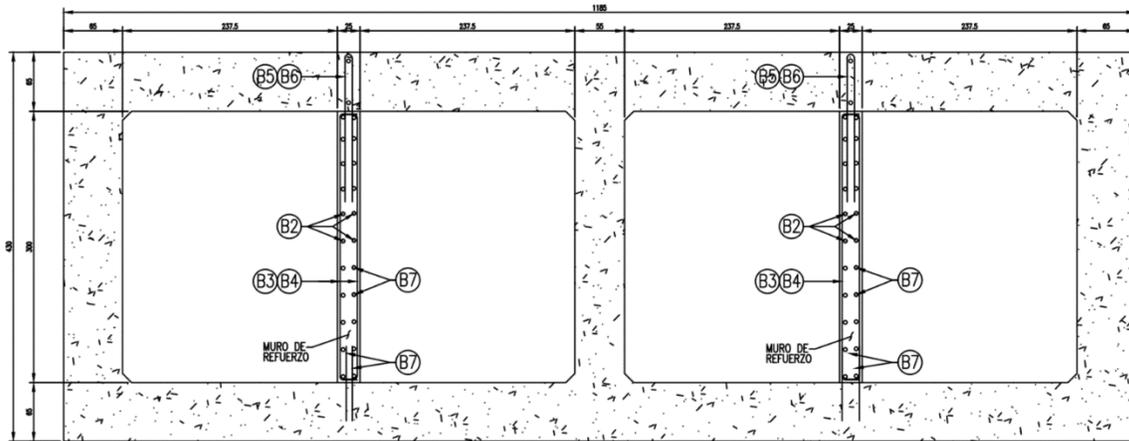
Para esta clase de boletín se consideran dentro de la clasificación los Pasos Inferiores Vehiculares (PIV's), Pasos Superiores Vehiculares (PSV's) y Obras de Drenaje (OD's).

Se consideran como estructuras mayores las obras que se encuentran contenidas en sentido longitudinal a la troncal, formando parte de la misma, para esta clase de boletín, se consideran dentro de esta clasificación los viaductos y túneles.

Algunas de las estructuras han tenido ajustes (alargamientos o acortamientos), generando modificaciones en los armados de acero y resistencias de concreto principalmente, estas modificaciones se deben a las condiciones encontradas en campo y a las solicitaciones futuras a las que se encontrarán sometidas las estructuras.

Los ajustes se realizan con el fin de absorber adecuadamente los esfuerzos a los que la estructura estará sujeta, soportar adecuadamente los rellenos que gravitarán sobre ella y brindar mayor seguridad, garantizando la resistencia de las obras, optimizando su operación e incrementando su vida útil a través de modificaciones

en espesores, peraltes y armados de acero de refuerzo en cajas de captación, losas, muros, aleros, guarniciones, etc., ajustando principalmente armados de acero, diámetros de varillas y resistencias de concretos.



SECCION TRANSVERSAL - ARMADO DE REFUERZOS  
NOTA: OBS. REFORZOS MMS ESC. 1:50

LISTA DE VARILLAS 88+880 (MURO REFUERZO)										
DESIG.	VAR	NUM.	DIAM	LONG.	CROQUIS	a	b	c	ESP.	PESO
CAJON	B2	22x2=44	4c	4186		4186	-	-	30	1831
	B3	26x8=208	4c	345		281	25	7	15	713
	B4	171x4=684	4c	345		281	25	7	20	2346
	B5	35x2=70	6c	184		81	-	22	100	288
	B6	14x2=28	6c	184		81	-	22	50	115
	B7	209x4=836	4c	95		95	-	-	-	789
	Total=6082 Kg									

NOTAS:  
 ARMAR CON VARS. B3 A 4 MTS. DE CADA EXTREMO DEL MURO  
 ARMAR CON VARS. B6 A 4 MTS. DE CADA EXTREMO DEL MURO  
 REQUIERE RELLENO DEL COLCHÓN Y LOS LATERARES CON TEZONTLE HASTA 0.61 cm DEBAJO DEL NIVEL DE LA RASANTE, CON UNA DENSIDAD MÁXIMA DE 1.40 Ton/m3

CANTIDADES DE OBRA 88+880 (MURO REFUERZO)		
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
LONGITUD DE OBRA	42.00	m
CONCRETO PARA MURO DE REFUERZO f'c=250 Kg/cm²	63	m3
ACERO DE REFUERZO	6082	kg

Ilustración 5 Reforzamiento de obra de drenaje tipo cajón por medio de la construcción de muro central.

**Ajustes en procesos constructivos empleados en estructuras menores y mayores**

Dentro de la supervisión de la autopista, se consideran estructuras menores a las estructuras ubicadas transversalmente a la troncal de la autopista y estructuras mayores a las contenidas en sentido longitudinal a la troncal, formando parte de la misma. En el caso de esta clase de boletín, a la fecha han sufrido ajustes en sus procesos constructivos los Pasos Superiores Vehiculares (PSV's) y los viaductos.

El objetivo de esta clase de boletines es describir el proceso y las condiciones necesarias para la construcción de las estructuras.

En esta clasificación destaca la construcción de las columnas de los viaductos a través de un sistema de cimbra modulada con una altura total de 4.20 a 4.40 metros y efectiva de 4.10 a 4.30 metros.

Este sistema proporciona mayor seguridad y movilidad a los trabajadores debido a que estas labores se llegarán a realizar a alturas de hasta 100 metros, además reduce el tiempo entre colados.

Sin embargo, es necesario para la ejecución de este procedimiento constructivo que el habilitado de acero no sea mayor de 7 metros y medio del nivel de colado previo, por lo que la longitud de varilla colocada por colado será de 6 metros, el proceso consta de los siguientes puntos:

1. Habilitado de acero de refuerzo en columnas.
2. Colocación de cimbra modulada.
3. Vaciado de concreto.
4. Descimbrado sobre la altura a la que vaya el colado.
5. Se repite el proceso.

Otro ajuste en procesos constructivos se realizó durante el colado de losas con junta constructiva, la cual permitía realizar los colados en etapas con un intervalo de tiempo de aproximadamente 8 días.

Esta junta constructiva no estructural permitirá la continuidad del armado longitudinal colocándose de manera ortogonal al eje principal no coincidiendo con zonas de traslapes.

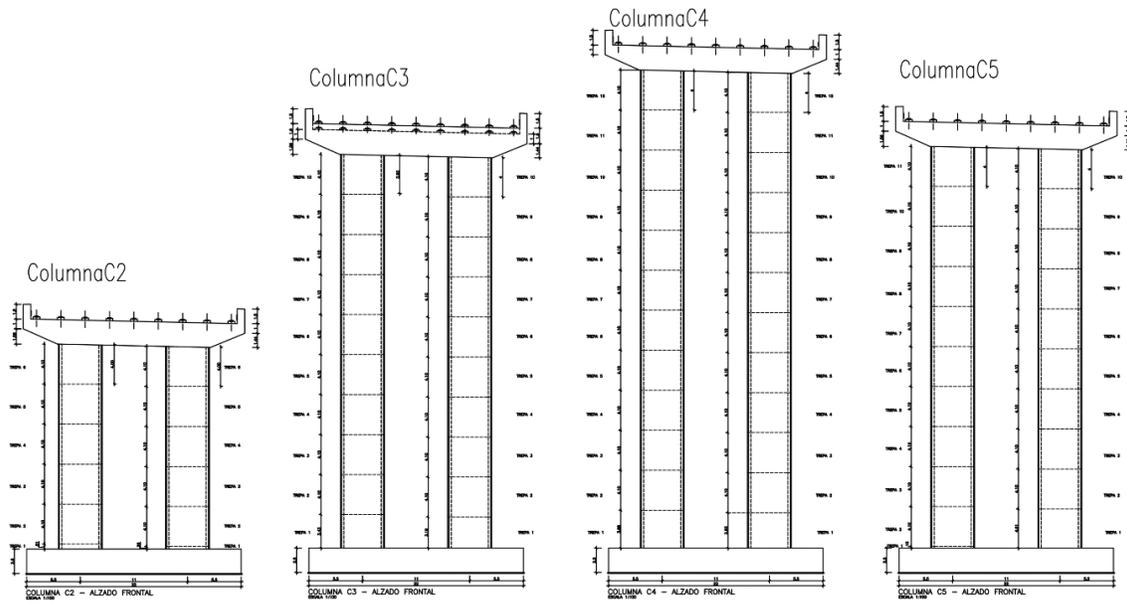


Ilustración 6 Sistema de cimbra modulada para el viaducto 20+880.

En el siguiente apartado se seleccionarán algunos de los boletines evaluados durante el proceso de supervisión la autopista, especificando el análisis realizado con ellos.

## **Adecuaciones particulares revisadas durante la supervisión constructiva de la autopista y seguimiento brindado**

### **Ajustes en el sistema de cimentación del apoyo 4 del viaducto “El salto” CAD 91+857.00**

El viaducto “El salto” CAD 91+874.00 tiene una longitud de 304 metros cruzando el río del mismo nombre, se compone de 7 tableros (4 de 46 metros en los tableros de los ejes 1 a 5 y 3 de 40 metros en los tableros de los ejes 5 al 8) cada tablero descarga a 9 traveses tipo Nebraska de 2.4 metros de peralte, con separación de 2.46 metros y voladizos de 1.19 metros, teniendo una sección transversal de 22.06 metros que da alojamiento a 4 carriles de tránsito y 2 acotamientos contenidos en sus 21 metros de ancho de calzada por el que circularán camiones de diseño T3-S2-R4 tipo 1 de 72.5 toneladas siendo sus guarniciones de 53 cm en ambos lados.

Descarga a 6 apoyos intermedios (siendo el más alto el perteneciente al eje 5 con alrededor de 51 metros) y 2 caballetes extremos, uno de los cuales tiene un sistema de cimentación superficial y otro con sistema de cimentación mixta (zapata desplantada a encepado de 6 pilas con diámetro de 1.5 metros y 22.5 metros de longitud). Los apoyos intermedios están formados por 2 columnas huecas de 5 por 3 metros empotradas a zapatas desplantadas en las laderas a excepción del apoyo

5 que descarga sobre una cimentación mixta con un encepado de 12 pilas de cimentación de 1.5 metros de diámetro y longitud de 24 metros.

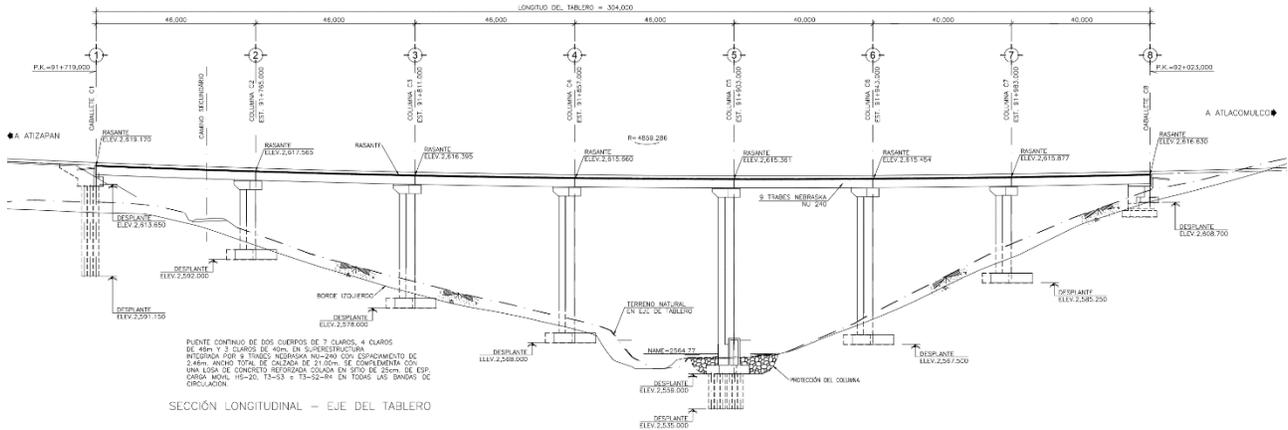


Ilustración 7 Sección longitudinal del viaducto "El salto" CAD 91+874.00.

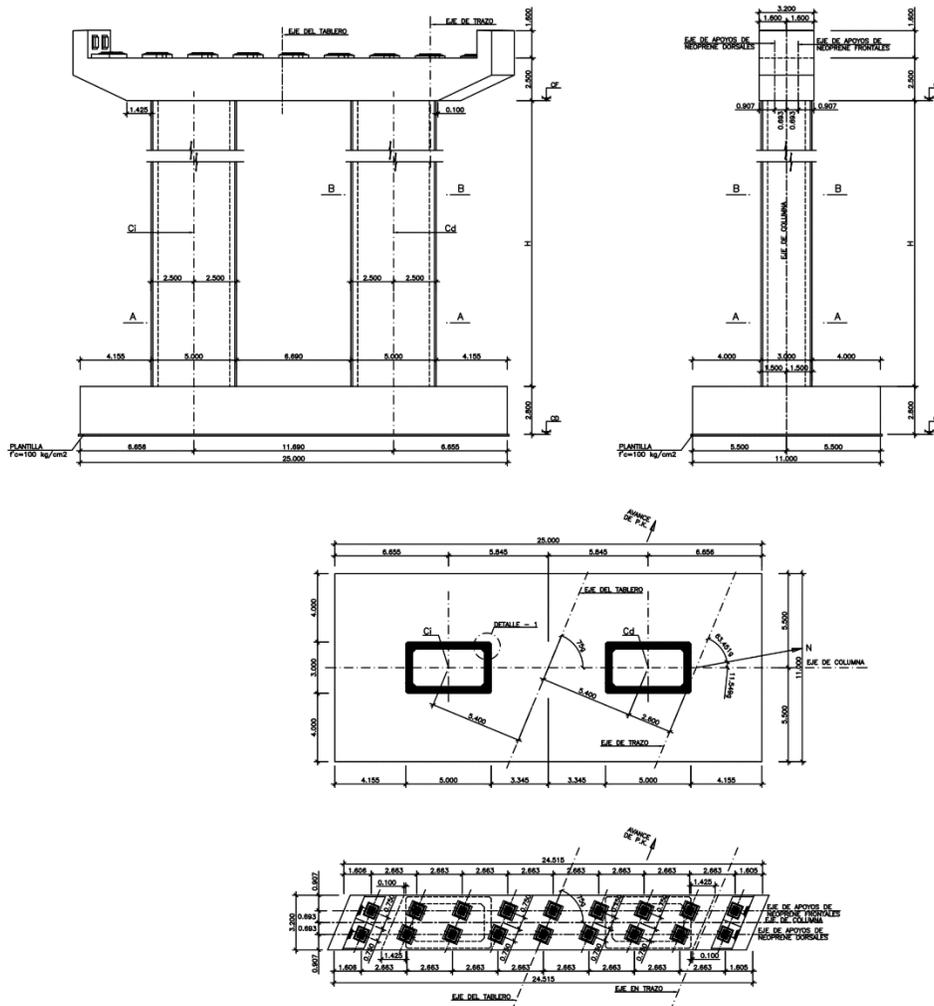


Ilustración 8 Columnas y sistema de cimentación de proyecto del apoyo 4, viaducto "El salto" CAD 91+857.00.

## **Condiciones geotécnicas de proyecto en la zona del apoyo 4 del viaducto “El salto”**

Durante los trabajos de excavación para la construcción de la zapata de cimentación del apoyo 4 del viaducto “El salto” km 91+874, se encontraron condiciones geotécnicas diferentes a las indicadas en el primer y segundo sondeo de exploración realizado.

La información recabada de los sondeos indicaba una estratigrafía con una primera capa de arcilla de baja plasticidad (CL), de consistencia dura en diversas tonalidades de café (oscuro, amarillento y grisáceo) y espesor de 4.80 metros debajo de la cual existían estratos muy competentes de tobas arcillosas, limosas y/o arenosas, con resistencia a la penetración estándar superior a los 50 golpes, los cuales se encontraron en toda la longitud del sondeo que alcanzó 25.80 metros de profundidad, por ello la zapata de cimentación proyectada del apoyo 4 se debía desplantar en este estrato.

El área donde se pretende construir el apoyo 4 presenta un relieve topográfico abrupto, con vegetación arbórea, matorrales y pastizales, generándose un talud casi vertical cercano al paño poniente de la zapata de proyecto ubicado entre la columna 4 y 5 del viaducto, ocasionando falta de confinamiento lateral del terreno hacia la zapata, igualmente debido a la existencia del cauce del río, dicho talud podría deslizarse por saturación de los materiales provocando daños en el sistema de cimentación.

Debido a que durante los trabajos se encontraron materiales diferentes conformados principalmente por suelos de pie de monte, (mezcla de suelos arcillosos con fragmentos líticos de diversos diámetros), los cuales continuaban hasta el nivel de desplante de la zapata de proyecto y, cuya consistencia y/o compacidad, no concordaban con lo proyectado.

Se corroboró que en la zona se tenía una estratigrafía errática, por lo que se hizo necesario realizar un nuevo sondeo de exploración geotécnica con sus correspondientes ensayos en campo y en laboratorio, además de una revisión estructural de la cimentación de proyecto del apoyo, esto con la finalidad de determinar la estratigrafía real de la zona, incluyendo el análisis de estabilidad de talud ubicado al poniente del apoyo.

A partir de los resultados obtenidos se verificaría la seguridad del apoyo, y en caso desfavorable, se emitirían nuevas recomendaciones de cimentación.



*Ilustración 9 Material de pie de monte (suelo con roca fragmentada intercalada) en el talud aledaño al sitio del apoyo C4.*

Con los resultados del nuevo sondeo, el de proyecto y el realizado en la fase de anteproyecto de la estructura, se llegó a la conclusión de una estratigrafía con un error importante principalmente en sentido transversal a la estructura.

El espesor de suelo de pie de monte continuaba por debajo del nivel de desplante de la zapata de proyecto y se presentaba igualmente en el talud existente del lado poniente de la zapata, por ello se procedió a la modificación del proyecto del apoyo No.4

El proyecto del apoyo No. 4 consideraba una zapata superficial de 25x11x2.8 metros, la cual por las condiciones antes mencionadas requería brindarle mayor seguridad modificando su sistema de cimentación superficial por un sistema de cimentación profunda que le aporte mayor estabilidad.

Así se concluyó que la cimentación del apoyo 4 se resolvería con una zapata de menores dimensiones a las de proyecto, la cual desplantaría a un encepado, el número y arreglo de pilas se determinó en función de la capacidad de carga reportada por el estudio geotécnico exclusivo de la zona en que desplantará este apoyo, ajustando la separación mínima entre pilas.

### **Condiciones geotécnicas encontradas en la zona del apoyo 4 del viaducto “El salto”**

El programa de exploración y muestreo del nuevo sondeo para el apoyo 4 del viaducto “El salto” consistió en el estudio de la geología superficial del sitio y en la ejecución de 1 sondeo mixto en el CAD 91+857 (lugar donde se encuentra el sitio

de desplante del apoyo 4) a una profundidad de 35.20 metros que permitiera definir la estratigrafía del subsuelo en el sitio, realizándose los siguientes ensayos:

Ensayo presiométrico: Es un ensayo de carga lateral in situ, que consiste en expandir una membrana radialmente dentro de una cavidad cilíndrica en el suelo, mediante incrementos constantes de presión o de volumen.

Los datos del volumen del fluido y las presiones para expandir la membrana se interpretan para obtener la respuesta esfuerzo-deformación unitaria del suelo con la finalidad de obtener los parámetros de deformabilidad y resistencia de los materiales del sitio.

Para el estudio geotécnico del apoyo 4 del viaducto “El salto” se realizaron 3 ensayos de presiómetro, cuyos resultados fueron interpretados indicando el módulo de deformabilidad presiométrico ( $E_M$ ), el parámetro alpha ( $\alpha$ ), la presión límite ( $P_L$ ), el módulo de deformabilidad del suelo ( $E$ ) y la resistencia no drenada ( $S_u$ ), estimada a través del presiómetro, los resultados obtenidos fueron los siguientes.

Sondeo	Profundidad (m)	$P_L$ (MPa)	$E_M$ (MPa)	$E_M / P_L$	$\alpha$	$E$ (MPa)	$S_u$ (MPa)
E79 SV AP-4	11.60	1.5	42	28	1	42	0.247
E79 SV AP-4	24.70	2.9	130	45	1	130	0.446
E79 SV AP-4	30.70	3.4	60	18	2/3	89	0.710

Tabla 4 Resumen de las pruebas de presiómetro realizadas.

Propiedades índice y mecánicas: Las muestras obtenidas se identificaron visualmente y al tacto, en húmedo y en seco, se elaboró un programa de ensayos de laboratorio suficientes para poder clasificar adecuadamente al suelo y obtener los parámetros necesarios para el análisis de capacidad de carga y asentamientos de la estructura, todo esto siguiendo las recomendaciones dadas por la CNA (Instructivo para ensayo de suelos, 1990), normas ASTM y Juárez y Rico (1975).

A las muestras alteradas representativas de cada estrato de suelo se les realizaron las siguientes pruebas:

- Análisis granulométrico por mallas o porcentajes de finos, dependiendo de si la muestra es predominantemente granular o fina.
- Límites de consistencia en materiales finos (límite líquido, plástico y contracción lineal).
- Densidad de sólidos en suelo.
- Clasificación SUCS.

Mientras que para las muestras representativas de cada estrato de roca se le realizaron las siguientes pruebas:

- Clasificación petrográfica
- Índice de designación de calidad de la roca (índice RQD)

A las muestras inalteradas procedentes del sondeo de tipo mixto se le realizaron las siguientes pruebas para obtener sus propiedades mecánicas de resistencia al corte y deformación.

- Prueba triaxial "UU"
- Prueba de compresión simple en suelos
- Peso volumétrico natural
- Peso volumétrico seco

Estratigrafía de la zona: Las propiedades representativas estratigráficas de cada sondeo de acuerdo con lo que se obtuvo a partir de la exploración directa se resume en la siguiente tabla.

Profundidad (m)	Descripción
0.00 – 4.80	Depósitos de pie de monte constituidos por gravas arcillosas con arena de compacidad muy densa y fragmentos de roca ígnea "basalto", empacados en material fino, color café grisáceo y gris oscuro, GC y Frag. Ba. Su contenido de agua varía de 14 a 17% y de acuerdo a su composición granulométrica se integra por 58% de gravas, 15% de arenas y 26% de finos. El índice de resistencia a la penetración estándar es de más de 50 golpes.
4.80 – 7.80	Secuencia de arcillas de baja plasticidad gravosa con arena y limos de alta plasticidad de consistencia muy rígida, color café grisáceo, CL y MH. Su contenido de agua varía de 21 a 36% y de acuerdo a su composición granulométrica se integra por gravas de 8 a 26%, arenas de 18 a 23% y finos de 56 a 71%. El índice de resistencia a la penetración estándar varía de 13 a 31 golpes. De 4.80 a 5.60 m de profundidad se extrajo una muestra inalterada, a la que se le practicó un ensaye de compresión simple en suelo; obteniendo los siguientes resultados: $q_u = 11.08 \text{ t/m}^2$ $c = 5.54 \text{ t/m}^2$ $g = 1.86 \text{ t/m}^3$ $E = 1,094 \text{ t/m}^2$ $q_u = 13.28 \text{ t/m}^2$ $c = 6.64 \text{ t/m}^2$ $g = 2.05 \text{ t/m}^3$ $E = 902 \text{ t/m}^2$
7.80 – 16.20	Limos y arcillas de alta plasticidad con arena de consistencia muy rígida a dura, color café grisáceo claro, MH y CH. Su contenido de agua varía de 25 a 53% y de acuerdo a su composición granulométrica se integra por gravas de 0 a 27%, arenas de 3 a 26% y finos de 54 a 97%. El índice de resistencia a la penetración estándar varía de 26 a más de 50 golpes. De 8.00 a 8.80 m y de 14.10 a 16.10 m de profundidad se extrajeron muestras inalteradas, a las que les practicó un ensaye triaxial UU; obteniendo los siguientes resultados, respectivamente: $c = 8.77 \text{ t/m}^2$ $\phi = 3.7^\circ$ $g = 1.75 \text{ t/m}^3$ $E = 1,769 \text{ t/m}^2$ $c = 45.89 \text{ t/m}^2$ $\phi = 8.6^\circ$ $g = 1.74 \text{ t/m}^3$ $E = 3,451 \text{ t/m}^2$

16.20 – 19.20	Limo de alta plasticidad arenoso de consistencia dura, color café amarillento claro, MH. Su contenido de agua varia de 44 a 97% y de acuerdo a su composición granulométrica se integra por gravas de 0 a 3%, arenas de 17 a 31% y finos de 67 a 80%. El índice de resistencia a la penetración estándar varia de 37 a más de 50 golpes.
19.20 – 21.60	Limo de baja plasticidad de consistencia dura, color gris claro, ML. Su contenido de agua varia de 35 a 52% y de acuerdo a su composición granulométrica se integra por 0% de gravas, arenas de 10 a 14% y finos de 86 a 90%. El índice de resistencia a la penetración estándar varia de 41 a más de 50 golpes. De 19.30 a 22.00 m de profundidad se extrajo una muestra inalterada, a la que se le practicó un ensaye triaxial UU; obteniendo los siguientes resultados: $c = 10.71 \text{ t/m}^2$ $\phi = 3.9^\circ$ $g = 1.70 \text{ t/m}^3$ $E = 731 \text{ t/m}^2$
21.60 – 27.00	Limo de baja plasticidad con arena de consistencia dura, color café grisáceo claro, ML. Su contenido de agua varia de 29 a 40% y de acuerdo a su composición granulométrica se integra por 0% de gravas, arenas de 12 a 23% y finos de 77 a 88%. El índice de resistencia a la penetración estándar varia de 36 a más de 50 golpes. De 25.40 a 27.40 m de profundidad se extrajo una muestra inalterada, a la que se le practicó un ensaye triaxial UU; obteniendo los siguientes resultados: $c = 11.22 \text{ t/m}^2$ $\phi = 10.5^\circ$ $g = 1.74 \text{ t/m}^3$ $E = 1,701 \text{ t/m}^2$
27.00 – 29.40	Arcillas y limos de baja plasticidad con arena de consistencia dura, color café grisáceo claro, CL y ML. Su contenido de agua varia de 27 a 35% y de acuerdo a su composición granulométrica se integra por 0% de gravas, arenas de 7 a 21% y finos de 79 a 93%. El índice de resistencia a la penetración estándar es de más de 50 golpes.
29.40 – 31.80	Limo de alta plasticidad de consistencia dura, color café grisáceo claro y café amarillento mate, MH. Su contenido de agua varia de 33 a 43% y de acuerdo a su composición granulométrica se integra por 1% de gravas, 5% de arenas y 94% de finos. El índice de resistencia a la penetración estándar varia de 41 a más de 50 golpes.
31.80 – 35.20	Limo de baja plasticidad con arena de consistencia dura, color café amarillento mate, ML. Su contenido de agua varia de 30 a 53% y de acuerdo a su composición granulométrica se integra por gravas de 0 a 9%, arenas de 8 a 20% y finos de 78 a 92%. El índice de resistencia a la penetración estándar es de más de 50 golpes. De 31.40 a 33.20 m de profundidad se extrajo una muestra inalterada, a la que se le practicó un ensaye triaxial UU; obteniendo los siguientes resultados: $c = 37.73 \text{ t/m}^2$ $\phi = 3.20^\circ$ $g = 1.77 \text{ t/m}^3$ $E = 4,171 \text{ t/m}^2$

Tabla 5 Descripción estratigráfica del sondeo mixto E79 SV AP-4, fecha de inicio 26 de mayo de 2017, fecha de término 30 de mayo de 2017.

Los resultados obtenidos a partir de la exploración de campo y laboratorio, se analizaron e interpretaron para definir las características estratigráficas representativas de la zona las cuales se infieren a partir de la correlación de propiedades geotécnicas.

En los estratos de suelos donde no se realizaron pruebas mecánicas o en donde los resultados de laboratorio no fueron representativos al comparar con los resultados obtenidos en pruebas de campo, se adoptaron estas correlaciones a partir del número de golpes corregido de la prueba de SPT, estas correlaciones sirven para obtener los parámetros de resistencia del suelo como son peso volumétrico, cohesión, ángulo de fricción, módulo de elasticidad, etc.

Así los parámetros de resistencia empleados para los diferentes análisis, los cuales fueron obtenidos para la estratigrafía en la zona fueron los siguientes:

Profundidad [m]		SUCS	$\gamma$	$c$	$\Phi$	$E$
De	a		[t/m <sup>2</sup> ]	[t/m <sup>2</sup> ]	[°]	[t/m <sup>2</sup> ]
0.00	4.80	GC	1.98	---	39.0	18,744
4.80	7.80	CL y MH	1.68	12	---	1,682
7.80	16.20	MH y CH	1.70	25.2	---	2,610
16.20	19.20	MH	1.72	19.1	---	3,244
19.20	21.60	ML	1.73	26.6	---	3,874
21.60	27.00	ML	1.74	28.7	---	5,959
27.00	29.40	CL y ML	1.76	30	---	6,758
29.40	31.80	MH	1.75	29.4	---	6,025
31.80	35.20	ML	1.77	30	---	7,085

Tabla 6 Parámetros de resistencia.

### Solución propuesta para la cimentación del apoyo 4 del viaducto “El salto”

Los planos de proyecto del apoyo 4 del viaducto “El salto” indican un estribo de concreto de 44.41 metros medidos desde el nivel de desplante de la zapata hasta el nivel de corona del cabezal, una zapata de 25 x 11 metros con un peralte de 2.8 metros desplantada a 2568.00 metros a la que se conectan las 2 columnas huecas con dimensiones de 3 x 5 metros y espesores de 40 centímetros que conforman el cuerpo del apoyo y que se unen al cabezal el cual tiene un ancho de 25 metros.

Para el diseño del nuevo sistema de cimentación se tomaron en cuenta las acciones indicadas en la memoria de cálculo original esto incluye las condiciones de carga y sus combinaciones para la revisión de los estados límite de falla y servicio según especificaciones del Aashto Estándar 2002.

Se consideraron las recomendaciones del nivel de desplante de la zapata y capacidades de carga para pilas de cimentación de diferentes diámetros desplantadas a diferentes profundidades realizadas en el estudio geotécnico referido al apoyo 4 del viaducto, llegándose a la conclusión de ajustar el nivel de desplante de la zapata respetando el nivel inferior de las columnas, sin modificar sus dimensiones y longitud.

Dado que el peralte propuesto en esta modificación cambio de 2.8 metros a 2.5 metros la zapata quedará desplantada a un nivel de 2568.30 metros con dimensiones de 25.5 x 9 metros, agregando un sistema de cimentación profunda con 12 pilas de cimentación de 1.5 metros de diámetro desplantadas a 22 metros de profundidad y longitud de pila de 20.3 metros, quedando un sistema de cimentación mixto con las siguientes capacidades de carga.

Capacidad a compresión en condiciones estáticas 7207.5 KN = 734.9 Ton/pila

Capacidad a compresión en condiciones dinámicas 16634.95 KN = 1696.3 Ton/pila

Para el diseño de la cimentación se consideraron los elementos mecánicos indicados en la memoria de cálculo de proyecto del apoyo 4 del viaducto “El salto”, esto se debe al hecho de la no afectación en la longitud y dimensiones de columnas, cabezales y tableros, siendo únicamente modificada la zapata de 25 x 11 y 2.8 metros de peralte marcada en proyecto, por una zapata de peralte a 25.5 x 9 y 2.5 metros de peralte, por lo que a los elementos mecánicos de la memoria de proyecto se les realizó un ajuste únicamente en la carga axial debido al cambio en las dimensiones de la nueva zapata (ajustada a un menor tamaño) y los rellenos que gravitan sobre ella, dando como resultado de las 9 combinaciones de proyecto los siguientes elementos mecánicos.

Combinación	P	Vx	Vy	Mx	My
	[t]	[t]	[t]	[t-m]	[t-m]
COMBINACION I	5,700.00	84.30	17.00	6,851	1,441.00
COMBINACION II	4,653.00	214.00	3.30	12,063	1,734.00
COMBINACION III	5,397.00	129.30	15.60	8,361.00	2,020.00
COMBINACION IV	5,273.00	79.40	37.80	6,257.00	1,873.70
COMBINACION V	4,736.00	206.30	24.90	8,705.00	2,270.80
COMBINACION VI	4,995.00	124.60	37.70	8,050.00	2,635.30
COMBINACION VII	4,426.00	332.60	71.20	13,661.00	7,772.70
COMBINACION VIII	5,275.00	76.70	14.10	6,062.00	1,094.90
COMBINACION IX	4,625.00	197.50	3.00	3,225.00	1,583.10

Tabla 7 Elementos mecánicos para el diseño de la zapata con cimentación profunda.

De acuerdo al arreglo de pilas se obtuvieron las descargas por pila en cada una de sus nueve combinaciones, se observó que en condiciones estáticas está cerca del límite de 720 ton actuantes contra las 735 ton permisibles, a pesar de ello, el arreglo se consideró idóneo.

Combinación	P max	Estado
	[t]	
COMBINACION I	720.00	OK
COMBINACION II	713.00	OK
COMBINACION III	720.00	OK
COMBINACION IV	683.00	OK
COMBINACION V	675.00	OK
COMBINACION VI	675.00	OK
COMBINACION VII	676.00	OK
COMBINACION IX	539.00	OK

Combinación en eventos extremos	P max	Estado
	[t]	
COMBINACION VIII	900.00	OK

Capacidad a compresión en condiciones estáticas = 735 Ton/pila

Capacidad a compresión en condiciones dinámicas = 1697 Ton/pila

*Tabla 8 Revisión de capacidad de carga con 12 pilas de 1.5 de diámetro.*

### **Revisión realizada a la modificación de proyecto por parte de la supervisión**

Durante el proceso de revisión se plantean los antecedentes de la obra en cuestión, en este caso el apoyo 4 del viaducto “El salto” comparando las modificaciones enviadas en este boletín por parte de la constructora con las condiciones de proyecto y verificando si existe alguna modificación en la geometría y alineación de la obra en cuestión.

Para el caso de esta modificación se observa que es un cambio profundo en el proyecto por lo que su análisis no sólo conlleva la revisión de capacidad de carga, sino el modelado de la nueva estructura de forma íntegra, la supervisión realizó de forma completa estos modelos (además de la revisión de la capacidad de carga del suelo), pareciéndole adecuada la solución planteada en el viaducto, al igual que la propuesta de solución al talud existente en el paño poniente de la zapata.

Una vez revisada estructural y geotécnicamente la modificación al proyecto se determina que con este sistema de cimentación mixto se logra que el suelo de mala calidad, existente en la zona, sea capaz de soportar la descarga producto del apoyo del viaducto de una forma adecuada.

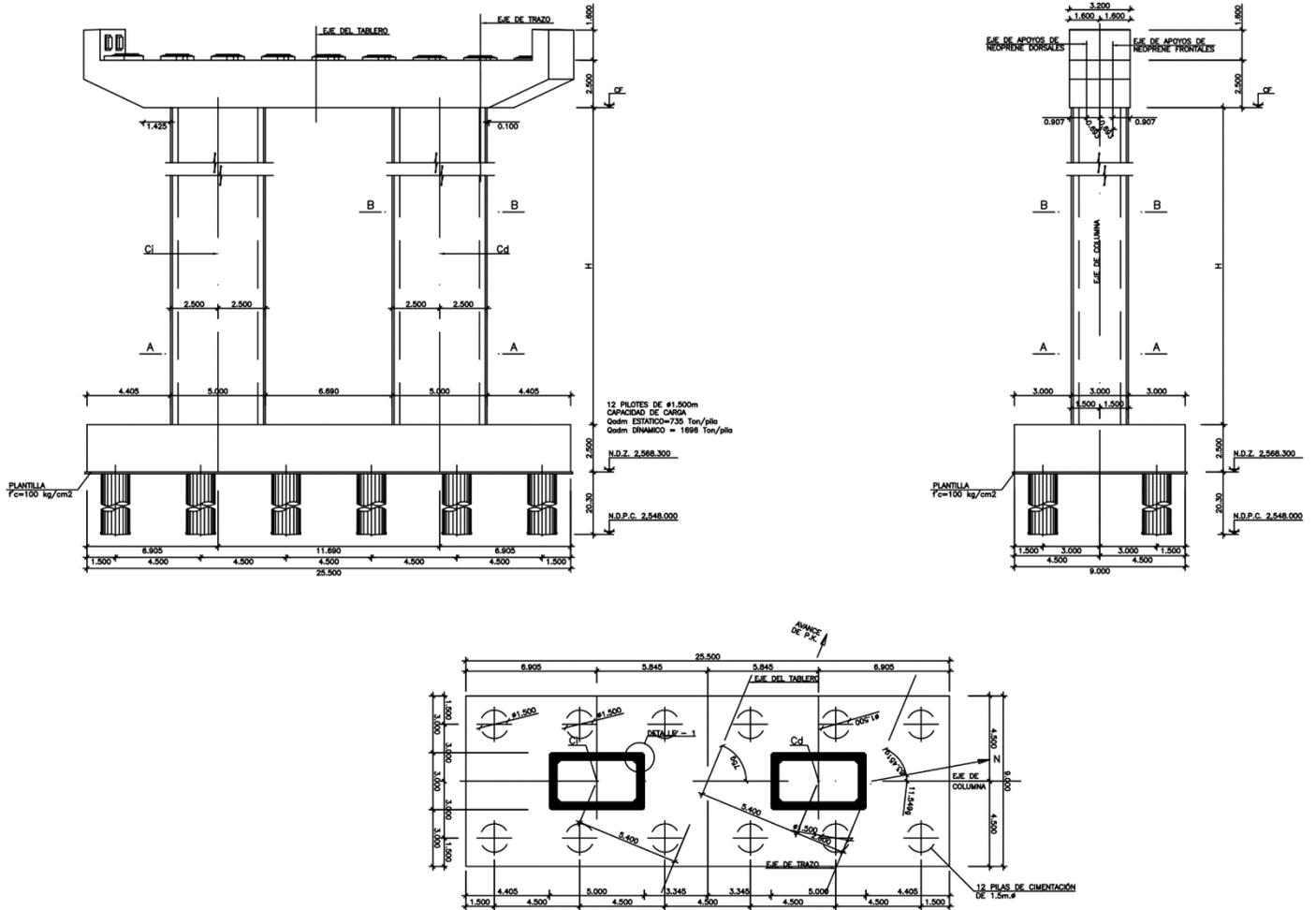


Ilustración 10 Apoyo 4 modificado, viaducto "El salto".

### Impacto económico generado por la modificación al proyecto

El impacto económico aproximado generado con esta adecuación es de \$888,149.58 pesos, esto debido a la adición del encepado de 12 pilas de 20.3 metros de longitud y a las modificaciones a las dimensiones y armados de la zapata del apoyo 4 del viaducto "El salto", las cantidades de obra modificadas con esta adecuación se muestran a continuación.

#### CANTIDADES DE OBRA

	UNIDAD	BOLETÍN	PROYECTO	
Acero	KG	67367.30	78203.38	-10836.08

Concreto de 250 kg/cm2	M3	573.75	770.00	-196.25
Cimbra	M2	86.25	201.60	-115.35
Pilas de 150 cm diámetro	M	243.60	0.00	243.60

Tabla 9 Modificación en las cantidades de obra con el ajuste en el sistema de cimentación del apoyo 4 del viaducto "El salto".

Finalmente, al multiplicar estas cantidades por su precio unitario nos brinda el importe por concepto modificado, siendo los saldos positivos los gastos que se realizarán y como saldos negativos los ahorros producto de la modificación.

BOLETÍN 67 (T3)				
Concepto	Volumen	Unidad	P.U.	Importe
Pilas de 150 cm diámetro.	243.60	M	\$ 4,307.88	\$1,049,399.57
Perforación de pilas de 150 cm diámetro.	243.60	M	\$ 2,051.18	\$499,667.45
Concreto de 250 kg/cm2.	-196.25	M3	\$ 1,869.66	-\$366,920.97
Cimbra.	-115.35	M2	\$ 281.94	-\$32,521.78
Acero.	-10,836.08	KG	\$ 24.13	-\$261,474.69
			<b>Total=</b>	<b>\$888,149.58</b>

Tabla 10 Impacto económico del ajuste en el sistema de cimentación del apoyo 4 del viaducto "El salto".

### Repercusiones de la modificación al sistema de cimentación del apoyo 4 del viaducto "El salto"

Con la modificación realizada al apoyo 4 del viaducto "El salto" CAD 91+857.00 se ha generado una mayor seguridad para el sistema de cimentación de la estructura de forma general, esto, debido principalmente al hecho de cambiar un sistema de cimentación superficial a un sistema mixto al agregar a la zapata un encepado de 12 pilas de cimentación de 1.5 metros de diámetro desplantadas a 22 metros de profundidad con una longitud de pila de 20.3 metros, solucionando el problema generado por la calidad del suelo existente en la zona de desplante y además brindando seguridad en la zona del talud cercano al paño poniente de la zapata de proyecto, resguardando a la cimentación a través de esta modificación y agregando una protección al talud ante el deslizamiento por saturación.

Pese a encontrar una solución viable para el apoyo 4 del viaducto "El salto" CAD 91+857.00, se han tenido diversos problemas de índole social y técnicos, los cuales han retrasado los trabajos en este apoyo del viaducto.

### Mejoramiento en desplante de cimentación de la obra de drenaje T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63

En el proceso de supervisión de la autopista, las obras de drenaje transversal se han clasificado en 3 tipos de forma general, las obras tipo tubo, las cuales son formadas por tuberías prefabricadas de concreto con diámetros variables y de longitud promedio de 2.40 metros, estas tuberías conectan en su entrada y su salida

generalmente con muros cabeceros construidos en sitio; las obras tipo bóveda, cuya sección característica es la portal compuestas por losa, muros, bóveda, obra de entrada y salida, las cuales generalmente son cajas de captación y/o losas con aleros, la totalidad de la obra es construida en sitio y las obras tipo cajón las cuales cuentan con losas, muros, obras de entrada y salida, las cuales generalmente son cajas de captación y/o losas con aleros, la totalidad de la obra es construida en sitio al igual que en el caso de las bóvedas.

En el CAD 598+061.21 y 598+056.63 se ubica la obra de drenaje con clave T3-AC-15E la cual es una obra tipo tubo de 1.50 metros de diámetro con esviaje de 15° hacia la izquierda, longitud de obra de 86.26 metros y de tubería de 54 metros compuestos por tubos clase 4 de 1.5 metros de longitud, pendiente de 4.25% , la cual conecta en su entrada y salida con muros cabeceros y al centro del eje de trazo con una tubería de 0.75 metros de diámetro que se une a una caja de captación entre dos calzadas que conforman la troncal de la autopista.

Durante el desarrollo de una visita técnica a estos kilometrajes se observó que el lugar presenta un relieve topográfico sensiblemente plano cuya estratigrafía consiste en un suelo identificado como vegetal con raíces, pastos y plantas de 0.30 metros de espesor debajo del cual existe un suelo arcilloso de alta plasticidad arenosa de consistencia media color café oscuro el cual se ha considerado como inadecuado usar para el desplante de la cimentación de dicha obra de drenaje.

Las recomendaciones geotécnicas realizadas en proyecto ejecutivo indican que para el desplante de los terraplenes del tramo aledaño a la obra de drenaje anteriormente mencionada se realizará la colocación de material no compactable cuyo objetivo es mejorar las condiciones de cimentación y desplante de este, por lo que se analizó la posibilidad de que ambos, terraplén y obra de drenaje, estuvieran desplantadas en iguales condiciones.



*Ilustración 11 Zona de desplante de la obra de drenaje T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63.*

### **Condiciones geotécnicas de proyecto en la zona de desplante de la Obra de Drenaje T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63**

En la zona comprendida por los frentes 2, 7 y 4 que abarcan los CAD 92+025 al 99+160 del tramo 3 de la autopista, se ha apreciado la formación de zanjas y hoyos en los trabajos de terracerías realizados, lo cual es generalmente producto de la presencia de humedad considerable en los suelos además de un contenido importante de suelos finos (aquellos cuyo tamaño de partículas es menor a 0.075 mm), adicionalmente se observa humedad en los suelos superficiales, la cual podría ascender a estratos superiores a aquel en el que se presentan por medio de capilaridad.

Para el estudio geotécnico de proyecto los Pozos a Cielo Abierto (PCA's) más cercanos al lugar donde se encuentra ubicada la Obra de Drenaje son los ubicados en los CAD 97+700 (PCA 37) y 98+120 (PCA 38).

En el primer PCA se registró una capa vegetal de 0.30 metros de espesor seguida de una capa de arena arcillosa con grava color café rojizo compacta (SC) después de la cual aparecía una toba, en el segundo PCA se registró una capa vegetal de 0.30 metros de espesor debajo de la cual se encontraba una capa de arcilla de alta plasticidad arenosa, color café rojizo de consistencia media (CH) subyaciendo a esta una capa de arena arcillosa de color café claro medianamente compacta (SC) con espesor de 1.20 metros; el sondeo realizado más cercano a la obra de drenaje es el ubicado en el CAD 97+942 (SM 15), de acuerdo a este sondeo registró la

existencia de limos arcillosos con gravas finas y/o arena media color café rojizo hasta una profundidad de alrededor de 13.60 metros.

Con ello la conclusión de la exploración realizada para el proyecto señala que los suelos sobre los cuales se desplantarán las capas de terracerías de la autopista (subyacente y subrasante) y estructuras del tramo 98+020 al 98+400 están formados por un suelo vegetal de 0.30 metros de espesor, debajo del cual se encontró una capa de espesor promedio de 2.50 metros de arcilla de alta plasticidad de color negro de consistencia firme (CH) y subyaciendo a esta una capa no determinada de arena arcillosa de color café claro medianamente compacta (SC), igualmente se mencionó que las zonas comprendidas entre los CAD 98+020 al 98+650 son zonas que pueden ser inundables ya que se detectaron filtraciones durante la ejecución de los PCA's y un Nivel de Aguas Freáticas (NAF) entre los 2.5 y 3.5 metros de profundidad.

KM A KM	ESTRATO		CLASIFICACION  S C T	TRATAMIENTO PROBLEMA	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA					CLASIFICACION PRESUPUESTO A-B-C	CORTE		TERRAPLEN		OBSERVA- CIONES
	No.	ESPESOR			90%	95%	100%	ABUNDI	BANDEADO		ALTURA MAXIMA	TALUD	ALTURA MAXIMA	TALUD	
97+530 A 97+630	1	0.30	SUELO VEGETAL	DESPALME						100-00-00					
	2	INDEF.	ARENA ARCILLOSA DE COLOR CAFÉ CLARO COMPACTA (SC)	COMPACTADO	1.00	0.95	0.90			40-60-00	4.5	3/4:1	9.0 m	1.7 x1	A,B,D,J
97+630 A 98+020	1	0.30	SUELO VEGETAL	DESPALME						100-00-00					
	2	3.20	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD DE COLOR ROJIZO DE CONSISTENCIA MEDIA (CL)	COMPACTADO	1.00	0.90	0.85			70-30-00		1 x 1		1.7 x1	A,B,C,J
	3	14.00	TOBA CEMENTADA QUE AL SER ATACADO SE OBTENDRAN GRAVAS, ARENAS Y FRAGMENTOS CHICOS AISLADOS	COMPACTADO	1.01	1.05	1.00			80-80-20		3/4:1		1.7 x1	A,B,D,J
	4	INDEF.	ROCA RIOLITA DE ORIGEN IGNEA EXTRUSIVAS QUE AL SER ATACADO SE OBTENDRAN FRAGMENTOS MEDIANOS, CHICOS Y GRANDES, Y GRAVAS (Fmcg, Y GP)	BANDEADO				1.10		80-40-60	18	3/4:1	7.5 m	1.7 x1	A,B,D,J
98+020 A 98+400	1	0.30	SUELO VEGETAL	DESPALME						100-00-00					
	2	2.50	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD DE COLOR NEGRO DE CONSISTENCIA FIRME (CH)	COMPACTADO	1.00	0.95	0.90			50-50-00		1 x 1		1.7 x1	A,B,C,J
	3	INDEF.	ARENA ARCILLOSA DE COLOR CAFÉ CLARO MEDIANAMENTE COMPACTA (SC)	COMPACTADO	0.95	0.91	0.85			60-40-00		3/4:1	7.5 m	1.7 x1	A,B,D,J

Ilustración 12 Estudio geotécnico de proyecto de terracerías.

Por las características antes mencionadas y con la finalidad de mejorar sus condiciones de desplante y/o apoyo de terraplenes, en el subtramo comprendido entre los CAD 98+020 al 98+400 con una longitud de 380 metros, se extendió la recomendación referente a las primeras capas del terraplén (a partir de la superficie despalmada del terreno) debían construirse con material no compactable que procediera de cortes realizados.

El material no compactable se debería humedecer y extender en todo el ancho del terraplén, conformándolo en capas sucesivas sensiblemente horizontales cuyo espesor mínimo sería el que permita el tamaño máximo de los fragmentos del material, el cual debe ser de 75 centímetros, permitiendo hasta un 5% de sobre tamaños de hasta 100 cm.

Cada una de las capas se acomodarían mediante bandeo, ronceando un tractor sobre orugas que tenga una masa mínima de 36 toneladas, realizando un mínimo de tres pasadas por cada sitio que, en el caso de la primera capa, permita la incrustación del material en el terreno natural mejorando sus condiciones de cimentación. El material no compactable o pedraplén alcanzará un espesor mínimo de 0.80 metros por arriba de la cota del terreno natural al centro del terraplén y abarcando el ancho de la base.

Para efecto de cuantificación se considera que la incrustación del pedraplén sería de 0.10 metros y el asentamiento promedio del terraplén durante el proceso de la obra sería de 0.10 metros, dando un total de 0.20 metros adicionales de volumen a considerar en la base del terraplén (pedraplén)

En el sentido longitudinal, en la zona en donde se encuentre la transición entre el terraplén y los cortes, es necesario que se construyan escalones de liga, con un ancho mínimo de 2 metros, de tal forma que permita el paso del equipo de construcción y alturas que pudieran ser en promedio de 1 metro o mayores si se requieren, para ajustarse a la geometría del terreno natural.

En el sentido transversal, en la zona donde se construyan los terraplenes sobre laderas con pendientes pronunciadas, es necesario se construyan escalones de liga, con un ancho mínimo de 2 metros, de tal forma que permita el paso del equipo de construcción y alturas que pudieran ser en promedio de 1 metro o mayores si se requieren, para ajustarse a la geometría del terreno natural. En ambos casos, dichos escalones se construirán cuando la pendiente del terreno natural exceda el 25%.

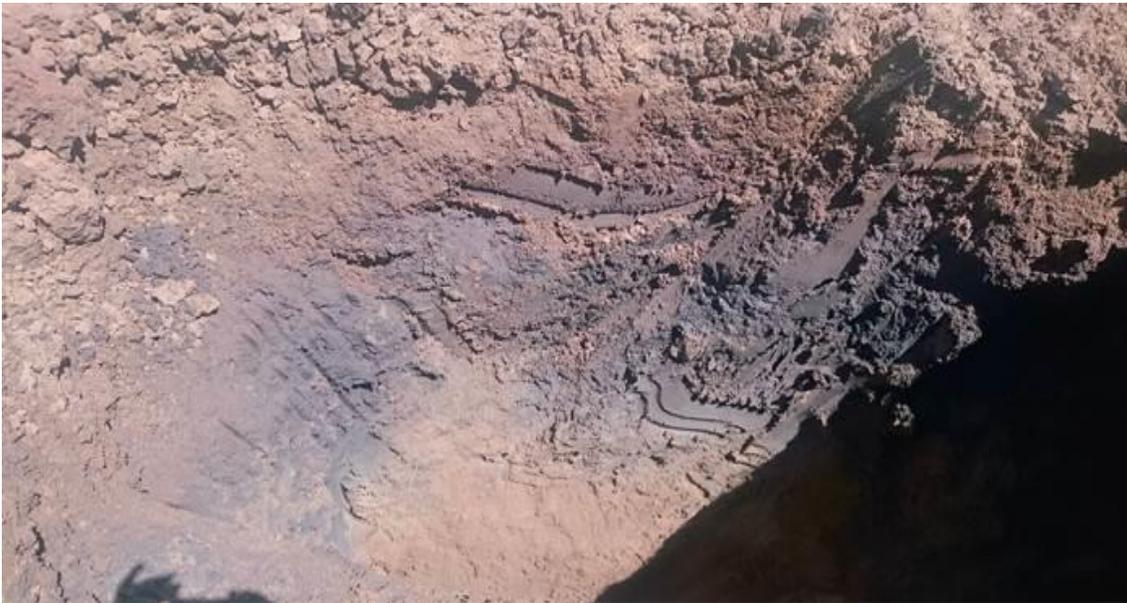
Con estos estudios, análisis y recomendaciones de proyecto en los tramos aledaños donde se encuentra la obra de drenaje con clave T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63 se determinó que dicha obra desplantaría sobre arcilla de alta plasticidad de color negro consistencia media (CH) ubicada 2 metros por debajo del Terreno Natural después del despalme, con una capacidad de carga de 20 t/m<sup>2</sup> cargando un colchón de terraplén de 11 metros, la plantilla de desplante se compactaría al 90% de la AASHTO estándar, en sus 20 cm superiores, además en la exploración de proyecto no se encontró nivel freático a la profundidad explorada.

### **Condiciones geotécnicas encontradas en la zona de desplante de la Obra de Drenaje T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63**

Al momento de iniciar los trabajos en campo se detectó la problemática antes descrita y se consideró inadecuado usar para el desplante de la cimentación de esta obra de drenaje el estrato de arcilla de alta plasticidad arenosa de color negro y consistencia media (CH) debido a que se le consideró poco competente, además de la presencia de ondulaciones y hoyos en los trabajos de terracerías realizados en los cuales se observaba la presencia de suelos con humedad e incluso agua a

nivel superficial, contrario a lo encontrado en la exploración geotécnica de proyecto donde no se encontró nivel freático a la profundidad excavada.

En función del análisis realizado y de la inspección visual se determinó que los suelos del sitio contienen una cantidad de finos importante, lo que causa que la humedad procedente de estratos de suelo inferiores ascienda por capilaridad, por lo que resultó conveniente retirar dichos suelos y colocar material de mejores características para el desplante de la obra de drenaje, recomendando la colocación de material no compactable.



*Ilustración 13 Condiciones encontradas en el suelo de desplante de la obra de drenaje T3-AC-15E 598+061.21 y 598+056.63.*

### **Solución propuesta para desplante de cimentación de la Obra de Drenaje T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63**

Se concluyó que en la zona debía hacerse caja para poder colocar material no compactable procedente de cortes realizados, el cual se alojaría a todo lo largo y ancho de la excavación de la obra de drenaje.

La profundidad a la que se colocaría el material no compactable sería de 2.00 metros por debajo del nivel de terreno natural después del despalme, esta profundidad acorde con las recomendaciones de cimentación para obras de drenaje incluidas en el estudio geotécnico del proyecto autorizado, sería conformado en capas sensiblemente planas y cuyo espesor lo permitiera el tamaño máximo de los fragmentos del material.

Las capas de material no compactable se bandearían con tractor sobre orugas con una masa mínima de 36.70 t, dando un mínimo de tres pasadas por cada capa, o

bien el número de pasadas que sea necesario según el equipo disponible en obra, que garantice un buen acomodo del material.

El espesor del pedraplén podrá alcanzar 1.80 metros y por encima de este se colocaría una capa de tezontle de 0.20 metros de espesor cuya finalidad será rellenar oquedades en la superficie del pedraplén conformado, garantizando así una superficie uniforme, posterior a esta se conformaría un encamado de arena de 0.20 metros (según especificaciones del proyecto ejecutivo), sobre el cual se desplantará la obra de drenaje con el sustento requerido.

### **Revisión realizada a la modificación de proyecto por parte de la supervisión**

Durante el proceso de revisión se plantean los antecedentes de la obra en cuestión, en este caso la obra de drenaje T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63 comparando las modificaciones enviadas en este boletín por parte de la constructora con las condiciones de proyecto y verificando si existe alguna modificación en la geometría y alineación de la obra en cuestión.

Para el caso de la obra de drenaje aquí revisada se verificó que no existe alguna modificación en la geometría y alineación del proyecto, además se revisa que las condiciones estructurales de la obra se conservan según proyecto autorizado (armados de acero de refuerzo, resistencias de concretos, clase de tubería).

Una vez revisada la conservación de los puntos antes mencionados, se observó el estudio geotécnico de proyecto, el cual menciona que esta obra debería desplantarse sobre arcilla de alta plasticidad de color negro de consistencia media (CH) la cual, a pesar de encontrarse en obra, se consideró incompetente debido a que se detecta la presencia de humedad en los suelos (contrario a lo encontrado en la exploración geotécnica de proyecto donde no se encontró nivel freático a la profundidad excavada) incumpliendo con la capacidad de carga proyectada con la que se revisó la obra de drenaje, la cual fue de 20 t/m<sup>2</sup>.

Debido a que el nivel de desplante se asume a partir del nivel más bajo de la superficie despalmada (la profundidad de desplante está referida al nivel del terreno natural después del despalme) el relleno con material no compactable en los 2 metros recomendados por el estudio geotécnico de proyecto son aptos (retirando el estrato de material de mala calidad), sin embargo, la profundidad del mejoramiento podrá ser menor siempre y cuando el suelo de desplante cuyas características sean mejores se encuentre a una profundidad más somera.

La aplicación del mejoramiento mitiga igualmente la licuefacción de suelos provocada por saturamiento de agua (en el caso de suelos arenosos) y un menor asentamiento de la estructura durante su vida útil (en el caso de esta obra), la capacidad de carga del suelo a nivel del nuevo desplante (considerando el

mejoramiento indicado) resulta de alrededor de 20 t/m<sup>2</sup>, cumpliendo con la capacidad solicitada por el estudio geotécnico de proyecto con el que se revisó la estructura.

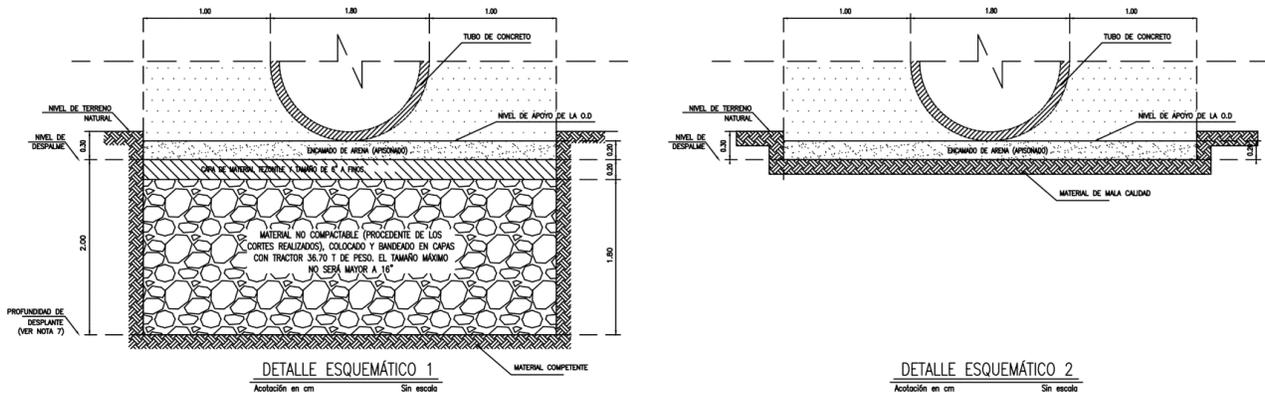


Ilustración 14 Adecuación realizada a la zona de desplante de la obra de drenaje T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63.

### Impacto económico generado por la modificación al proyecto

El impacto económico aproximado generado con esta adecuación es de \$80,371.52 pesos, esto debido a la adición del mejoramiento no contemplado en proyecto, principalmente por el concepto de excavación 2 metros debajo de la zona de desplante proyectada de la obra para la colocación de material no compactable de mejor calidad que el existente.

#### CANTIDADES DE OBRA

	UNIDAD	BOLETÍN	PROYECTO	
Excavación	M3	541.16	0.00	541.16
Relleno con material no compactable	M3	487.04	0.00	487.04
Relleno con tezontle	M3	54.12	0.00	54.12

Tabla 11 Modificación a las cantidades de obra con el mejoramiento a la OD T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63.

Finalmente, al multiplicar estas cantidades por su precio unitario nos brinda el importe por concepto modificado, siendo los saldos positivos los gastos que se realizarán y como saldos negativos los ahorros producto de la modificación.

Es importante mencionar que algunos de estos precios son considerados extraordinarios pues no existían en la E7 de proyecto y deben ser aprobados, sin embargo, son empleados para fines de estimar el impacto generado.

BOLETÍN 13 (T3)				
Concepto	Volumen	Unidad	P.U.	Importe
Excavación.	541.16	M3	\$ 84.61	\$45,787.55
Relleno con material no compactable.	487.04	M3	\$ 21.74	\$10,588.25

Relleno con tezontle.	54.12	M3	\$ 443.38	\$23,995.73
			<b>Total=</b>	<b>\$80,371.52</b>

Tabla 12 Impacto económico del mejoramiento a la OD T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63.

### **Repercusiones del mejoramiento realizado en la zona de desplante de la obra de drenaje T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63**

Con la modificación realizada a la zona de desplante de la obra de drenaje T3-AC-15E CAD 598+061.21 y 598+056.63 se ha generado una superficie con la capacidad necesaria para soportar de manera adecuada las solicitaciones requeridas en sitio por las estructuras y terracerías que descargarán en la zona, brindando una mayor estabilidad a las mismas a través de una superficie especialmente diseñada para soportar las solicitaciones, alcanzando la capacidad requerida por proyecto o transfiriendo cargas a estratos más competentes.

Esta situación se replica en diversas obras de drenaje y estructuras de la troncal, por lo que es una de las adecuaciones más recurrentes en el desarrollo del proyecto de la autopista, principalmente en el tramo 3 de la misma, donde se han encontrado zonas con presencia de agua en suelos a nivel superficial además de presencia de suelos finos (aquellos cuyo tamaño de partículas es menor a 0.075 mm).

### **Colocación de filtros y drenes para protección de muros en obras de drenaje y pasos superiores vehiculares en el tramo 3 de la autopista Atizapán-Atlahcomulco**

El tramo 3 de la autopista, comprende del CAD 77+400 al 99+160, en él, se ha apreciado la presencia de humedad considerable en los suelos e inclusive saturamiento de material superficial, además de presentarse suelos finos (aquellos cuyo tamaño de partículas es menor a 0.075 mm) en gran parte del tramo.

Todo esto comprometería a los terraplenes conformados sin un saneo y mejoramiento adecuado y a las estructuras construidas que se encuentran contenidas dentro de los mismos a la posibilidad de trabajar con empujes no pronosticados, esto debido al hecho de un posible ascenso de humedad a estratos superiores a aquel en el que se presentan por medio de capilaridad o a la filtración de agua perimetralmente a los muros y losas de las obras de drenaje y PSV's.

Las obras de drenaje transversal se han clasificado en 3 tipos como se ha hecho mención anteriormente, las obras tipo tubo (conformadas por tuberías prefabricadas de concreto con diámetros variables y de longitud promedio de 2.40 metros, conectadas en su entrada y su salida generalmente con muros cabeceros), las obras tipo bóveda (compuestas por losa, muros, bóveda, obra de entrada y salida, las cuales generalmente son cajas de captación y/o losas con aleros) y finalmente

las obras tipo cajón (cuentan con losas, muros, obras de entrada y salida, las cuales generalmente son cajas de captación y/o losas con aleros).

Los Pasos Superiores Vehiculares (PSV's) son aquellas estructuras cuyo propósito es dar continuidad a la troncal de una vía primaria, en este caso la autopista, en los cruces de ésta con las vialidades o caminos existentes, estas estructuras se han clasificado en 2 tipos de forma general, las obras tipo bóveda (compuestas por losa, muros, bóveda y aleros) y las obras tipo cajón (compuestas por losas, muros y aleros).

Este boletín se enfoca específicamente en las obras tipo cajón para obras de drenaje y Pasos Superiores Vehiculares (PSV's), las cuales son características de estas 2 clases de estructuras, el fin es optimizar el proyecto y brindarle protección a los muros incluyendo en dichas obras filtros y drenes longitudinales a los cajones con el fin de evitar empujes no deseados a los muros de dichos cajones, es importante mencionar que la adición de filtros y drenes también se ha realizado en otros tipos de estructuras como son las abovedadas.

### **Condiciones geotécnicas generales proyectadas para el tramo 3 CAD 77+400 al 99+160**

El trazo de la autopista se desarrolla en su mayor parte sobre una topografía montañosa y de lomeríos suaves a fuertes, el terreno de cimentación superficial del tramo está compuesto por suelos de origen residual, aluvial y lahares de naturaleza arcillosa, cubiertos superficialmente por una capa de 0.30 a 0.50 m de tierra vegetal y por suelos arenosos y arcillosos de baja y alta plasticidad, con espesor variable, de 1.50 m a indeterminado.

De forma alternada y bajo los estratos anteriormente mencionados, en el subtramo del km 75+500.00 al 80+000.00, existen fragmentos de roca basáltica y andesítica, de tamaños chicos y medianos mezclado con chicos y grandes, empacados en suelo generalmente de naturaleza arcillosa, en el subtramo del km 86+000.00 al 99+000.00 se detectó la existencia de arenas arcillosas o limosas subyaciendo a estas una toba cementada.

En el estudio geotécnico realizado en el tramo, la exploración alcanzó una profundidad promedio de 2.00 a 3.00 m y en la zona de lomeríos, la exploración alcanzó solamente el inicio del estrato rocoso, asumiendo en ambos casos su continuidad a mayor profundidad, en las cercanías al viaducto "El salto" CAD 91+857 se encontraron formaciones rocosas, conformadas por basaltos fracturados, al igual que el subtramo del km 75+500.00 al 80+000.00 se encontraron fragmentos de roca.

En el tramo 3 se realizó un programa de exploración y muestreo durante el estudio geotécnico de proyecto integrado por 28 sondeos exploratorios profundos de entre 15.00 y 40.12 m y 38 pozos a cielo abierto, hasta una profundidad máxima de 4.0 m, ubicados estratégicamente a lo largo del tramo en estudio según se consideró necesario de acuerdo a las condiciones fisiográficas del tramo en estudio.

Los suelos superficiales (CH, CL y MH) extraídos del terreno natural son en su mayoría de alta plasticidad y/o alto contenido orgánico, por lo que se recomendó que estos suelos no deberían ser utilizados en la formación de terraplenes y sólo podrían ser empleados en los recargues de taludes (como arroje de los mismos) o ser desperdiciados.

Debido a que en el sub tramo 86+000.00 al 99+000.00 se presentaron condiciones con zonas posiblemente inundables comprendidas entre el km 87+040 al 88+900 y del km 98+020 al 98+650 y un Nivel de Aguas Freáticas (NAF) entre los 2.5 y 3.5 m de profundidad se realizaron recomendaciones en el estudio geotécnico de proyecto referentes al desplante de terraplenes en dichos kilometrajes, tales como la proyección de un sobreebanco de 6.5 m con banquetas de 2.5 m de ancho cuando la altura del talud sea mayor a 10 m con la intención de contar con suficiente espacio entre el corte y la calzada, para mitigar que el graneado alcance la misma y/o la colocación de material no compactable procedente de cortes realizados en las primeras capas del terraplén, igualmente se recomienda en el desplante de los terraplenes sobre este tipo de suelos, abrir caja para evitar que los cambios volumétricos pudieran afectar el desempeño de los terraplenes.

Salvo las recomendaciones realizadas a los kilometrajes con características antes mencionadas, el estudio geotécnico concluye que los suelos que conforman el terreno natural pueden servir como terreno de cimentación, siempre y cuando se garantice, en los 0.20 m superiores, un grado de compactación mínimo de 90%, respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida en la prueba de control AASHTO estándar.

### **Condiciones geotécnicas encontradas en el tramo 3 CAD 77+400 al 99+160**

El tramo 3 de la autopista comprende del CAD 77+400 al 99+160 y se encuentra actualmente en construcción, dentro del mismo tramo existen subtramos en los que se aprecia la formación de hundimientos y ondulaciones en los trabajos de terracerías existentes (especialmente al nivel de piso en las zonas de cortes de material).

La formación de dichos hundimientos y ondulaciones generalmente son causados por la presencia de humedad considerable en los suelos además de la presencia de un contenido alto de suelos finos (aquellos cuyo tamaño de partícula es menor a 0.075 mm), esto se apoya en las visitas de campo realizadas, en las que se

observaba humedad en los suelos superficiales, la cual es posible que ascienda de estratos que subyacen al estrato en el que se presentan (por medio de capilaridad).



*Ilustración 15 Formación de ondulaciones y baches, sub tramo 594+100 al 595+320.*

Dado que lo estipulado en los sondeos de exploración realizados durante el estudio geotécnico de proyecto de la troncal del tramo 3 no ha sido completamente representativo a lo encontrado en sitio, se han realizado estudios geotécnicos adicionales en zonas determinadas con la finalidad de identificar el espesor de los suelos existentes en sitios determinados y las características de cada uno de ellos y con esto confirmar o descartar si los suelos existentes debajo de las capas superficiales actuales son competentes o incompetentes.

Para ello se ha recurrido a la ejecución de pozos a cielo abierto (PCA's) con diferentes profundidades de exploración (alcanzando estratos de suelo consolidado con una resistencia al corte con maquinaria notable generalmente) y de sondeos exploratorios a diferentes profundidades.

En función de estos resultados y de la visita al sitio, los suelos por debajo de la superficie actual en algunas zonas del tramo 3 se catalogan como suelos con una cantidad de finos importante, lo que causa que la humedad de estratos de suelo inferiores ascienda por capilaridad.

Además en algunas zonas del tramo se encuentran planicies cuyos suelos están compuestos predominantemente por arcillas y limos de consistencia blanda a media cuyo espesor alcanza los 8.00 m, por lo que en algunas zonas del tramo 3 se plantearon recomendaciones geotécnicas para el desplante de terraplenes, obras de drenaje y estructuras menores (saneos, abrir caja y mejoramientos con material no compactable realizando un refuerzo en el suelo).

Sin embargo, es importante considerar que en la zona en las que existen obras de drenaje o Pasos Superiores Vehiculares (PSV's), las cuales por sus características están cubiertas por los trabajos de terracerías, el agua que en ellas se encauza puede causar filtraciones perimetrales, lo cual generaría un cambio en los empujes de diseño de la misma, siendo estos empujes dañinos para los muros de la obra, incrementando el empuje en los muros de la misma.



*Ilustración 16 El suelo encontrado en algunas zonas del tramo 3 muestra plasticidad, característica de suelos arcillosos.*

Debido a lo descrito anteriormente y a los nuevos estudios realizados a lo largo de la troncal perteneciente al tramo 3, se visualiza necesario proteger las obras de drenaje y Pasos Superiores Vehiculares (PSV's) de los empujes no pronosticados en proyecto con la finalidad de brindar una mayor vida útil y un mejor desempeño estructural de las obras mencionadas, proporcionando las solicitaciones para las que fueron diseñadas propiciando un comportamiento adecuado de la estructura.

### **Solución propuesta para protección de los muros del tramo 3 CAD 77+400 al 99+160**

Por las condiciones previamente mencionadas en la troncal perteneciente al tramo 3, se propuso, como protección para los muros de los cajones para obras de drenaje y Pasos Superiores Vehiculares (PSV's), incluir filtros a lo largo de los cajones, además de drenes longitudinales.

Para cajones de drenaje y PSV's se propuso adicionar una membrana de polietileno de alta densidad bi-extruido, separándola del terraplén mediante malla geotextil (para que no pasen los finos hacia el filtro), a lo largo y ancho de toda la estructura en ambos extremos, además se incluye una opción adicional que consta de un geodrén sintético prefabricado el cual se compone por un núcleo drenante que

posee alta resistencia a la compresión y por una cubierta textil filtrante, en la parte inferior se colocará un tubo de PVC de 4" ced.40 (dren longitudinal, con una pendiente del 1% mínimo) con perforaciones en media caña superior para absorber toda el agua que llegue al filtro y poder canalizarla fuera de la obra de drenaje, dicho tubo también ira protegido por la malla geotextil con el fin de que no se tape.

La membrana drenante de polietileno de alta densidad bi-extruido posee una elevada resistencia a la compresión y su uso es considerado óptimo contra la humedad en construcciones, sin embargo, en el desarrollo de este boletín también se recomienda la utilización de un geodrén.

Los geodrenes son sistemas de captación y conducción de agua de una manera eficiente, disminuyendo el tiempo de construcción y los costos frente a alternativas como los muros secos. Entre sus ventajas más importantes se encuentra la reducción de los volúmenes de excavación, acarreo y disposición de materiales, facilitando la construcción e incrementando la vida útil de las obras de drenaje en suelos saturados garantizando la ausencia de empujes no deseados debidos a la presencia de agua.

El geodrén compuesto por el núcleo drenante, que posee alta resistencia a la compresión, y la cubierta textil filtrante (geotextil), que previene la penetración de finos dentro del núcleo, combinado con el uso de tubería circular perforada permite captar y evacuar con alta eficiencia los fluidos en los muros exteriores de las obras de drenaje, evitando así que el agua se acumule en el suelo circundante.



Ilustración 17 Geodrén con geotextil.

La aplicación de este boletín está destinado a todas aquellas obras del tramo 3 del tipo "cajón", como se ha mencionado previamente, sin embargo, para realizar el

análisis de la viabilidad de esta modificación se tomará únicamente el caso de la obra de drenaje T3-AC-9C CAD 86+720.00.

Esta obra se compone de un cajón de 1.5 x 1.5 m de área efectiva, con paredes y losas de 35 cm de espesor, longitud de 24.45 m y esviaje de 5° a la derecha, conectándose a su entrada con una caja de captación y a su salida con una losa con aleros.

### Revisión realizada a la modificación de proyecto por parte de la supervisión

Durante el proceso de revisión se plantean los antecedentes de la obra en cuestión, en este caso la obra de drenaje T3-AC-9C CAD 86+720.00 comparando las modificaciones enviadas en este boletín por parte de la constructora con las condiciones de proyecto y verificando si existe alguna modificación en la geometría, alineación y/o condiciones estructurales (armados de acero de refuerzo y resistencias de concretos) de la obra en cuestión

Para el caso de la obra de drenaje aquí revisada este boletín representa una mejora a la obra de drenaje, complementándola con un drén lateral a los muros que evita la generación de empujes por acumulación de agua en la parte exterior de los muros, las condiciones estructurales, alineación y geometría de la obra se conservan según proyecto autorizado.

El estudio geotécnico de proyecto menciona que la zona donde se encuentra ubicada esta obra de drenaje y el material sobre el que se efectuaría el desplante es una arena arcillosa de color café oscuro medianamente compacta (SC) no encontrándose nivel freático a la profundidad explorada, cosa contraria a lo visto en campo, por lo que la solución, al no modificar las condiciones estructurales y/o topográficas de la obra de drenaje, es considerada adecuada como medida de mitigación al riesgo de generación de empujes en las paredes de la obra de drenaje.

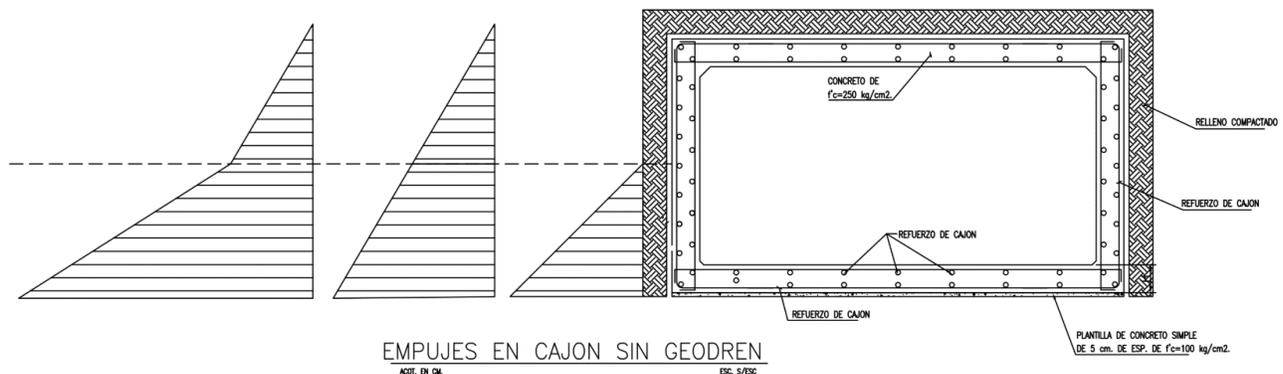


Ilustración 18 Empujes generados por la acumulación de agua en la parte inferior de la obra de drenaje.

Igualmente se entiende que este boletín sustituye al referente a muros secos en cajones debido a que las obras ejecutadas con este mejoramiento no han cumplido plenamente con lo esperado, por lo que esta solución satisface de una forma eficiente el problema, ya que los muros secos resultan más frágiles y cualquier empuje de tierras durante la construcción del terraplén ocasiona caídos y con ello el rompimiento del geotextil.

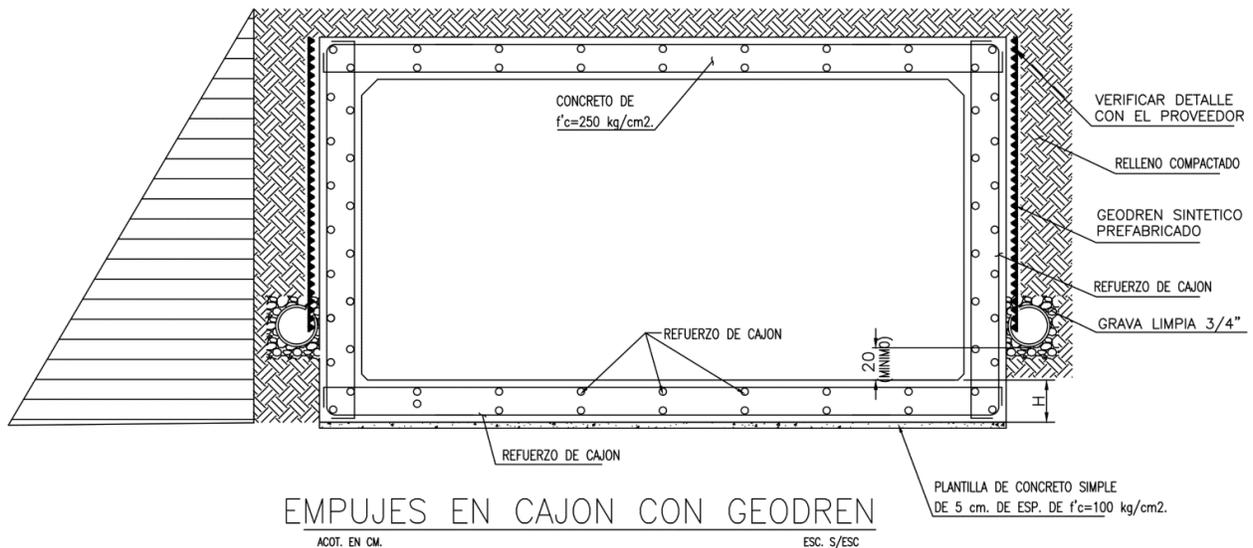


Ilustración 19 Empuje generado únicamente por la acción del suelo sobre el muro de la obra de drenaje, debido a un adecuado sistema de drenaje perimetral.

### Impacto económico generado por la modificación al proyecto

El impacto económico aproximado generado con esta adecuación es de \$51,441.17 pesos, esto debido a la adición del filtro geodrén no contemplado en proyecto.

Longitud de obra (M)	24.45
Altura de obra (M)	2.20
Área a proteger (M2)	107.58

#### CANTIDADES DE OBRA

	UNIDAD	BOLETÍN	PROYECTO	
Geodrén con tubería de 4" de diámetro	M2	107.58	0.00	107.58
Grava limpia de 3/4"	M3	0.22	0.00	0.22

Tabla 13 Modificación en las cantidades de obra por la protección realizada a los muros en la OD T3-AC-9C CAD 86+720.00.

Finalmente, al multiplicar estas cantidades por su precio unitario nos brinda el importe por concepto modificado, siendo los saldos positivos los gastos que se realizarán y como saldos negativos los ahorros producto de la modificación.

Es importante mencionar que algunos de estos precios son considerados extraordinarios pues no existían en la E7 de proyecto y deben ser aprobados, sin embargo, son empleados para fines de estimar el impacto generado.

<b>BOLETÍN 32 (T3)</b>				
Concepto	Volumen	Unidad	P.U.	Importe
Geodrén con tubería de 4" de diámetro.	107.58	M2	\$ 477.26	\$51,343.63
Grava limpia de 3/4".	0.22	M3	\$ 443.38	\$97.54
<b>Total=</b>				<b>\$51,441.17</b>

*Tabla 14 Impacto económico generado con la protección realizada a los muros en la OD T3-AC-9C CAD 86+720.00.*

### **Repercusiones de la protección realizada a muros del cajón en la obra de drenaje T3-AC-9C CAD 86+720.00**

Con la modificación realizada en la zona de los muros de las obras tipo cajón, en especial para este informe el de la obra de drenaje T3-AC-9C CAD 86+720.00, se ha logrado reducir el riesgo de empujes no deseados en muros, los cuales, por las características de estas obras (dado que están cubiertas por las terracerías y permiten la conducción de agua de un extremo a otro) pueden presentar flujos perimetrales, llegando a presentarse acumulaciones de agua en el suelo circundante a los muros, por lo que un sistema filtrante permitiría la salida del agua de la zona y conservaría las condiciones proyectadas para el adecuado desempeño de las obras de drenaje.

Es importante recordar que existen otras soluciones constructivas para realizar el filtrado de agua en la zona de los muros, tal es el caso de la construcción de muros secos, sin embargo, se considera importante encontrar materiales que promuevan la reducción de trabajos, costos y tiempo en la obra, haciendo eficientes los recursos con los que se cuenta, además, a diferencia de otros procedimientos constructivos, este permite una rápida colocación, evitando con ello el abandono de los trabajos previos o posteriores por reasignación de personal.

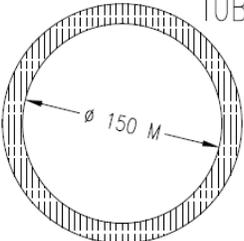
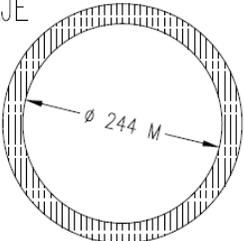
### **Ajustes en la clase de tubería empleada en la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00**

Durante la supervisión de la autopista las obras de drenaje transversal se han clasificado en 3 tipos de forma general, las obras tipo tubo, formadas por tuberías prefabricadas de concreto con diámetros variables y de longitud promedio de 2.40 metros; las obras tipo bóveda, cuya sección característica el portal y las obras tipo cajón, ambas conectadas generalmente con cajas de captación y/o losas con aleros y construidas en sitio.

Este boletín se enfoca específicamente en las obras de drenaje tipo “tubo”, específicamente el de la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00 para el análisis a realizar en este informe.

En el desarrollo de una visita técnica a diferentes kilometrajes de la troncal de la autopista en los que se proyectaron obras de drenaje con tubería de concreto, se observó que las condiciones que guarda el terreno natural respecto a las estructuras por construir hace necesario tener espesores de colchón considerables, los cuales gravitarán sobre dichas obras de drenaje, por lo que se hizo necesario realizar una revisión para confirmar la resistencia de la tubería de concreto a las sollicitaciones de campo a las que estarán sujetos los diversos diámetros de tubo, y de ser necesario ajustar la clase (la cual es otorgada según su resistencia) de las obras de drenaje para asegurar su trabajo adecuado, prolongar su vida útil y poder construir los terraplenes de la autopista sin problemas.

Las obras de drenaje tipo “tubo” que sufrieron modificaciones en su clase fueron la T3-AC-2B CAD 80+749.33, T3-AC-3D CAD 590+633.50, T3-AC-13D CAD 593+176.00, T3-AC-1E CAD 595+152.50, T3-AC-4E CAD 595+787.00, T3-AC-6E CAD 595+915.07, T3-AC-9E CAD 596+620.00, T3-AC-10E CAD 596+704.00 y T3-AC-11E CAD 596+812.00. A continuación, se hará mención de la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00 como muestra de lo que se realizó con las obras de drenaje restantes.

OPTIMIZACIÓN DE TUBERIAS DE OBRAS DE DRENAJE			
CADENAMIENTO	TIPO DE ESTRUCTURA	CLASE SEGÚN PROYECTO	AJUSTE POR COLCHÓN DE CAMPO
TRAMO KM 80+000 AL 85+000			
80+749.33	TUBO DE 1.50 M	3	4
TRAMO KM 90+000 AL 95+000			
590+633.50	TUBO DE 1.50 M	3	4
593+176.00	TUBO DE 1.50 M	3	4
TRAMO KM 95+000 AL 99+000			
595+152.50	TUBO DE 1.50 M	2	3
595+787.00	TUBO DE 2.44 M	2	4
595+915.07	TUBO DE 1.50 M	2	3
596+620.00	TUBO DE 1.50 M	2	4
596+704.00	TUBO DE 2.44 M	3	4
596+812.00	TUBO DE 2.44 M	2	4
<p style="text-align: center;">TUBERIA PARA OBRA DE DRENAJE DE <math>\phi</math> 1.50 Y <math>\phi</math> 2.44 M</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>			

*Ilustración 20 Adecuaciones a la clase de tubería empleada en las obras de drenaje.*

### **Características de proyecto de la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00**

La obra de drenaje T3-AC-11E CAD 96+812.00 está compuesta por 30 tubos de concreto reforzado de longitud 2.4 m clase 2 y de diámetro de 2.44 m, dando un total de 72 metros de longitud, a su entrada y su salida conecta con muros cabeceros de 3.6 m de alto, con una pendiente de 4.39% y esviaje 31° a la derecha, en el estudio geotécnico se mostró que la zona en la que esta obra de drenaje desplantaría sería arena limosa de color café claro compacta (SM) y con una altura de terraplén de 12 m.

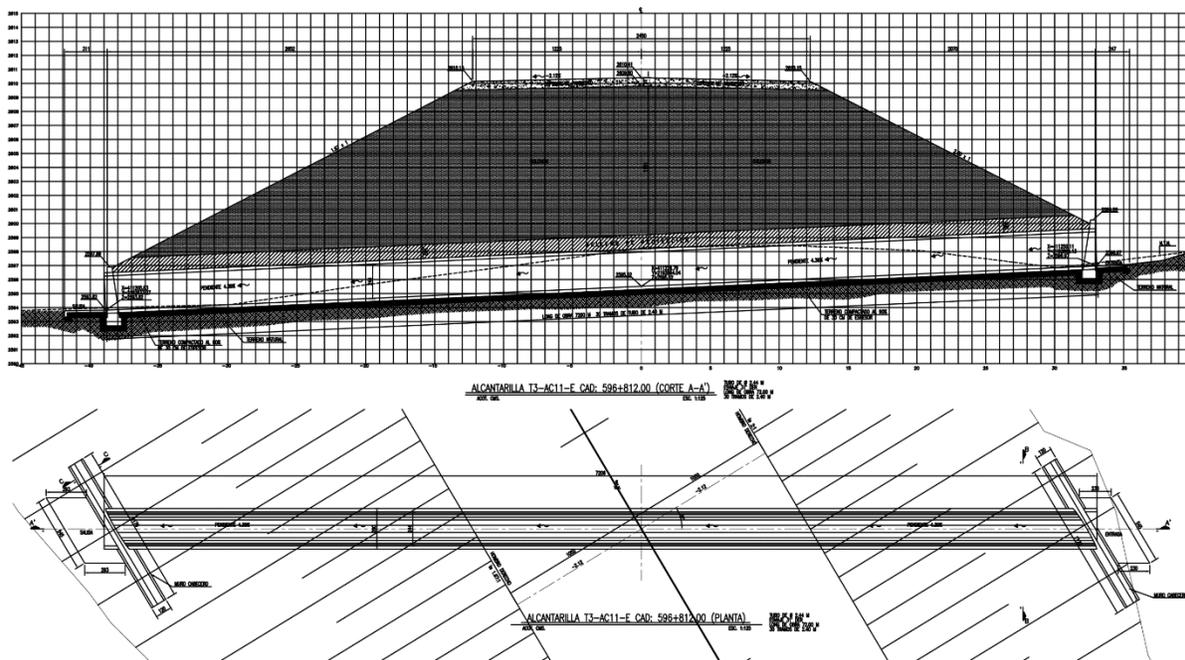


Ilustración 21 Proyecto ejecutivo de la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) define y clasifica la tubería de concreto con refuerzo en su libro “CMT. Características de los materiales” parte 3 “Materiales para obras de drenaje y subdrenaje” título 2 “Tubos de concreto con refuerzo” (N·CMT·3·02/04) de la siguiente manera:

*“Los tubos de concreto con refuerzo son elementos prefabricados de sección circular, huecos y alargados, elaborados con concreto reforzado y que provistos de un sistema de junteo adecuado forman una tubería continua, con el objeto de conducir aguas residuales y pluviales recolectadas evitando inundaciones y encharcamientos.*

*Normalmente tienen un diámetro interior mayor de noventa y un (91) centímetros y se emplean cuando el colchón de protección que se construye sobre el tubo, no es de espesor suficiente para soportar las presiones ejercidas sobre un tubo de concreto sin refuerzo, de manera que se eviten fracturas en sus paredes, por lo que es necesario un refuerzo de acero para resistir dichas presiones.*

*Según su resistencia, los tubos de concreto con refuerzo, pueden ser de Clase 1, Clase 2, Clase 3 ó Clase 4.”*

Esta norma de la SCT tiene como referencias las normas aplicables a la parte 2 “Materiales para estructuras” del libro “CMT. Características de los materiales” las cuales son las normas y manuales de acero de refuerzo para concreto hidráulico (N·CMT·2·03·001), muestreo de tubos de concreto (M·MMP·3·01·001), inspección de tubos de concreto (M·MMP·3·01·002), resistencia de tubos de concreto

(M·MMP·3·01·003), absorción de tubos de concreto (M·MMP·3·01·004) y permeabilidad de tubos de concreto (M·MMP·3·01·005), con estas referencias la Secretaría brinda la información necesaria (en tablas) para conocer los requisitos que se deben cumplir para cada clase de tubería de concreto reforzado así como la resistencia de cada una de estas clases.

Resistencia del concreto $f_c$ MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	Diámetro interior mm		Reforzo cm <sup>2</sup> /m de pared de tubo								Resistencia método de los tres apoyos kN/m (kg/m)	
	Nominal	Real	Pared A				Pared B				Carga a la 1ª grieta	Carga máxima
			Espesor de pared mm	Reforzo circular		Reforzo elíptico	Espesor de pared mm	Reforzo circular		Reforzo elíptico		
				Interior	Exterior			Interior	Exterior			
27,6 (280)	300	310	44	1,5	---	---	51	1,5	---	---	19,5 (1 988)	30,0 (3 059)
	380	395	49	1,5	---	---	57	1,5	---	---	24,7 (2 519)	38,0 (3 875)
	450	465	51	1,5	---	1,5	63	1,5	---	1,5	29,3 (2 983)	45,0 (4 589)
	610	630	63	3,6	---	3,0	76	1,5	---	1,5	39,7 (4 043)	61,0 (6 220)
	760	785	70	4,0	---	3,8	89	3,8	---	3,2	49,4 (5 037)	76,0 (7 750)
	910	935	76	4,4	3,4	4,7	101	3,6	2,8	4,0	59,2 (6 032)	91,0 (9 279)
	1 070	1 100	89	5,3	4,0	5,9	114	4,4	3,4	4,9	69,6 (7 092)	107,0 (10 991)
	1 220	1 250	101	6,8	5,1	7,4	127	5,1	3,8	5,7	79,3 (8 086)	122,0 (12 441)
	1 370	1 405	114	8,4	6,1	8,9	140	6,1	4,6	6,8	89,1 (9 081)	137,0 (13 970)
	1 520	1 561	127	9,3	7,0	10,4	152	7,2	5,5	8,0	98,8 (10 075)	152,0 (15 500)
	1 830	1 880	152	12,1	9,1	13,3	178	10,4	7,8	11,4	119,0 (12 130)	183,0 (18 661)
34,5 (350)	2 130	2 186	178	15,2	11,4	16,9	203	14,7	11,0	17,3	138,5 (14 118)	213,0 (21 720)
	2 440	2 506	203	19,7	14,8	21,8	229	16,1	12,1	17,8	158,6 (16 173)	244,0 (24 881)

Ilustración 22 Requisitos de calidad marcados por la SCT para tubos de concreto reforzado Clase 2.

### Adecuaciones realizadas a la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00

Tras la revisión de la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 96+812.00 se encontró que, para obtener un adecuado funcionamiento de la misma, con las solicitaciones reales vistas en campo, los colchones a soportar y el proceso constructivo a realizar para la conformación y compactación de los terraplenes de la autopista, se tendría que modificar la clase de la tubería utilizada modificándola de clase 2 (proyecto) a clase 4 (boletín), teniendo únicamente esta modificación, no siendo afectadas su longitud ni posición.

La colocación de las piezas de tubo de concreto reforzado deberán seguir las recomendaciones marcadas para la correcta colocación de la tubería, las cuales son la construcción de una cama nivelada y bien compactada (no dejar ningún borde sobre la cama que evite que el tubo apoye perfectamente), tener un alineamiento correcto e iniciar la colocación del tubo de aguas abajo a aguas arriba, una limpieza de la espiga del tubo y el interior de la campana retirando rebabas y la correcta colocación de la junta de hule, igualando las tensiones en todo el perímetro de la

junta y verificando que quede debidamente alineada en la posición, otorgando como resultado un buen ensamble y una prueba de hermeticidad.

El empuje final tendrá que ser en forma distribuida en la tubería hacia la campana del tubo, Se recomienda que el acostillamiento lateral sea compactado al 95% de la prueba proctor como mínimo, en capas de 20 cm alternadas a cada lado, para el relleno en la parte superior se recomienda material de banco, en ambos casos se recomienda el uso de equipos vibradores de bajo impacto (bailarina).

### Revisión realizada a la modificación de proyecto por parte de la supervisión

Durante el proceso de revisión se plantean los antecedentes de la obra en cuestión, en este caso la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00 comparando las modificaciones enviadas en este boletín por parte de la constructora con las condiciones de proyecto y verificando si existe alguna modificación en la geometría, alineación y/o condiciones estructurales (armados de acero de refuerzo y resistencias de concretos) de la obra en cuestión.

Para el caso de la obra de drenaje aquí revisada este boletín representa un cambio en la condición estructural de la tubería empleada, cambiando de clase 2 a clase 4, sin modificar la alineación y geometría de la obra de drenaje (manteniendo el diámetro de proyecto), por lo que para inspeccionar este boletín se recurre a la revisión de la memoria de cálculo proporcionada por la constructora.

CANTIDADES DE OBRA 596+812.00		
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
TUBERÍA DE CONCRETO DE 2.40 m CLASE 2	72.06	m
VOLUMEN DE EXCAVACIÓN	1819.5	m <sup>3</sup>
CONCRETO PARA PLANTILLA DE F'C=100 KG/CM <sup>2</sup>	2.66	m <sup>3</sup>
CONCRETO PARA MUROS CABECEROS Y LOSAS DE ENTRADA Y SALIDA f'c=200 kg/cm <sup>2</sup>	71.75	m <sup>3</sup>
ACERO DE REFUERZO Fy=4200 kg/cm <sup>2</sup>	2,504.80	kg
RELLENO DE PROTECCION :		
RELLENO INICIAL	1,508.0	m <sup>3</sup>
ACOSTILLADO	1,066.8	m <sup>3</sup>
ENCAMADO	112.80	m <sup>3</sup>

Ilustración 23 Cantidades de obra y clase de tubería en proyecto ejecutivo firmado.

CON CARGA VEHICULAR

DIAMETRO NOMINAL (cm)	CLASE 1 (en metros)	CLASE 2 (en metros)	CLASE 3 (en metros)	CLASE 4 (en metros)
30	0,80 < h < 1,00	1,01 < h < 2,65	2,66 < h < 5,16	5,16 < h < 7,16
38	0,80 < h < 1,00	1,01 < h < 2,65	2,66 < h < 5,21	5,22 < h < 7,24
45	0,80 < h < 1,00	1,01 < h < 2,74	2,75 < h < 5,33	5,33 < h < 7,42
61	< 1,00	< 2,81	< 5,44	< 7,57
76	< 1,55	< 2,93	< 5,53	< 7,68
91	< 1,71	< 3,03	< 5,62	< 7,79
107	< 1,88	< 3,13	< 5,69	< 7,87
122	< 2,02	< 3,20	< 5,74	< 7,93
152	< 2,24	< 3,33	< 5,84	< 8,05
183	< 2,43	< 3,46	< 5,93	< 8,15
213	< 2,56	< 3,54	< 5,99	< 8,20
244	< 2,69	< 3,66	< 6,09	< 8,32

Ilustración 24 Recomendaciones de colchones para tuberías de concreto basadas en la clase de la tubería.

Se puede apreciar que los colchones recomendados para esta obra de drenaje son mayores a 3.66 metros, sin embargo, esto no implica que esta clase de tubería trabaje adecuadamente para cualquier colchón de mayor tamaño.

Revisando la memoria de cálculo de proyecto se observa que con un diseño escaso la obra cumple en prácticamente todos los campos, salvo en el diseño por momento, en el cual se encuentra prácticamente al límite de lo recomendado, por lo que la modificación argumentando mayores colchones a los proyectados y la condición límite a la que se encontraba el diseño hace inadecuada su aplicación, buscando una mayor resistencia con el fin de proteger de forma íntegra la obra de drenaje brindando seguridad y admitiendo el incremento en los colchones de proyecto según lo visto en campo.

Según la normativa marcada por la SCT la tubería que mantiene las condiciones geométricas e incrementa su resistencia es la tubería de 2.44 metros de diámetro nominal clase 4, sin embargo, se realiza el cálculo donde se muestra la clase conveniente a utilizar, es necesario recordar que esta tubería se adquiere prefabricada por lo que está especialmente diseñada para cumplir la normativa de la SCT.

**Cálculo Numérico Tubos Hormigón Armado**

Versión: 2.02a

**Datos de la Obra:**

CARR. ATIZAPAN-ATLACOMULCO  
KM. 586+812.00  
TRAMO 3

**Sección tipo:**

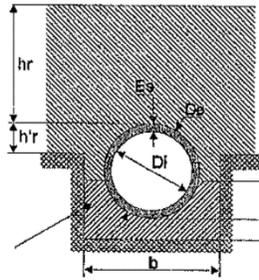
TUBO DE CONCRETO REFORZADO DE 244CM.  
DE DIAMETRO

**Esquema de instalación:**

Instalación en Terraplén (Clase A); Relleno: Arenas y Gravas; Base: Base de suelo natural ordinario

(Este croquis no representa proporciones reales)

Hormigón



De=	2.9 m.
Di=	2.44 m.
Es=	230 mm.
hr=	12.5 m.
hr'=	0.557 m.
a=	0.725 m.
b>=	3.1 m.
c>=	0.61 m.

**Cálculos:**

Carga producida por terreno (qr):

$$q_r = C_1 \cdot \gamma \cdot h_r \cdot D_o \quad ; \quad \text{Para } h_r > h_o, C_1 = \frac{2\lambda\mu \frac{h_o}{D_o} - 1}{2\lambda\mu \frac{h_r}{D_o}} + \frac{h_r - h_o}{h_r} \frac{2\lambda\mu \frac{h_o}{D_o}}$$

(De según norma)

Fap=	2.997
γ=	17.6 kN/m³
λμ=	0.165
ho=	2.123 m.

- Carga Carretera, Carro tres ejes de 600 kN (60 t)
- Carga puntual de Dt. situada a 0 m
- Carga uniformemente distribuida en superficie de 0 t/m²
- Carga debida a compactador
- Carga de Fisuración= 108.98 kN/m²

qr=	796.96 kN/m
	0 kN/m
	0 kN/m
	0 kN/m
	0 kN/m
Qtotal=	796.96 kN/m

CARGA DE CÁLCULO =  $\frac{1.25 \cdot Q_{total}}{Fap \cdot Di}$  = 136.23 kN/m²

Clase mínima ASTM-C76M exigible:

Clase V

(Válido para hr <= 15.98 m.)

NORMA S.C.T - N. CMT. 3.02 / 04  
EQUIVALENTE CLASE 4

Ilustración 25 Cálculo de clase mínima según ASTM-C76M y su equivalencia en la normativa SCT.

**Impacto económico generado por la modificación al proyecto**

El impacto económico aproximado generado con esta adecuación es de \$868,558.32 pesos, esto debido al mayor costo de la tubería clase 4 frente a la tubería clase 2.

Longitud de obra (M) 72.00

#### CANTIDADES DE OBRA

	UNIDAD	BOLETÍN	PROYECTO	
Tubería de 2.44 m de diámetro clase 2	M	0.00	72.00	-72.00
Tubería de 2.44 m de diámetro clase 4	M	72.00	0.00	72.00

Tabla 15 Modificaciones a las cantidades de obra debidas al cambio en la clase de tubería en la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00.

Finalmente, al multiplicar estas cantidades por su precio unitario nos brinda el importe por concepto modificado, siendo los saldos positivos los gastos que se realizarán y como saldos negativos los ahorros producto de la modificación

Es importante mencionar que algunos de estos precios son considerados extraordinarios pues no existían en la E7 de proyecto y deben ser aprobados, sin embargo, son empleados para fines de estimar el impacto generado.

BOLETÍN 45 (T3)				
Concepto	Volumen	Unidad	P.U.	Importe
Tubería de 2.44 m de diámetro clase 2.	-72.00	M	\$ 11,621.68	-\$836,760.96
Tubería de 2.44 m de diámetro clase 4.	72.00	M	\$ 23,684.99	\$1,705,319.28
<b>Total=</b>				<b>\$868,558.32</b>

Tabla 16 Impacto económico generado con el cambio en la clase de tubería en la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00.

### Repercusiones del cambio en la clase de tubería empleada en la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00

Con la modificación realizada en las obras tipo tubo mencionadas en este boletín, en especial para este informe el de la obra de drenaje T3-AC-11E CAD 596+812.00, se ha beneficiado al desempeño de la obra de drenaje durante su vida útil, esto debido principalmente al hecho de que los colchones que gravitarán permanentemente sobre la obra son grandes, brindando seguridad no sólo para la adecuada conformación y compactación de terraplenes, sino para la terminación de actividades constructivas y puesta en operación de la autopista.

Esto se expresa en el incremento de la clase de la tubería, ya que las clases proyectadas tenían una resistencia menor a la que posiblemente podrían solicitarse durante su construcción o en operación, lo cual también reduciría los mantenimientos realizados y el riesgo a daños estructurales posteriores a su colocación.

## **Seguimiento realizado durante la construcción de la autopista**

Una parte fundamental en el proceso de supervisión de cualquier proyecto es el seguimiento brindado al mismo, esto debido principalmente al cuidado que se debe llevar para que las labores se ejecuten en el tiempo, forma y calidad marcada por el proyecto ejecutivo autorizado. Así las labores de seguimiento se enfocan principalmente en las siguientes actividades.

1. Topografía y movimiento de tierras: Es uno de los seguimientos más importantes en el desarrollo de los proyectos carreteros, debido principalmente a la cantidad de movimiento de tierras realizados, además del correcto desplante y ubicación de las estructuras contenidas en la troncal.
2. Estructuras mayores, menores y obras de drenaje: La labor de seguimiento a las estructuras abarca los avances constructivos que se realizan (volumetrías), la supervisión de los correctos procesos constructivos, la vigilancia de la calidad de los materiales y el adecuado funcionamiento de la estructura terminada.
3. Calidad: Es una de las principales labores durante un proceso de supervisión de tipo carretero, esto incluye todos los campos, desde las terracerías hasta las estructuras, verificando que los materiales, procedimientos y uso de los componentes de la autopista cumplan con la calidad especificada por las normas.
4. Estimaciones: Es una labor fundamental en el proceso de supervisión debido a que con ellas se realiza el pago por la obra ejecutada durante un período determinado, esta labor requiere de la cantidad de obra ejecutada durante un período referido y requiere del uso de generadores para con ellos conocer las volumetrías y cantidades de materiales puestos en obra.
5. Actividad en campo: Incluye el registro de las actividades realizadas en obra de forma diaria, semanal y/o mensual, así como su procesamiento y presentación para los demás seguimientos realizados, es una de las partes fundamentales de la supervisión debido a que con ella se realizan muchas de las otras actividades de la supervisión.
6. Calendarios de obra: Su importancia en el proyecto radica en la revisión del tiempo con el que se ejecutan los trabajos, así el conocer lo ejecutado en obra contra lo proyectado en el calendario ayuda a tener control y, si es necesario, un ajuste de la actividad presente en el proyecto.

7. Adecuaciones a proyecto ejecutivo en obra: Este seguimiento tiene importancia debido a la existencia de adecuaciones en obra, las cuales modifican lo proyectado en planos autorizados, por lo que evaluar dichas adecuaciones y verificar que cumplan con los requerimientos de proyecto y reglamentos vigentes es fundamental.

Todos estos seguimientos son necesarios para asegurar que las actividades se están realizando adecuadamente y conforme a proyecto autorizado y en caso de existir modificaciones, asegurarse de que éstas cumplan con los requerimientos antes descritos.

### **Seguimiento semanal y mensual de actividad en obra**

Dentro del seguimiento realizado a la actividad de obra en la autopista, se encuentra la elaboración de informes semanales y mensuales de actividad en campo, esto con el fin de conocer que avances y problemáticas se han tenido durante la semana y mes correspondiente, llevando con ello un control del avance realizado durante el período.

Estos informes son generados a partir de reportes diarios enviados por personal de obra, brindando información íntegra de las actividades realizadas de forma diaria, el objetivo de estos informes y reportes es servir de referente para las labores de

seguimiento de las diferentes áreas, principalmente para labores de estimación y revisión con programas de obra.

REPORTE SEMANAL				
CARRETERA		Periodo del reporte		
ATIZAPÁN - ATILACOMULCO		2/03/18	8/03/18	
TRAMO I		20+000	40+000	
CONTROL DE OBRA				
	Frete 1 8,180 m	Frete 2 6,220 m	Frete 3 4,996 m	
	20+000	28+780	35+000	39+996
02-mar	★	★	★	★
03-mar	★	★	★	★
05-mar	★	★	★	★
06-mar	★	★	★	★
07-mar	★	★	★	★
08-mar	★	★	★	★

Simbología			
<span style="background-color: #f08080; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	Sin actividades	<span style="color: blue;">●</span>	Estructuras mayores
<span style="background-color: #add8e6; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	1-5 actividades	<span style="color: blue;">▲</span>	Barrenos para explosivos
<span style="background-color: #00008b; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	6-10 actividades	<span style="color: red;">★</span>	Estructuras Menores
<span style="background-color: #00008b; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	> de 10 actividades	<span style="color: blue;">⬇</span>	
<span style="color: blue;">●</span>	Obra de drenaje	<span style="color: red;">★</span>	
<span style="color: blue;">▲</span>	Terracería	<span style="color: red;">★</span>	
<span style="color: blue;">⬇</span>	Cercado del DDV	<span style="color: red;">★</span>	
<span style="color: blue;">⬇</span>	Derribo de Árboles	<span style="color: red;">★</span>	

Actividades del Tramo I

- \*PSV #16, Colocación de cimbra y armado de losa superior (bóveda).
- \*PSV #5, Continúa la colocación de filtro de grava lado Atlacomulco.
- \*PIV #17a, Finaliza la colocación cimbra en trepa 2 de columna del apoyo 2 (en espera de suministro de concreto para colado) y se realiza la colocación de cimbra en trepa 2 de columna del apoyo 3.
- \*PIV #24, Cimbrado de muro estribo y muro alero estribo 1 (en espera de suministro de concreto).
- \*Trabajos de corte en los km 20+620 al 20+720, 25+200 al 25+400, 25+680 al 25+920, 29+480 al 29+600, 29+880 al 29+940, 32+000 al 32+100 y 35+560 al 35+680, 36+740 al 36+790
- \*Trabajos de terraplén en los km 26+000 al 26+060, 28+380 al 28+620, 29+300 al 29+350, 30+220 al 30+340 y 33+000 al 33+140.
- \*Viaducto Sin Nombre (20+880): Apoyo C5 excavación al 100% (se realizan trabajos de afine, trabajos de sondeo-verificación de terreno para desplante de zapata), armado y cimbrado de trepa 3 de columnas izquierda y derecha apoyo C4 (en espera de suministro de concreto), en espera de suministro de concreto para colado de zapata de apoyo C2 y conformación de acceso para apoyo C6.
- \*Viaducto La Estadía (22+332): Se termina el cimbrado de trepa 1 de columnas izquierda y derecha apoyo C3 (en espera de suministro de concreto), armado y cimbrado de estribo apoyo C1 (en espera de suministro de concreto) y afine de excavación del apoyo C2, en proceso revisión de inferencia de carga (en espera de colado de plantilla)
- \*Viaducto Los Gallos (27+425): Apoyo C9 con sobre excavación para desplante de zapata (presentaron respuesta a la no conformidad #21), en los apoyos 4, 5 y 6 se espera el procedimiento constructivo para contener filtraciones (por cauce de río) en excavación de zapatas, se realizan trabajos de achique en el apoyo 7, trabajos de excavación del apoyo C10 (avance del 45%), trabajos de excavación en el apoyo C4 (avance del 37%) y continúan los trabajos de habilitado de acero de refuerzo para zapata del apoyo C11.
- \*Viaducto Sin Nombre (31+033): Trabajos terminados de armado y cimbrado de columnas izquierda y derecha de la trepa 7 del apoyo C4 (en espera de suministro de concreto), armado y cimbrado de zapata apoyo C2, continúa la colocación de relleno fluido para mejoramiento de desplante de zapata y colado de plantilla del apoyo C3, se realiza la colocación de estructura metálica para fondo de armado de cabezal apoyo C5 y C6 y se realizan trabajos de limpieza en contrafuertes de apoyo C7, se reinician los trabajos de excavación del apoyo C1, avance del 60%
- \*Viaducto el Tlazala (31+552): Habilitado de acero de refuerzo para zapata en apoyo C2, trabajos terminados de colocación de cimbra en trepa 2 de columna del apoyo C6 (en espera de suministro de concreto), trabajos de excavación al 100% en apoyo C4 (se realiza achique para filtraciones de cauce de río y afine de excavación, en espera de procedimiento para contener filtraciones), continúan los trabajos de excavación del apoyo C5 (avance al 77%) y habilitado de acero de refuerzo y colocación de cimbra en estribo del apoyo C1.
- \*Viaducto Cahuacán (38+995): Habilitado y armado de pilas (sin perforación por falta de suministro de concreto) en apoyo C6, colado de plantilla en apoyo C2 (inician los trabajos de habilitado de acero de refuerzo para zapata), suspensión de trabajos de perforación y colado de pilas por falta de suministro de concreto apoyo C3, se suspenden los trabajos de descabece de pilas del apoyo C4 por avería del compresor y se reanudan los trabajos de conformación de plataforma de perforación de pilas apoyo C7.
- \*Túnel Los Gallos (28+020): Continúan los trabajos de perforación de anclas pasivas y balconeo de material de excavación en portal de salida, colocación de malla electrosoldada en talud frontal lado derecho del portal de salida y perforación para anclas pasivas (fila 4) en el portal de salida.
- \*Túnel Cahuacán (36+285): Se realiza la colocación de cimbra en zapatas de anclas activas del talud frontal lado derecho del portal de salida, corte de material en el talud lado derecho del portal de salida para continuar con micropilotes de paraguas y colocación de malla electrosoldada talud izquierdo en talud de entrada al túnel. Lanzado de concreto en talud lateral izquierdo. Perforación de anclas pasivas en talud izquierdo del portal de salida.

DETALLE DE AVANCE

Obras de drenaje (Troncal)			
Total	En proceso	Terminadas	Pendientes de iniciar
47	14	9	24

Pasos Superiores Vehiculares (Troncal)			
Total	En proceso	Terminadas	Pendientes de iniciar
3	1	1	1

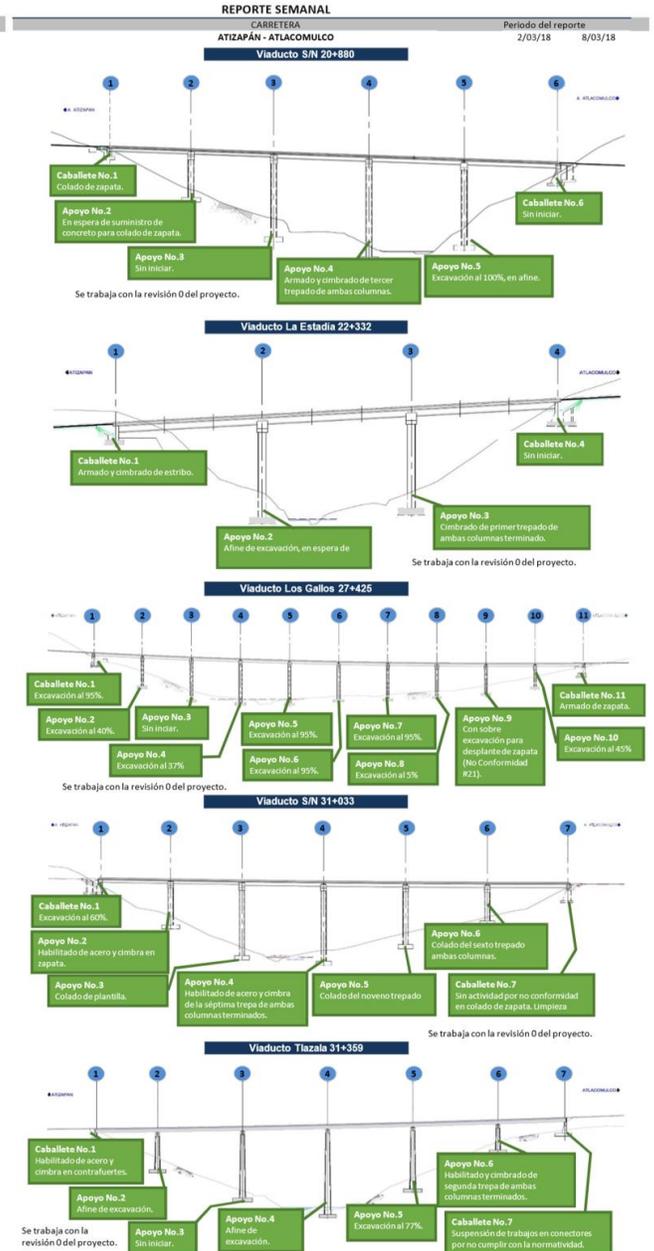
  

Pasos Inferiores Vehiculares (Troncal)			
Total	En proceso	Terminadas	Pendientes de iniciar
6	2	0	4

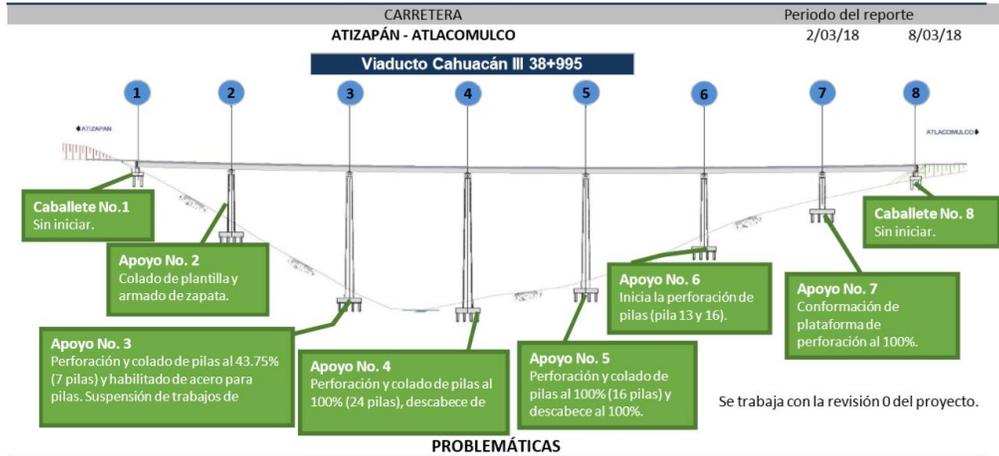
Obras de Drenaje terminadas  
9 Obras de Tubo (A falta de apaches)

Pasos Superiores Vehiculares terminados  
1 Obra tipo Cajón

Pasos Inferiores Vehiculares terminados



**REPORTE SEMANAL**



- 1.- Las obras de drenaje del tramo 1 de los km 30+026, 32+070 se encuentran inactivas debido a la falta de contratista (desde esta semana).
- 2.- En espera de alguna respuesta con los terrenos con problemática dentro del DDV en km 34+300 (desde el 1 de septiembre).
- 3.- No hay proyecto del entronque Chiluca así como del desvío de tubería de Comisión de Agua del Estado de México (CAEM) (desde el 16 de junio).
- 4.- No se cuenta con proyecto de obras inducidas de CONAGUA (desde el 18 de agosto).
- 5.- Se continúa sin el equipo ni personal suficiente para atacar los dos túneles (Los Gallos y Cahuacán), lo que representa un atraso en la programación de ambos túneles (desde el 15 de enero).
- 6.- Se continúa con la problemática en los trabajos de conectores (bulbos) en contrafuertes de las columnas del apoyo C7 del Viaducto Tlazala, por lo que solicita a CPVM concluir lo antes posible (desde el 1 de febrero).
- 7.- A la fecha no se ha presentado propuesta para contener filtraciones en las excavaciones de los apoyos 4, 5 y 6 del Viaducto Los Gallos (desde el 15 de febrero).
- 8.- A la fecha no se han ejecutado las contracunetas para protección de taludes en los portales de entrada y salida del túnel Cahuacán así como la entrega de lecturas de los inclinómetros periódicamente (desde el 15 de febrero).
- 9.- Por indicaciones de la concesionaria se suspende el suministro de concretos estructurales hasta cumplir todas las condicionantes establecidas en acuerdos con la contratista (6 puntos a cumplir) (desde el 22 de febrero).
- 10.- En espera de boletín para modificar caballete del apoyo C1 del Viaducto Sin Nombre km 20+880. (desde esta semana)
- 11.- En espera de solución para contener filtraciones del apoyo 4, en espera de propuesta para el desvío de vehículos para trabajos de excavación de la zapata del apoyo C3 del Viaducto Tlazala. (desde esta semana)
- 12.- En espera de la solución de las pilas que no cumplen con las pruebas de Cross Hole y PIT en el apoyo C5 del Viaducto Cahuacán III. (desde esta semana)

**REPORTE FOTOGRÁFICO**



Ilustración 26 Informe semanal de actividad en obra del 2 al 8 de marzo de 2018, tramo 1.

IPIMSA Área de Gestión de Construcción	<b>NOMBRE DEL SERVICIO:</b> Asistencia Técnica a la Concesionaria en la autopista de altas especificaciones Atizapán-Atzacmulco	TIPO DE INFORME MENSUAL	Página 57 de 59 REV. N° 00
	<b>E.P.I 026 CARPETA DE INFORME MENSUAL (Enero)</b>	E.P.I 026	Fecha: Enero 2018

IPIMSA Área de Gestión de Construcción	<b>NOMBRE DEL SERVICIO:</b> Asistencia Técnica a la Concesionaria en la autopista de altas especificaciones Atizapán-Atzacmulco	TIPO DE INFORME MENSUAL	Página 58 de 59 REV. N° 00
	<b>E.P.I 026 CARPETA DE INFORME MENSUAL (Enero)</b>	E.P.I 026	Fecha: Enero 2018

### TRAMO III

#### O. Drenaje

Se tiene un avance a origen de 52 obras terminadas (a falta de aproches), 17 están en etapa de construcción, quedan 11 pendientes de iniciar, avance físico aproximado de 55.08.

#### PIV Y PSV

PSV 68 km 79+920 Terminado 100%.

PSV 70 KM 80+840 29.12% de avance.

PSV 71 km 82+400 Terminado 100%.

PSV 74 km 85+475 82.43% de avance.

PSV 69 km 96+643 46.96% de avance.

PIV 80 km 94+638 80% en excavación.

PIV 63 km 75+555 10% en excavación.

#### Viaducto

##### El salto.

No se registraron actividades en el mes de enero, los ejidatarios de la zona bloquearon el acceso a la obra.

Caballete No.1 No iniciado

Apoyo No.2 Habilitado de acero en cabezal (detenido por proyecto)

Apoyo No.3 Habilitado de acero en cabezal

Apoyo No. 4 Sin iniciar espera a que se determine la profundidad y tipo cimentación

Apoyo No. 5 Excavación Zapata terminada 100%

Se llevan coladas a la fecha 11 pilas

Apoyo No. 6 Excavación Zapata avance al 100%

Se realizó exploración geotecnia, a espera de solución de solución de cimentación

Apoyo No. 7 Colado y descimbrado del tercer trepado

Caballete No. 8 Excavación al 25%

#### Maquinaria y equipo al 31-01-2018

MAQUINARIA	RESUMEN DE MAQUINARIA		
	TOTAL	ACTIVA	INACTIVA
Cargador frontal	1	1	0
Compactador PR8	0	0	0
Excavadora	9	8	1
Grúa 20 ton	0	0	0
Hidrotrack	2	1	1
Motoconformadora	5	4	1
Retroexcavadora	1	1	0
Tractocompactor	1	1	0
Tractor	10	8	2
Vibrocompactador	4	4	0
<b>TOTALES</b>	<b>33</b>	<b>28</b>	<b>5</b>

*Ilustración 27 Resumen de actividad mensual correspondiente al mes de enero de 2018, tramo 3.*

## Seguimiento realizado a obras de drenaje y estructuras

Como parte de la labor de seguimiento a las estructuras que componen la autopista, se lleva un control semanal y mensual de los avances realizados en las estructuras (menores, mayores y obras de drenaje) con fines informativos y de estimación.

Para fines informativos y de control general se han elaborado larguillos de avance físico para los Pasos Superiores Vehiculares (PSV's) y Obras de Drenaje (OD's), en estos larguillos se muestra el avance estimado de la construcción de las estructuras antes mencionadas, separándolas en sus componentes principales, en el caso de obras tipo cajón y bóveda (tanto para pasos superiores vehiculares como para obras de drenaje) se han dividido en los siguientes campos:

- Excavación: Representa el avance generado a la fecha en la excavación de la estructura en cuestión, equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.

- Plantilla: Representa el avance generado a la fecha en los colados de plantilla de la estructura en cuestión, equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.
- Losa inferior: Representa el avance generado a la fecha en los armados y colados de losa inferior de la estructura tipo cajón o bóveda en cuestión, equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.
- Muros: Representa el avance generado a la fecha en los armados y colados de muros de la estructura tipo cajón o bóveda en cuestión, equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.
- Losa superior: Representa el avance generado a la fecha en los armados y colados de losa superior o bóveda de la estructura tipo cajón o bóveda respectivamente, equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.
- Obra de Entrada: Representa el avance generado a la fecha en los armados y colados en obra de entrada de la estructura tipo cajón o bóveda en cuestión (generalmente losas con aleros o cajas de captación), equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.
- Obra de Salida: Representa el avance generado a la fecha en los armados y colados en obra de salida de la estructura tipo cajón o bóveda en cuestión (generalmente losas con aleros o cajas de captación), equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.

Para el caso de las obras de drenaje tipo tubo se han dividido en los siguientes campos:

- Excavación: Representa el avance generado a la fecha en la excavación de la estructura en cuestión, equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.
- Encamado: Representa el avance generado a la fecha en la colocación y compactación de material para encamado de la estructura tipo tubo en cuestión, equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.

- Tubo: Representa el avance generado a la fecha en la colocación de tubería de la estructura tipo tubo en cuestión, equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.
- Acostillado: Representa el avance generado a la fecha en la colocación y compactación de material para acostillado de la estructura tipo tubo en cuestión, equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.
- Obra de Entrada: Representa el avance generado a la fecha en los armados y colados en obra de entrada de la estructura tipo tubo en cuestión (generalmente muros cabeceros), equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.
- Obra de Salida: Representa el avance generado a la fecha en los armados y colados en obra de salida de la estructura tipo tubo en cuestión (generalmente muros cabeceros), equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.
- Relleno Inicial: Representa el avance generado a la fecha en la colocación y compactación de material de relleno inicial de la estructura tipo tubo en cuestión, equiparándolo con las cantidades marcadas en proyecto ejecutivo autorizado, expresado en porcentaje.

Con estos larguillos, se puede brindar un control interno de origen a la fecha del avance físico, económico y la comparativa con programa de obra de las 219 obras de drenaje y los 20 pasos superiores vehiculares de forma muy aproximada.

Es importante mencionar que la información introducida en el larguillo es obtenida de observaciones realizadas en campo expresadas de manera porcentual, por lo que la información brindada tiene fines informativos, no obstante, para revisar el avance generado durante el mes para la elaboración de la estimación mensual realizada por la supervisión se hace uso de los generadores correspondientes a cada estructura, actividad y material empleado, los cuales contienen la cantidad exacta ejecutada durante el período correspondiente a la estimación.

Para el caso de Viaductos, Túneles y Pasos Inferiores Vehiculares (PIV's) se ha considerado revisar su avance a través de los generadores correspondientes a cada estructura, esto debido a la gran diversidad en sus componentes particulares de cada uno (a diferencia de la similitud presente en los cajones de PSV's y OD's y en las OD's tipo tubo), lo cual evitaría tener un control interno distorsionado del avance físico y económico real proporcionado por los generadores.

Con los generadores de estas estructuras se obtienen las cantidades de excavaciones, concretos, cimbrados, aceros, etc. colocados en obra durante un determinado período para fines de estimación, otorgando con esto el monto a pagar durante el período respectivo.

PROINTEC Dpto Supervisión de obras		GRADO DE AVANCE ESTRUCTURAS MENORES PSVs											
Nombre del servicio:		Asistencia Técnica a la Concesionaria en la autopista de altas especificaciones Atzapán-Atzacmulco											
Descripción:		Grado de avance de PSV											
		CAPITULO PSVs							PSV 68	PSV 70	PSV 71	PSV 74	PSV 63
Unidad	Cantidad Total	Precio Unitario		Precio Unitario	Importe	% Econ. Concepto	Cantidad Total						
Volumen de excavación	m3	30,550.94	39.31	84.61	84.61	\$ 2,584,915.29	2.04%	603.92	5,495.00	988.00	1,006.00	2,913.00	
Concreto fcc100 kg/cm2	m3	350.39	1,335.13	1,335.13	1,335.13	\$ 467,821.54	0.37%	15.59		12.80	21.90	29.40	
Concreto fcc150 kg/cm2	m3	34.00	1,335.13	1,335.13	1,335.13	\$ 45,394.42	0.04%		34.00				
Concreto fcc200 kg/cm2	m3	18,030.06	2,991.28	1,869.66	1,869.66	\$ 33,710,072.63	26.64%	546.90	151.00	501.70	993.10	1,517.90	
Concreto fcc300 kg/cm2	m3	1,225.00	2,991.28	1,869.66	1,869.66	\$ 2,290,333.50	1.81%		1,225.00				
Acero de refuerzo	kg	1,815,794.50	24.13	24.13	24.13	\$ 36,576,121.29	28.91%	49,608.00	139,704.00	34,396.00	75,997.00	127,082.00	
Concreto estético	m3	7.75	3,725.51	3,731.13	3,731.13	\$ 0.00	0.00%	7.75	0.00	0.00	0.00	0.00	
Capa de relleno	m3	77.49	99.69	99.69	99.69	\$ 0.00	0.00%	77.49	0.00	0.00	0.00	0.00	
Capa de piedra	m3	1,094.08		194.50	0.00	\$ 0.00	0.00%	39.50	42.68	0.00	0.00	0.00	
Drenes de tubo	pza	333.30	339.62	74.14	0.00	\$ 0.00	0.00%	12.00	14.00	0.00	0.00	0.00	
Volumen de excavación	m3	12,660.60	39.31	84.61	84.61	\$ 1,071,213.37	0.85%						
Concreto fcc100 kg/cm2	m3	165.00	1,335.13	1,335.13	1,335.13	\$ 220,296.45	0.17%						
Concreto fcc200 kg/cm2	m3	12,529.90	2,991.28	1,869.66	1,869.66	\$ 23,426,652.83	18.52%						
Acero de refuerzo	kg	1,082,807.00	24.13	24.13	24.13	\$ 26,128,132.91	20.65%						
Concreto estético	m3	0.00	3,725.51	3,731.13	3,731.13	\$ 0.00	0.00%						
Capa de relleno	m3	0.00	99.69	99.69	99.69	\$ 0.00	0.00%						
Capa de piedra	m3	0.00		194.50	0.00	\$ 0.00	0.00%						
Drenes de tubo	pza	0.00	339.62	74.14	0.00	\$ 0.00	0.00%						
<b>TOTAL =</b>					<b>\$ 126,520,954.23</b>	<b>100.00%</b>	<b>2,291,466.69</b>	<b>6,454,036.05</b>	<b>1,868,668.25</b>	<b>3,804,923.96</b>	<b>6,190,167.33</b>		

Tramo 1	\$ 54,616,209.43
Tramo 2A	\$ 29,575,566.76
Tramo 2B	\$ 21,719,925.76
Tramo 3	\$ 20,609,262.27
<b>Total</b>	<b>\$ 126,520,954.22</b>

Tramo 1	\$ 12,926,156.87
Tramo 2A	\$ 3,899,494.89
Tramo 2B	\$ 34,563.00
Tramo 3	\$ 12,173,015.48
<b>Total</b>	<b>\$ 29,033,232.25</b>

Tramo 1	33.67%
Tramo 2A	13.18%
Tramo 2B	0.16%
Tramo 3	39.07%
<b>Total</b>	<b>22.95%</b>

OBSERVACIONES

---

Realizado por: \_\_\_\_\_ Revisado por: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

ESTRUCTURAS MENORES												
ESTRUCTURA	FRENTE	CADENAMIENTO	TIPO	Campo					Pograma CPVM			
				\$ Costo	% Peso	Avance Físico	Avance Financiero	% Peso	Avance Programado	Avance Financiero	% Peso	Desviación
<b>TRAMO III</b>												
PSV 68	3	79+920.05	CAJON	\$2,291,466.69	1.81%	100.00%	\$2,291,466.69	1.81%	100.00%	\$2,291,466.69	1.81%	0.00%
PSV 70	6	80+840	CAJON	\$6,454,036.05	5.10%	29.12%	\$1,879,511.46	1.49%	100.00%	\$6,454,036.05	5.10%	-70.88%
PSV 71	6	82+400	CAJON	\$1,868,668.25	1.48%	100.00%	\$1,868,668.25	1.48%	100.00%	\$1,868,668.25	1.48%	0.00%
PSV 74	1	85+472.508	CAJON	\$3,804,923.96	3.01%	84.80%	\$3,226,647.92	2.55%	100.00%	\$3,804,923.96	3.01%	-15.20%
PSV 69	7	96+643.07	CAJON	\$6,190,167.33	4.89%	46.96%	\$2,906,724.17	2.30%	100.00%	\$6,190,167.33	4.89%	-53.04%
<b>TRAMO I</b>												
PSV 11	1	624+856.517	BOVEDA	\$37,289,657.56	29.47%	0.00%	\$0.00	0.00%	100.00%	\$37,289,657.56	29.47%	-100.00%
PSV 16	1	728+346.78	BOVEDA	\$13,556,638.00	10.71%	67.54%	\$9,156,247.01	7.24%	100.00%	\$13,556,638.00	10.71%	-32.46%
PSV 5	2	533+139.898	CAJON	\$3,769,909.87	2.98%	100.00%	\$3,769,909.87	2.98%	100.00%	\$3,769,909.87	2.98%	0.00%
<b>TRAMO IIA</b>												
PSV 31	A	640+720	CAJON	\$2,889,342.48	2.28%	0.00%	\$0.00	0.00%	100.00%	\$2,889,342.48	2.28%	-100.00%
PSV 34	B	645+494.936	CAJON	\$3,262,570.67	2.58%	0.00%	\$0.00	0.00%	100.00%	\$3,262,570.67	2.58%	-100.00%
PSV 36	B	648+287.205	CAJON	\$4,282,445.65	3.38%	0.00%	\$0.00	0.00%	100.00%	\$4,282,445.65	3.38%	-100.00%
PSV 38	B	649+535.00	CAJON	\$2,990,984.93	2.36%	0.00%	\$0.00	0.00%	100.00%	\$2,990,984.93	2.36%	-100.00%
PSV 43	D	652+810.00	CAJON	\$2,151,506.44	1.70%	35.28%	\$759,076.51	0.60%	100.00%	\$2,151,506.44	1.70%	-64.72%
PSV 45	D	653+708.99	CAJON	\$2,238,196.61	1.77%	47.39%	\$1,060,720.00	0.84%	100.00%	\$2,238,196.61	1.77%	-52.61%
PSV 49	E	656+245.00	CAJON	\$3,738,555.00	2.95%	55.83%	\$2,079,698.36	1.64%	100.00%	\$3,738,555.00	2.95%	-44.37%
PSV 50	E	657+600.00	CAJON	\$8,021,964.99	6.34%	0.00%	\$0.00	0.00%	100.00%	\$8,021,964.99	6.34%	-100.00%
<b>TRAMO IIB</b>												
PSV 54	E	56+765.69	CAJON	\$7,778,186.43	6.15%	0.44%	\$34,562.00	0.03%	100.00%	\$7,778,186.43	6.15%	-99.56%
PSV 58	G	69+221.205	CAJON	\$2,029,836.96	1.60%	0.00%	\$0.00	0.00%	100.00%	\$2,029,836.96	1.60%	-100.00%
PSV 59	G	70+902.533	CAJON	\$2,273,939.16	1.80%	0.00%	\$0.00	0.00%	100.00%	\$2,273,939.16	1.80%	-100.00%
PSV 60	G	71+275.489	CAJON	\$9,637,957.23	7.62%	0.00%	\$0.00	0.00%	100.00%	\$9,637,957.23	7.62%	-100.00%
				<b>\$126,520,954.22</b>	<b>100.00%</b>		<b>\$29,033,232.25</b>	<b>22.95%</b>		<b>\$126,520,954.22</b>	<b>100.00%</b>	<b>-77.05%</b>

Ilustración 28 Larguillo de Pasos Superiores Vehiculares (PSV's) del tramo 1 y cuadro resumen de la troncal.

La estructura se considera como finalizada cuando cumple con las características de proyecto ejecutivo autorizado y es cuando se procede a realizar el informe final de la actividad constructiva en la estructura, este informe incluye verificaciones topográficas, verificaciones y vigilancias de calidad, volúmenes y secciones de excavación, planos de proyecto ejecutivo autorizado y si existió alguna modificación al proyecto en la estructura finalizada, también se incluye dicha modificación con los planos correspondientes y cambios en las cantidades de obra realizados, en el caso de las estructuras mayores se realizan informes mensuales de la actividad realizada durante el período.

<b>IPIMSA</b> Área de Gestión de Construcción	<b>NOMBRE DEL SERVICIO:</b> Asistencia Técnica a la Concesionaria en la autopista de altas especificaciones Atizapán- Atlacomulco	<b>TIPO DE INFORME</b> Contractual  T3-AC-7A	REV. N° 00 Fecha: Octubre 2017
	E.P.O.D 011 INFORME DE OBRAS DE DRENAJE CAD 78+584		

1. DATOS DE PARTIDA.
2. OBJETO DEL INFORME.
3. OBRAS DE DRENAJE FINALIZADAS REPORTADAS.
  - a. OBRA CON MODIFICACIÓN A PROYECTO.
4. VERIFICACIÓN TOPOGRÁFICA.
  - a. REVISIÓN DE CEROS DE TERRACERÍAS EN OBRA.
5. VERIFICACIÓN DE CALIDAD.
  - a. VIGILANCIA DOCUMENTADA DE CONCRETO EN OBRA.
  - b. VIGILANCIA DOCUMENTADA DE ACERO DE REFUERZO EN OBRA.
  - c. VIGILANCIA DOCUMENTADA DE CIMBRAS EN OBRA.
  - d. VIGILANCIA DOCUMENTADA DE PUNTALES EN OBRA.
6. VERIFICACIÓN DE VOLÚMENES.
7. SECCIONES DE EXCAVACIÓN.
8. ANEXOS.
  - a. PLANOS FIRMADOS CON AUTORIZACIÓN DE LA SCT.

*Ilustración 29 Índice del informe final de la obra de drenaje T3-AC-7A CAD 78+584, octubre 2017.*

## Seguimiento realizado a maquinaria en obra

Como parte de la supervisión constructiva de la autopista, se ha buscado llevar un control de la maquinaria puesta en campo de manera mensual, esto con el propósito de conocer que tan productivos están siendo los diversos frentes en los que se componen los 3 tramos de la autopista.

El seguimiento es realizado de forma diaria a través de tablas de control, las cuales informan los siguientes parámetros:

- Tipo de maquinaria utilizada.
- Cantidad de maquinaria empleada.
- Marca de la maquinaria empleada.
- Modelo de la maquinaria en uso.
- Ubicación de la maquinaria en el tramo.
- Estado en la que se encuentran (activas o inactivas).
- Observaciones que se tienen acerca de la maquinaria.

Maquinaria Tramo 3							
Fecha: 01/02/2018							
Maquinaria y equipo	Cantidad	Marca	Modelo	Ubicación	Área	Estado	Observaciones
Cargador frontal	1	Caterpillar	966H	Banco las ánimas	Terracerías	Activa	Carga de material de préstamo
Excavadora	1	Case	350	Banco las ánimas	Terracerías	Activa	Carga de material de préstamo
Excavadora	1	Case	350	84-200	Terracerías	Activa	Carga de material
Excavadora	1	Caterpillar	336	91-000	Terracerías	Activa	Carga de material
Excavadora	1	Caterpillar	336	91-600	Terracerías	Activa	Carga de material no compactable
Excavadora	1	Hyundai	380	Banco el yeache	Terracerías	Activa	Carga de material de préstamo
Excavadora	1	Caterpillar	336	86+500	Terracerías	Activa	Carga de material
Excavadora	1	Hyundai	330	88-240	Terracerías	Activa	Carga de material de corte desperdicio
Excavadora	1	Caterpillar	330	77-600	Terracerías	Activa	Carga de material
Excavadora	1	Caterpillar	330	77-800	Terracerías	Activa	Despalmé
Excavadora	1	JCB	J530	84-000	Terracerías	Inactiva	Llega a obra (motivo de la inactividad)
Hidrotrack	1	Ingersollrand	-	96-200	Terracerías	Activa	Barrenación en corte
Hidrotrack	1	Redtrack	345	91-300	Terracerías	Inactiva	Descompuesta
Motocofmadora	1	Caterpillar	120K	Taller	Terracerías	Inactiva	Descompuesta
Motocofmadora	1	Caterpillar	120K	88-240	Terracerías	Activa	Tendido de material de subyacente
Motocofmadora	1	Caterpillar	120K	96-800	Terracerías	Activa	Tendido de cuerpo de terraplén
Motocofmadora	1	Case	845B	88-240	Terracerías	Inactiva	Sin operador (motivo de la inactividad)
Motocofmadora	1	Case	865B	77-400	Terracerías	Activa	Rastreado caminos
Retroexcavadora	1	Caterpillar	420F	Varios tramos	Terracerías	Activa	Varias actividades.
Tractocompactor	1	Caterpillar	815F	96+900	Terracerías	Activa	Tendiendo cuerpo de terraplén
Tractor	1	Caterpillar	D8	77-400	Terracerías	Activa	Corte y terraplén
Tractor	1	Caterpillar	D8	91-660	Terracerías	Activa	Cuerpo de terraplén
Tractor	1	Caterpillar	D8	86+500	Terracerías	Activa	Corte y abundamiento
Tractor	1	Caterpillar	D6	Banco ocoatl	Terracerías	Activa	Tendido de material de desperdicio
Tractor	1	Caterpillar	D8	96-460	Terracerías	Activa	Tendiendo cuerpo de terraplén
Tractor	1	Caterpillar	D8	Banco las ánimas	Terracerías	Activa	Corte de material de préstamo
Tractor	1	Caterpillar	D6	-	Terracerías	Activa	Tendido de material de desperdicio
Tractor	1	Caterpillar	D8	95+900	Terracerías	Activa	Tendido de cuerpo de terraplén
Tractor	1	Caterpillar	D6	77-400	Terracerías	Activa	Tendido de cuerpo de terraplén
Tractor	1	Caterpillar	D6	96-800	Terracerías	Activa	Tendido de cuerpo de terraplén
Vibrocompactador	1	Amann	-	96-800	Terracerías	Activa	Compactación de terrapien
Vibrocompactador	1	Case	SV211	88-240	Terracerías	Activa	Compactación de subyacente
Vibrocompactador	1	Case	SV21135	96-800	Terracerías	Activa	Compactación de terrapien
Vibrocompactador	1	Caterpillar	C553E	77-400	Terracerías	Activa	Rastreado caminos
Excavadora	1	Hyundai	210	89-102	Obras de Drenaje	Inactiva	Parada sin actividades
Excavadora	1	Caterpillar	320 C1	97-100	Obras de Drenaje	Activa	Obras de drenaje
Excavadora	1	Caterpillar	320 C	97-000	Obras de Drenaje	Inactiva	Parada sin actividades
Excavadora	1	Caterpillar	320 C	96-620	Obras de Drenaje	Activa	Varias actividades.
Vibrocompactador	1	Ingersollrand	400	96-460	Obras de Drenaje	Activa	Compactación en apaches
Retroexcavadora	1	Caterpillar	416	93-833	Obras de Drenaje	Inactiva	Descompuesta
Retroexcavadora	1	Case	580L	96-460	Obras de Drenaje	Activa	Movimiento de material para aparche
Retroexcavadora	1	Komatsu	-	88-740	Obras de Drenaje	Activa	Varias actividades.
Retroexcavadora	1	Jhon Deere	310	96-460	Obras de Drenaje	Activa	Vacaciones
Retroexcavadora	1	Caterpillar	416E	96-833	Obras de Drenaje	Activa	Varias actividades.
Compactador RD-25	1	Wacker	-	96-833	Obras de Drenaje	Activa	Compactación de aparche
Grúa de 20 ton.	1	Austin Western	-	96-620	Obras de Drenaje	Inactiva	Colocación de tubos (última actividad realizada)

RESUMEN DE MAQUINARIA			
MAQUINARIA	TOTAL	ACTIVA	INACTIVA
Cargador frontal	1	1	0
Compactador PR-8	0	0	0
Compactador RD-25	1	1	0
Excavadora	14	11	3
Grúa de 20 ton.	1	0	1
Hidrotrack	2	1	1
Motocofmadora	5	3	2
Retroexcavadora	6	5	1
Tractocompactor	1	1	0
Tractor	10	10	0
Vibrocompactador	5	5	0
<b>TOTALES</b>	<b>46</b>	<b>38</b>	<b>8</b>

Ilustración 30 Tablas diarias de estado de maquinaria, 1 de febrero de 2018.

Con esta información se presenta un informe de tipo mensual cuyo principal propósito es conocer el aprovechamiento de la maquinaria en el campo, esto a través de gráficos que muestran la frecuencia con la que se encuentran activas en los tres tramos de los que está compuesta la troncal de la autopista, esto durante el período correspondiente.

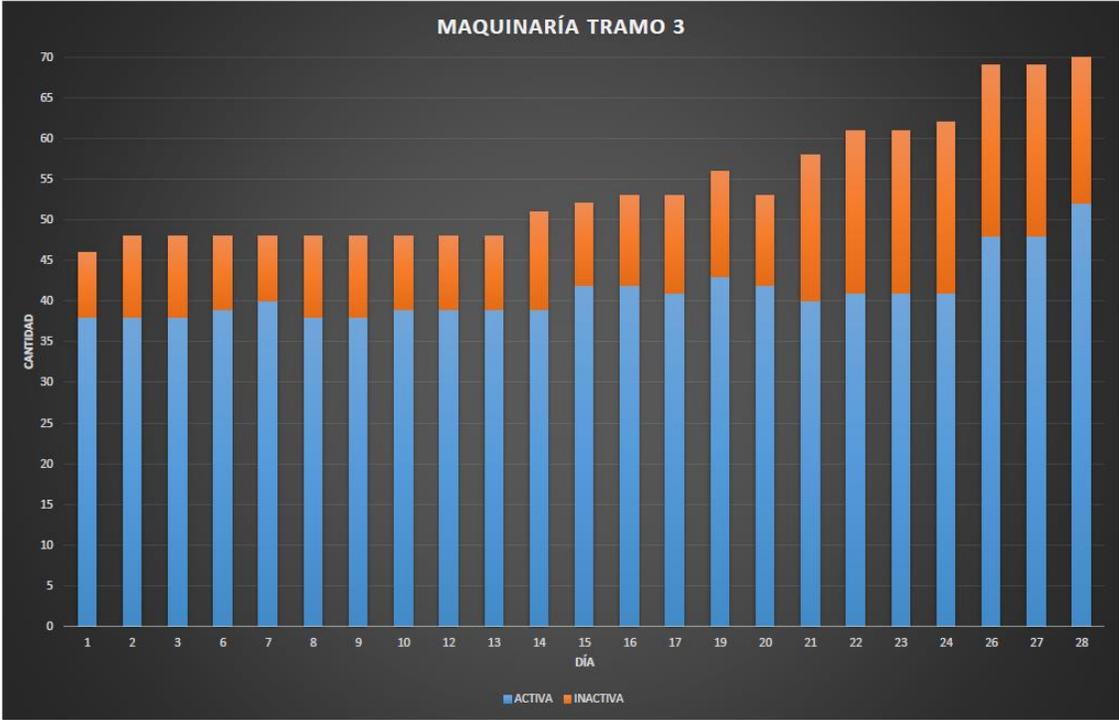


Gráfico 1 Maquinaria activa e inactiva en el tramo 3, febrero 2018.

Finalmente se generan tablas de actividad global de la maquinaria empleada en el campo, esto con el fin de ilustrar de forma gráfica la cantidad de actividad realizada durante el mes en el tramo correspondiente, esto también refleja la existencia de posibles inconvenientes durante la ejecución de los trabajos de la autopista, principalmente por cuestiones sociales y/o ambientales llevando con ello un registro de la actividad en la troncal de la autopista.

MAQUINARIA TOTAL Y ACTIVA TRAMO 3

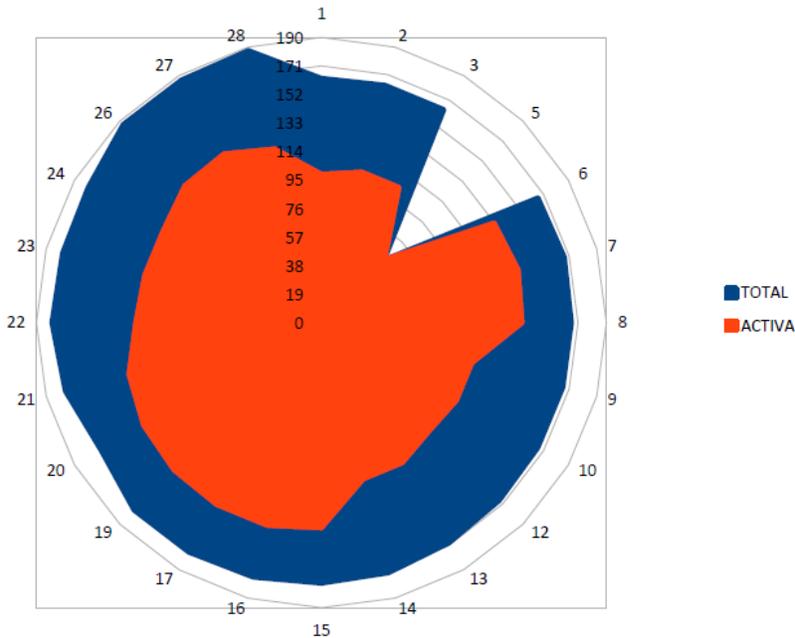


Gráfico 2 Maquinaria total y activa en la troncal de la autopista, febrero 2018.

**Conclusiones**

Durante la labor de supervisión de la autopista, se han realizado labores de seguimiento a proyecto, siendo mencionados en este informe los seguimientos a estructuras, actividad y adecuaciones en obra principalmente.

Sin embargo, existen dentro del proceso de supervisión algunas otras áreas fundamentales para el desarrollo de una adecuada supervisión, como lo es el departamento de calidad, encargado de revisar que las obras cumplan con lo solicitado por normativas vigentes, el departamento encargado de calendarios de obra, que permite llevar un control del tiempo de ejecución de obra y el departamento de topografía que es el encargado de supervisar la correcta ubicación y alineación de las estructuras, juntos todos los departamentos permiten dar un seguimiento integro al proyecto en todas sus etapas constructivas, especialmente en el caso de un proyecto carretero de este tipo en el que se requiere tener una supervisión adecuada debido a la longitud del mismo.

Con ello, en el presente informe se hizo notar la importancia del seguimiento durante las labores de supervisión para evaluar y revisar los posibles impactos técnicos, económicos e incluso sociales que se generan en los proyectos de esta índole,

resolviendo de una forma óptima las circunstancias no proyectadas adecuadamente o mejorando las condiciones proyectadas para un mejor desempeño de las obras, en forma general, se puede concluir que una buena labor de supervisión va estrechamente ligada con el seguimiento que se le otorgue al proyecto y con la comunicación que tengan los departamentos internos y externos a la supervisión.

## **Bibliografía y referencias**

- Fuerte ingenieros consultores, S.A. de C.V. (2016). Subtramo: Km 86+000 a km 99+000. En Estudio geotécnico de terracerías de la obra autopista Atizapán Atlacomulco, Tramo: Ent. Ixtlahuaca – Ent. Atlacomulco (pp.1-48). Ciudad de México.
- Fuerte ingenieros consultores, S.A. de C.V. (2015). Subtramo: Km 75+500 a km 80+000. En Estudio geotécnico de terracerías de la obra autopista Atizapán Atlacomulco, Tramo: Ent. Ixtlahuaca – Ent. Atlacomulco (pp.1-53). Ciudad de México.
- Fuerte ingenieros consultores, S.A. de C.V. (2015). Estructura E79 Viaducto “El salto” km 91+874.00. En Estudio geotécnico para estructuras de la obra autopista Atizapán Atlacomulco (pp.1-36). Ciudad de México.
- SENERMEX Ingeniería y sistemas, S.A. de C.V. (2014). Presentación Atizapán-Atlacomulco V2. En Comparativa técnica (pp.1-14). Ciudad de México.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2004). Materiales para obras de drenaje y subdrenaje. En CMT. Características de los Materiales (pp.1-14). Ciudad de México.
- Tubocreto de Morelos, S.A. de C.V. (2014). Manual de Instalación para tubería de concreto (pp.1-28). Ciudad de México.
- Tubocreto de Morelos, S.A. de C.V. (2014). Cálculo OD 595+787 y 596+812 (pp.1-2). Ciudad de México.
- MEXTYPSA Ingeniero consultores y arquitectos, S.A. de C.V. (2017). Revisión de la estabilidad del talud existente entre las columnas 4 y 5, del viaducto “El salto”, pertenecientes a la autopista Atizapán-Atlacomulco (pp.1-30).
- MEXTYPSA Ingeniero consultores y arquitectos, S.A. de C.V. (2017). Memoria de cálculo de la adecuación en la cimentación de pila eje 4 viaducto “El salto” (pp.1-39)
- Constructora de Proyectos Viales de México, S.A. de C.V. (2017). Boletín 67, ajustes en cimentación del apoyo C4 del viaducto “El salto” km 91+857 (pp.1-10).

- Constructora de Proyectos Viales de México, S.A. de C.V. (2017). Boletín 13, mejoramiento del desplante de cimentación de la obra de drenaje en el km. 598+061.21 (598+056.63) (pp.1-5).
- Constructora de Proyectos Viales de México, S.A. de C.V. (2017). Boletín 32, detalle de filtro y drenes para protección de muros (pp.1).
- Constructora de Proyectos Viales de México, S.A. de C.V. (2017). Boletín 45, ajuste en la clase de tubería para las obras de drenaje (pp.1).
- Ingeniería de Proyectos e Infraestructuras Mexicanas, S.A. de C.V. (2018). Informe de maquinaria, febrero 2018 (pp.1-82).
- Ingeniería de Proyectos e Infraestructuras Mexicanas, S.A. de C.V. (2017). E.P.O.D 011 Informe de obras de drenaje CAD 78+584 (pp.1-36).
- Ingeniería de Proyectos e Infraestructuras Mexicanas, S.A. de C.V. (2018). E.P.I 026 Carpeta de informe mensual (Enero) (pp.1-107).
- Ingeniería de Proyectos e Infraestructuras Mexicanas, S.A. de C.V. (2018). Informe semanal del 02 al 08 de marzo (pp.1-7).
- Ingeniería de Proyectos e Infraestructuras Mexicanas, S.A. de C.V. (2017). E.P.I 005, Mayo 2017 (pp.1-43).