



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

COLEGIO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA

**“La importancia del control altimétrico para el monitoreo de la
construcción de un Túnel Bitubo, tren interurbano
México-Toluca”**

TESIS

Que para obtener el grado de:

Licenciado en Ingeniería Topográfica y Geodésica

Presenta:

Pedro Díaz Ocotlán

Asesor:

Mtro. Máximo Ávila Cruz

Índice

ÍNDICE	2
ÍNDICE DE IMÁGENES	3
ÍNDICE DE TABLAS	4
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 1. LOS FERROCARRILES	7
1.1 HISTORIA DEL FERROCARRIL MEXICANO.....	7
1.2 PRINCIPALES LÍNEAS FERROVIARIAS	9
1.3 PANORAMA DE LA SITUACIÓN EN MÉXICO.....	16
1.4 CONTEXTO GENERAL.....	19
1.5 LOS FERROCARRILES EN LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES	20
1.6 LA DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO FERROVIARIO Y MULTIMODAL	21
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	23
2.1 ANTECEDENTES TÉCNICOS DEL PROYECTO.....	23
2.2 PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS DEL PROYECTO	28
2.3 DIMENSIONAMIENTO.....	29
2.4 DESCRIPCIÓN DE OBRAS	31
2.5 OBRAS ASOCIADAS.....	36
2.6 SUPERFICIE A DESMONTAR	40
CAPÍTULO 3. EJECUCIÓN DEL PROYECTO	42
3.1 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS ALTIMÉTRICOS	42
3.2 NIVELACIÓN DIFERENCIAL	45
3.3 SECCIÓN 1 (S1), PLANTEL CONALEP EL ZARCO.	51
3.4 SECCIÓN 2 (S2), ATLIBURROS.....	58
3.5 SECCIÓN 3 (S3), CRUZ BLANCA.....	64
CAPÍTULO 4. ETAPA FINAL	69
4.1 URBANIZACIÓN.....	69
4.2 ÁREAS PROTEGIDAS.....	69
4.3 OBRAS INDUCIDAS COMUNES	70
4.4 OBRAS INDUCIDAS ESPECIALES	71
4.5 OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	71
4.6 CAMINOS DE ACCESO	75
4.7 CORTES.....	76
4.8 ACARREOS	77
4.9 TERRAPLENES	78
4.10 PORTAL ORIENTE - MÉXICO.	78
4.11 PORTAL PONIENTE - TOLUCA.	81

4.12 FRECUENCIA DE MEDICIÓN.....	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....	85

Índice de Imágenes

IMAGEN 1. FERROCARRIL DEL ISTMO.....	7
IMAGEN 2. FERROCARRIL NACIONAL DOS RÍOS.....	11
IMAGEN 3. LOCOMOTORA 7025	14
IMAGEN 4. DIAGRAMA FERROCARRIL - AUTOTRANSPORTE.....	19
IMAGEN 5. TRAZO DEL TREN INTERURBANO TOLUCA-MÉXICO.....	25
IMAGEN 6. VISTA PLANTA TRAZO GENERAL.....	26
IMAGEN 7. CARTA TOPOGRÁFICA PARA LOCALIZACIÓN.	27
IMAGEN 8. PERFIL GENERAL.....	32
IMAGEN 9. SECCIONES DE PROYECTO.....	35
IMAGEN 10. DIAGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN.....	36
IMAGEN 11. SITIOS DE EMPLAZAMIENTO POR COLUMNAS.....	39
IMAGEN 12. AFECTACIÓN PERMANENTE.....	40
IMAGEN 13. NIVEL TOPOGRÁFICO NAK-2.	43
IMAGEN 14. REFERENCIA TOPOGRÁFICA.	44
IMAGEN 15. REFERENCIA EN EDIFICACIÓN.	45
IMAGEN 16. ESQUEMA DE HITO DE NIVELACIÓN.....	46
IMAGEN 17. NIVELACIÓN DIFERENCIAL.....	47
IMAGEN 18. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.....	48
IMAGEN 19. UBICACIÓN DE REFERENCIAS.....	52
IMAGEN 20. CONTROL ALTIMÉTRICO.....	54
IMAGEN 21. ASENTAMIENTO ACUMULADO EN REFERENCIAS DE LA ESTRUCTURA 1 EN LA S1.....	54
IMAGEN 22. ASENTAMIENTO ACUMULADO EN REFERENCIAS DE FUENTE Y CAFETERÍA EN LA S1.	55
IMAGEN 23. ASENTAMIENTOS EN LOS PUNTOS DE LIGA (PL) EN LA S1.....	55
IMAGEN 24. ASENTAMIENTOS EN REFERENCIAS EN LAS AULAS A, B Y C EN LA S1.	56
IMAGEN 25. ASENTAMIENTOS EN REFERENCIAS EN LAS AULAS D Y F EN LA S1.	56
IMAGEN 26. REFERENCIAS EN ALTIBURROS.....	58
IMAGEN 27. NIVELACIÓN DE PIJAS EN S2.....	59
IMAGEN 28. CONTROL ALTIMÉTRICO CON REFERENCIA.....	61
IMAGEN 29. CONTROL ALTIMÉTRICO EN CAMPO.	61
IMAGEN 30. ASENTAMIENTOS EN REFERENCIAS DE ESTRUCTURAS 5, 6, 8, 19 Y 20.....	62
IMAGEN 31. ASENTAMIENTOS EN REFERENCIAS DE ESTRUCTURAS 1 A 4, 7, 15 A 17 Y 27.....	63
IMAGEN 32. ASENTAMIENTOS EN REFERENCIAS DE ESTRUCTURAS 10 A 14, 21 A 26 Y 30.....	63
IMAGEN 33. REFERENCIAS TOPOGRÁFICAS EN S3.....	65

IMAGEN 34. NIVELACIÓN EN S3.	66
IMAGEN 35. ASENTAMIENTOS DE REFERENCIAS TOPOGRÁFICAS ESTRUCTURAS 4 Y 7.	67
IMAGEN 36. ASENTAMIENTOS DE REFERENCIAS TOPOGRÁFICAS 1, 2, 3, 5 Y 6.....	67
IMAGEN 37. ASENTAMIENTOS DE REFERENCIAS TOPOGRÁFICAS 10, 11, 12 Y 13.	68
IMAGEN 38. ESTRUCTURA PROVISIONAL DE OBRA.	73
IMAGEN 39. CAMINOS EXISTENTES CERCANOS AL PORTAL.	76
IMAGEN 40. ORTOFOTO CON LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS EN SECCIÓN S3 Y PORTAL ORIENTE.	79
IMAGEN 41. CONTROL ALTIMÉTRICO EN BERMAS DE PORTAL ORIENTE	80
IMAGEN 42. ASENTAMIENTOS EN PORTAL ORIENTE.	81
IMAGEN 43. ORTOFOTO CON LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS EN SECCIÓN INSTRUMENTADA PORTAL PONIENTE.....	82
IMAGEN 44. ASENTAMIENTOS DE NIVELACIÓN EN PORTAL PONIENTE.	83

Índice de Tablas

TABLA 1. ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PROYECTO.....	26
TABLA 2. PUNTOS DE INFLEXIÓN DEL PROYECTO.	29
TABLA 3. SUPERFICIES REQUERIDAS DEL PROYECTO.....	30
TABLA 4. CAPACIDAD INSTALADA.....	30
TABLA 5. ESTACIONES DEL PROYECTO.....	31
TABLA 6. ESTRUCTURAS PROYECTADAS.....	33
TABLA 7. DISTRIBUCIÓN DE LAS SUBCUENCAS.	38
TABLA 8. INDIVIDUOS VEGETALES POR ESPECIE.....	41
TABLA 9. PRECISIONES PARA NIVELACIÓN DIFERENCIAL	45
TABLA 10. LÍMITES DE CONTROL PARA INMUEBLES.	51
TABLA 11. COTA BANCO DE NIVEL CONALEP.	52
TABLA 12. COORDENADAS ACTUALES DEFINITIVAS.....	53
TABLA 13. COORDENADAS ACTUALES DE S2.....	60
TABLA 14. COORDENADAS ACTUALES EN S3.....	66
TABLA 15. ÁREAS PROTEGIDAS.	70
TABLA 16. FRECUENCIA DE MEDICIÓN.....	83

Introducción

El proyecto consiste en la construcción de un sistema ferroviario destinado al traslado de personas. Inicia en el municipio de Zinacantepec, Estado de México, y termina en la Delegación Álvaro Obregón del Distrito Federal, con una longitud de 58.363 Km. Tratándose de un servicio público de pasajeros se contará con instalaciones de ascenso y descenso de pasajeros, además de instalaciones para el resguardo y mantenimiento del material rodante.

La Zona Metropolitana del Valle de México ha crecido en los últimos años, por lo que la movilidad que existe actualmente entre estas entidades ha presentado constantes cambios, en cuanto a servicio público y conectividad en horas pico genera tiempos de recorrido elevados. Derivado de los estudios de demanda se obtuvo la ubicación de las estaciones de ascenso y descenso, y correspondencia con el sistema de transporte colectivo metro del CETRAM Observatorio, de esta manera se optimiza el traslado de personas ofreciendo un nuevo esquema de transporte público masivo.

Los primeros kilómetros del trazo se encuentran dentro del Estado de México, donde es paralelo a una vialidad primaria en zona urbana, y a su vez se encuentra dentro del derecho de vía de una línea de transmisión de electricidad (aérea) perteneciente a la Comisión Federal de Electricidad. Para el caso del Distrito Federal se tiene tramos paralelos a carretera México-Toluca hasta llegar a zona urbana sobre vialidades primarias y secundarias, terminando en el CETRAM Observatorio (metro observatorio).

El proyecto “TREN TOLUCA-VALLE DE MÉXICO” tiene como objetivo principal ofrecer un servicio seguro y eficiente. Asimismo, el presente estudio se realiza con la intención de poder realizar la identificación temprana de todos aquellos impactos benéficos o adversos que eventualmente puedan alterar las condiciones ambientales de la región en que se desarrolla, a fin de que puedan ser evitados, prevenidos o mitigados oportuna y adecuadamente. En éste contexto, entre los principales objetivos de la construcción del proyecto destacan:

- Identificar los impactos ambientales que podrían presentarse a lo largo y durante las actividades y obras necesarias para la construcción del proyecto.
- Mejorar el tiempo de traslado de los usuarios desarrollando un transporte público seguro y eficiente, y la reducción de externalidades asociadas como los accidentes viales.
- Disminuir la concentración de elementos contaminantes en la atmósfera de las zonas urbanas que comunica ya que contará con un sistema eléctrico para su operación motriz. Ayudar a mejorar las condiciones económicas y de comunicación entre las poblaciones cercanas al proyecto, ofreciendo un sistema de mayor seguridad, eficiencia y comodidad.

Es importante mencionar que el primer benefactor del proyecto será el medio ambiente debido a que a partir de sus recursos se podrá implementar programas de restauración ecológica en zonas de gran importancia ambiental y que actualmente se encuentran deterioradas. Asimismo, el funcionamiento de este sistema de transporte reducirá la necesidad de incidencia de gran cantidad de autobuses y automóviles entre la ciudad de México y Toluca, lo que se verá reflejado en una reducción de las emisiones atmosféricas, disminución en la contaminación por ruido derivada de la circulación de los mismos y mayor seguridad vial.

Capítulo 1. Los Ferrocarriles

1.1 Historia del Ferrocarril Mexicano

La historia del ferrocarril mexicano se remonta a los primeros tiempos de México, cuando se comienza a formar como una nación y a marcarse quienes llevarían las riendas. El trazo de las vías férreas conduce por diversos lugares de la nación que, al correr de los años han sido, las mismas vías, testigos de importantes acontecimientos, cuyo conjunto define el perfil actual de la nación. Cada sitio por el que cruza habla de un pasado en ocasiones lejano, que revela la identidad de un país.

La primera línea ferroviaria en México fue la del Ferrocarril Mexicano, de capital inglés, de la Ciudad de México a Veracruz, vía Orizaba y con un ramal de Apizaco a Puebla. Fue inaugurada, en toda su extensión, por el presidente Sebastián Lerdo de Tejada, en enero de 1873. Al finalizar 1876, la longitud de las líneas férreas llegaba a 679.8 Km.



Imagen 1. Ferrocarril del Istmo

Durante el primer período de gobierno del presidente Porfirio Díaz (1876-1880) se promueve la construcción ferroviaria por medio de concesiones a los gobiernos de los estados y a particulares mexicanos, además de las administradas en forma directa por el Estado. Bajo concesión a los gobiernos de los estados se construyeron las líneas de Celaya-León, Omestuco-Tulancingo, Zacatecas-Guadalupe, Alvarado-Veracruz, Puebla- Izúcar de Matamoros y Mérida-Peto. Bajo concesión a particulares mexicanos destacan las líneas del Ferrocarril de Hidalgo y las líneas de Yucatán. Por administración directa del Estado, el Ferrocarril Nacional Esperanza-Tehuacan, el Ferrocarril Nacional Puebla-San Sebastián Texmelucan y el Ferrocarril Nacional de Tehuantepec. Más tarde, la mayoría de estas líneas formarían parte de los grandes ferrocarriles de capital extranjero, o se unirían a los Ferrocarriles Nacionales de México en un período posterior.

En 1880 se otorgan tres importantes concesiones ferroviarias a inversionistas norteamericanos, con toda clase de facilidades para la construcción e importación de material y equipo rodante, que dieron origen al Ferrocarril Central, al Ferrocarril Nacional y al Ferrocarril Internacional. Al concluir el primer período de gobierno del General Díaz, en 1880, la red de vías férreas de jurisdicción federal contaba con 1,073.5 Km. de vía.

Posteriormente, durante los cuatro años de gobierno de Manuel González se agregaron a la red 4,658 Km. El Central concluyó su tramo hasta Nuevo Laredo en 1884 y el Nacional avanzó en sus tramos del norte al centro y viceversa. En ese año la red contaba con 5,731 Km. de vía.

El retorno de Porfirio Díaz y su permanencia en el poder de 1884 a 1910 consolidaron la expansión ferroviaria y las facilidades a la inversión extranjera. En 1890 se constituía el sistema ferroviario por una longitud de 9,544 Km. de vía; 13,615 Km. en 1900; y 19,280 Km. en 1910. Lo cual demuestra la necesidad de crecimiento que se tenía en estas épocas.

1.2 Principales Líneas Ferroviarias

En México las líneas sugieren una cobertura de los corredores económicos más activos, pero también obedecen a la necesidad de comunicar el extenso territorio mexicano, las principales ciudades. Con las principales líneas del ferrocarril en México se recorría la extensión del territorio y recorriendo también por los grandes sucesos y eventos que forjarían el México de hoy y la situación actual del ferrocarril en México.

- Ferrocarril Central, de capital norteamericano. Concesión otorgada a la compañía bostoniana Achison, Topeka, Santa Fe. Línea entre la Ciudad de México y Ciudad Juárez (Paso del Norte). Inaugurada en 1884 con un ramal al Pacífico por Guadalajara y otro al puerto de Tampico por San Luís Potosí. El primer ramal se inauguró en 1888 y el segundo en 1890.
- Ferrocarril de Sonora, de capital norteamericano. En funciones desde 1881, concesionado a la Achison, Topeka, Santa Fe. Línea de Hermosillo a Nogales, frontera con Arizona.
- Ferrocarril Nacional, de capital norteamericano, de la Ciudad de México a Nuevo Laredo. Inaugurada su línea troncal en 1888. Posteriormente con la compra del Ferrocarril Michoacano del Sur, se extendió hasta Apatzingán y por el norte se vinculó con Matamoros. Quedó concluido en su totalidad en 1898.
- Internacional, de capital norteamericano. Línea de Piedras Negras a Durango, a donde llegó en 1892. En 1902 tendió un ramal a Tepehuanes.
- Interoceánico, de capital inglés. Línea de la Ciudad de México a Veracruz, vía Jalapa. Con ramal a Izúcar de Matamoros y Puente de Ixtla.

- Ferrocarril Mexicano del Sur, concesionado a nacionales, finalmente fue construido con capital inglés. Línea que va de la ciudad de Puebla a Oaxaca, pasando por Tehuacán. Fue inaugurada en 1892. En 1899 compró el ramal de Tehuacán a Esperanza del Ferrocarril Mexicano.
- Ferrocarril de Occidente, de capital inglés. Línea del Puerto de Altata a Culiacán en el estado de Sinaloa.
- Ferrocarril Kansas City, México y Oriente, de capital norteamericano. Derechos comprados a Alberto K. Owen en 1899. Línea de Topolobampo a Kansas City que sólo logró consolidar el trayecto de Ojinaga a Topolobampo, con la construcción por la S.C.O.P. del Ferrocarril Chihuahua-Pacífico de 1940 a 1961.
- Ferrocarril Nacional de Tehuantepec del puerto de Salina Cruz en el Océano Pacífico a Puerto México (Coatzacoalcos) en el Golfo de México. Inicialmente de capital estatal, en 1894 se responsabiliza de su construcción la firma inglesa Stanhope, Hamposon y Crothell, con malos resultados. En 1889 se encarga de su reconstrucción la Pearson and Son Ltd. Esta misma compañía se asocia en 1902 con el gobierno mexicano para la explotación del ferrocarril. En 1917 se rescinde el contrato a la Pearson y el gobierno toma a su cargo la línea, anexada a los Ferrocarriles Nacionales de México en 1924.
- Ferrocarril Mexicano del Pacífico, de capital norteamericano. Línea de Guadalajara a Manzanillo pasando por Colima. Fue concluida en 1909.
- Ferrocarril Sud-Pacífico, del grupo norteamericano Southern Pacific. Producto de la unidad de varias líneas. Parte de Empalme, Sonora, y llega a Mazatlán en 1909. Finalmente la línea llega a Guadalajara en 1927.

- Ferrocarriles Unidos de Yucatán, financiado por empresarios locales. Se integraron en 1902 con los diversos ferrocarriles existentes en la península. Permanecieron aislados del resto de las líneas férreas hasta 1958, con el ensanchamiento del ramal Mérida a Campeche y su conexión con el Ferrocarril del Sureste.
- Ferrocarril Panamericano, inicialmente de capital norteamericano y del gobierno de México por partes iguales. Unió la frontera con Guatemala, en Tapachula y San Jerónimo, con el Nacional de Tehuantepec pasando por Tonalá. Se terminó de construir en 1908.
- Ferrocarril Noroeste de México, en operación en 1910. De Ciudad Juárez a La Junta en el estado de Chihuahua. Posteriormente integrado al Chihuahua- Pacífico.

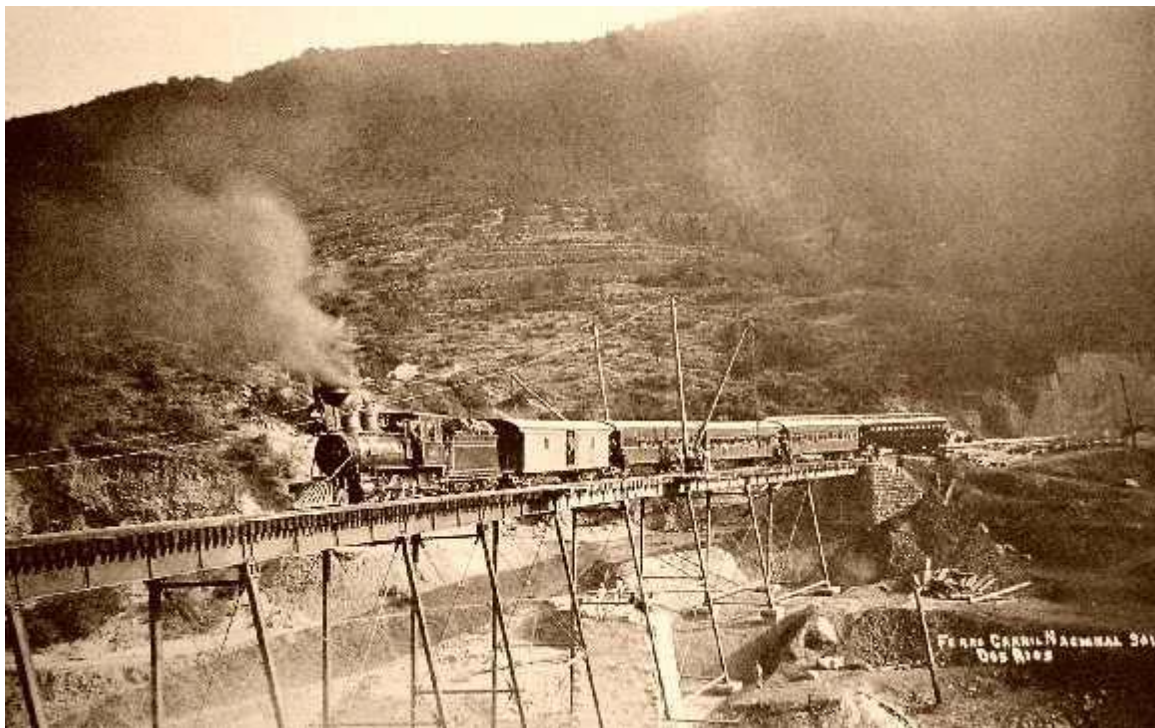


Imagen 2. Ferrocarril Nacional Dos Ríos

Quedando pendientes del tendido ferroviario el sureste mexicano, parte de la zona centro del Pacífico, la península de Baja California, la Sierra de Chihuahua, parte de Sonora y regiones específicas en cada uno de los estados. En 1908 nacen los Ferrocarriles Nacionales de México con la fusión del Central, el Nacional y el Internacional (junto con varios ferrocarriles pequeños que le pertenecían: Hidalgo, Noroeste, Coahuila y Pacífico, Mexicano del Pacífico). Los Nacionales de México contaban en total con 11,117 Km. de vías férreas en territorio nacional. En la época de la revolución el tendido ferroviario sufrió grandes golpes, se buscaba limitar el avance de tropas enemigas de ambos frentes sabotando las líneas ferroviarias.

En 1910 estalla la Revolución Mexicana peleada sobre rieles. Durante el gobierno de Francisco I. Madero la red aumenta 340 Km. Para 1917 se habían agregado a la red de los Nacionales de México los tramos Tampico-El Higo (14.5 Km.), Cañitas-Durango (147 Km.), Saltillo al Oriente (17 Km.) y Acatlán a Juárez-Chavela (15 Km.). En 1918 la red ferroviaria de jurisdicción federal sumaba 20,832 Km. Los estados, por su parte, contaban con 4,840 Km. En 1919 la red federal había aumentado a 20,871 Km. Entre 1914 y 1925 se construyeron 639.2 Km. más de vías, fueron levantados 238.7 Km., rectificadas algunos trazos y diseñadas nuevas rutas.

En 1926 los Nacionales de México fueron devueltos a sus antiguos propietarios, y se creó la Comisión de Eficiencia de Tarifas y Valuadoras de Daños. Los accionistas privados recibieron la red de los Nacionales con 778 Km. más de vías.

En 1929 se constituye el Comité Reorganizador de los Ferrocarriles Nacionales presidido por Plutarco Elías Calles. En ese tiempo se inicia la construcción del Ferrocarril Sub-Pacífico que unió a Nogales, Hermosillo, Guaymas, Mazatlán, Tepic y Guadalajara. Además se avanzó en la línea que cubriría los estados de Sonora, Sinaloa y Chihuahua.

Al iniciar los años treinta el país contaba con 23,345 Km. de vías. En 1934, con la llegada de Lázaro Cárdenas a la presidencia de la república, se inicia una nueva etapa de participación del Estado en el desarrollo ferroviario, que incluyó la creación en ese mismo año de la empresa Líneas Férreas S.A., con el objetivo de adquirir, construir y explotar toda clase de líneas férreas y administrar los ferrocarriles Nacional de Tehuantepec, Veracruz-Alvarado y dos líneas cortas.

En 1936 se crea la Dirección General de Construcción de Ferrocarriles, encargada de establecer nuevas líneas férreas, y en 1937 se expropiaron los Ferrocarriles Nacionales de México por considerarlos empresa de utilidad pública.

El ánimo constructor por dotar al país de una red férrea integral, que incluyera por ejemplo zonas cuya importancia económica fue posterior al tendido inicial, continuó en las décadas siguientes. De 1939 a 1951 la construcción de nuevas vías férreas a cargo de la federación fue de 1,026 Km., y el gobierno adquirió, además, el Ferrocarril Mexicano, que pasó a ser una institución pública descentralizada.

En los años cuarenta y cincuenta se hicieron importantes trabajos de ensanchamientos de vías, rectificación de trazos y modernización de telecomunicaciones, especialmente en la línea México-Nuevo Laredo.

En 1957 se inaugura el Ferrocarril Campeche-Mérida y se construyen los tramos Izamal- Tunkás como parte de los Unidos de Yucatán, y Achotal Medias Aguas para solucionar el tráfico de Veracruz al Istmo. En ese mismo año se reanudan las obras del Ferrocarril Michoacán al Pacífico, partiendo de Coróndiro rumbo al puerto de Pichi, cerca de Las Truchas. Además se concluye el ramal San Carlos-Ciudad Acuña que incorpora a esa ciudad fronteriza en Coahuila a la red nacional.

En 1960 el Ferrocarril Mexicano se incorpora a los Nacionales de México. En 1964 existen en el país diez entidades administrativas diferentes en los ferrocarriles. La longitud de la red alcanza 23,619 Km., de los cuales 16,589 pertenecen a los Nacionales de México.

Parte de la colección del Museo del Ferrocarril de la Ciudad de Puebla, se conforma de trenes importantes para la historia de México, así se aprecia la locomotora 7025 de Nacionales de México, ahora situada en el mencionado Museo de la Ciudad de Puebla.



Imagen 3. Locomotora 7025

En 1965 la federación se hace cargo del Ferrocarril de Nacozari. En 1968 se crea la Comisión Coordinadora del Transporte y se sientan las bases para la unificación ferroviaria nacional. En agosto de ese año se fusionaron el Ferrocarril del Sureste y los Unidos de Yucatán.

En febrero de 1970 se entregaba a los Nacionales de México la línea de Coahuila a Zacatecas, y en junio adquiere la línea del Ferrocarril Tijuana-Tecate, con lo que se culmina la nacionalización de las líneas férreas en México, proceso iniciado como ya se dijo a principios de siglo. También en ese año se moderniza la vía y se corrigen los trazos de la capital a Cuautla y a San Luís Potosí, además de la línea a Nuevo Laredo.

En los años ochenta la labor ferroviaria se abocó fundamentalmente a la modernización de vías, telecomunicaciones e infraestructura, a la corrección de pendientes y al diseño de nuevos trazos. Entre 1979 y 1993 se llevaron a cabo también obras de vital importancia en la línea México-Veracruz, vía Orizaba (del antiguo Ferrocarril Mexicano, 1873).

En ésta se realizó un nuevo trazo. Cuenta con el túnel El Mexicano, de 2, 960 m, cuya construcción permitió un delineamiento con menos curvas y mejores condiciones de operación, y es el túnel ferroviario más largo de América Latina, el nuevo puente Metlac, de 430 m de longitud entre apoyos extremos y una altura máxima de 130 m; los viaductos Azumbilla, Vaquería, Acultzingo; y el viaducto túnel Pénsil, enclavado en la montaña, con sus arcos abiertos hacia el cielo, tiene una longitud de 135 m con trazo curvo y anchura para la instalación de doble vía. El Pénsil cuenta con dos reconocimientos internacionales: la mención otorgada por la organización Puente Alcántara en España, 1993, y el Premio Brunel concedido por el gobierno de Dinamarca, en el concurso de diseño internacional de 1996.

Basta señalar, que en el Plan de Largo plazo y Programa de los Ferrocarriles Nacionales de México, 1989-1994¹³, se establecen las vías férreas que deben ser reconstruidas, los nuevos trazos a implementarse, así como las nuevas líneas a construirse hasta el año 2000. Más de un siglo de ingeniería ferroviaria en México, con sus éxitos y sus límites, sorprenderían sin duda a aquellos primeros hombres que soñaron, tan solo soñaron, con una red férrea nacional.

Para el año 1995 el Gobierno presenta al Congreso una iniciativa para modificar el artículo 28 de la Constitución, que reservaba al Estado la exclusividad de explotación de los ferrocarriles. Poco tiempo después se redactó la denominada Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario que sentó las bases para la entrada del sector privado en este campo del transporte. En esta norma se determinó que una empresa extranjera no podía disponer de más del 49% de la compañía privatizada. Más tarde, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes redactó las normas básicas del proceso de

apertura al capital privado y, a mediados de 1996, salió a concurso la primera línea.

El antiguo sistema ferroviario fue dividido en tres grandes regiones. En junio de 1997, las compañías Kansas City, Southern Industries y Transportación Ferroviaria Mexicana se hicieron con la zona Noroeste, con 3.960 kilómetros de vías, por un precio de 1.000 millones de dólares. Unos cuantos meses más tarde fue Grupo México y Union Pacific quienes se hicieron con la línea del Pacífico Norte, con 6.200 kilómetros de vías, por 400 millones de dólares. Y en último lugar, Ferrocarril del Sureste, con 2.200 kilómetros de vías, fue vendida al grupo mexicano Tribasa por 290 millones de dólares, quien, a su vez, se deshizo de ella el mes de julio de ese mismo año y la vendió a Frisco, filial del holding mexicano Carso.

En la actualidad, la privatización de los Ferrocarriles Nacionales de México está tocando su fin, con operaciones de empresas privadas a lo largo de más de una década, el ferrocarril se ve en condiciones de crecimiento, con un panorama prometedor, y con una competencia actual del autotransporte que necesita reestructuración.

1.3 Panorama de la Situación en México

Para poder hablar de la actualidad del ferrocarril es importante tener en cuenta de dónde viene el ferrocarril en México de su historia. Quienes conocen la historia de México, sabrán que para el momento en el que comenzaba a tomar fuerza el ferrocarril y la nación mexicana buscaba su estabilidad política, la situación económica era bastante difícil debido a la explotación que sufrió México, por ser colonia española. No era el único problema que enfrentaba México sino que también transcurrían una serie de enfrentamientos por el poder y por encontrar quien llevaría el mando en México.

El ferrocarril mexicano fue utilizado para librar grandes batallas durante la época en que se consolidaba México, fue utilizado a grandes escalas era el principal medio de transporte del país. Podría decirse que “México nació siendo una nación ferrocarrilera dado que jugó un papel muy importante en la revolución y las otras épocas en las que México se organiza como nación. Venustiano Carranza firma varios acuerdos y tratados en carros de ferrocarriles, cuando firma en 1913 con el Licenciado Isidro Fabela en Tlalnepantla. Era el medio unificador de la nación.” Sin embargo posterior a las guerras surge un decaimiento precoz del ferrocarril en México. Dicho decaimiento se debió a la inestabilidad política y gran pobreza que surgió de las guerras y batallas que existirían en el país en los años siguientes debido a enfrentamientos de tipo ideológico y político.

Una interpretación interesante del fenómeno del déficit crónico durante dicho periodo: “El problema no era el de la magnitud de los ingresos del gobierno, sino la magnitud de sus gastos militares requeridos no solamente para la defensa nacional... sino para establecer y restablecer la autoridad de los diferentes regímenes en contra de la oposición política y de las revueltas indígenas”. Esta circunstancia indica una modificación estructural de la vida cotidiana respecto del viejo régimen: el deterioro de la hegemonía de la Iglesia. Según palabras de David Brading, “era la Iglesia, y no la fuerza militar, la que conservaba la paz en la Nueva España”.

En su reconocido estudio histórico sobre la hacienda pública mexicana, que data de 1905, Pablo Macedo asienta una triste verdad: “La hacienda pública mexicana fue concebida en pecado original: cuando vino a la vida, nació con ella la bancarrota; y, sin hipérbole alguna, al día siguiente de consumada la Independencia, apenas instalado el primer gobierno nacional, se vio que los ingresos no alcanzaban a cubrir los gastos...”, de esta situación se desencadenan todo tipo de problemas para el país, sin embargo atañe el ferrocarril y su infraestructura, y de modo que cuando un país no puede manejar su economía sanamente no tendrá la posibilidad de hacer inversiones, esto querrá decir que la infraestructura no tendrá inversión.

El principal problema para el ferrocarril mexicano y para México en materia de infraestructura es la insuficiencia de este medio para satisfacer su demanda como medio de transporte masivo. “México requerirá inversiones en infraestructura por 20 mil millones de dólares al año durante la próxima década, casi 3 por ciento del producto interno bruto (PIB), según estimaciones del Banco Mundial (BM).” El hecho que el ferrocarril se encuentra en rezago y que la necesidad de México en cuestión de infraestructura, marca un panorama turbio para los ferrocarriles porque; “en 2003 apenas se logró invertir 119 mil millones de pesos en torno a 8 mil 500 millones de dólares en infraestructura”.

El ferrocarril mexicano actualmente no se encuentra en el rezago que aparenta según el estudio de la evaluación económica de las actuales condiciones de competencia y complementariedad entre el ferrocarril y el autotransporte, realizada para la Secretaria de Comunicaciones y Transportes y el Instituto Mexicano del Transporte, es entendible el hecho que ante la liberalización del ferrocarril, éste y el autotransporte se ven en condiciones de coexistencia de mayor competencia a la vez que tienen una creciente complementariedad.

A comparación del transporte ferroviario de carga, el de pasajeros muestra un grave descenso, tras reconocerse que la vocación del ferrocarril estriba en mover grandes volúmenes de carga a grandes distancias. Sin embargo el transporte de pasajeros sería una herramienta indispensable para el pasajero mexicano, dado que éste ofrece recorridos largos a bajos costos. El problema del transporte de pasajeros por ferrocarril deberá ser abordado en estudios de viabilidad y un análisis de los diferentes impactos económicos que propiciaría y cómo afectaría a los servidores de este servicio.

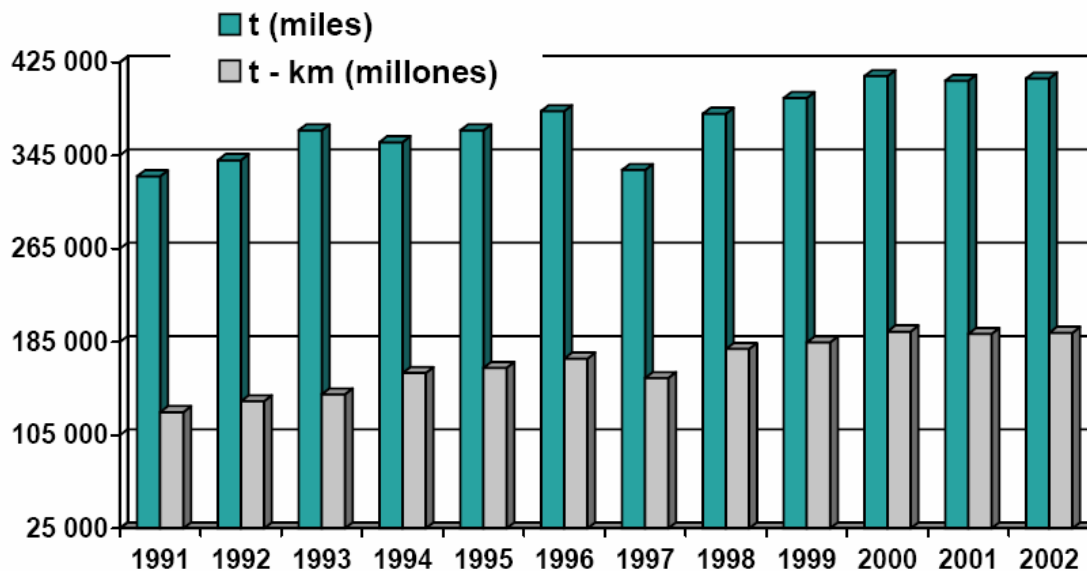


Imagen 4. Diagrama ferrocarril - autotransporte

Fuente: Evaluación Económica de las actuales condiciones de competencia y complementariedad entre el Ferrocarril y el autotransporte, IMT, SCT. 2004. p.55

1.4 Contexto General

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes tiene su origen funcional en la Secretaría de Estado y del Despacho de Relaciones Exteriores e Interiores establecida el 8 de noviembre de 1821. Posteriormente, debido a las modificaciones efectuadas en el aparato de gobierno, las funciones relativas al ramo de comunicaciones y transportes se diseminaron entre varios organismos. En 1857, se funda la Administración General de Caminos y Peajes como un primer intento por centralizar las funciones encaminadas a satisfacer las necesidades de comunicación en el ámbito nacional.

En 1891 se creó la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP), a la cual, además de las carreteras, calzadas y ferrocarriles, correspondía la atención de los correos, telégrafos, teléfonos y vías marítimas. La Constitución de 1917 ratificó nuevamente a esta secretaría con las mismas funciones, que continuarían hasta 1958. En esa fecha se creó la Secretaría de

Obras Públicas, separándola de la de Comunicaciones y Transportes, al quedar bajo la competencia de aquélla la construcción de las vías terrestres y aeropuertos del país En 1938, como consecuencia de la expropiación de los bienes de la empresa Ferrocarriles de México, S.A., se le incorporaron a la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, las facultades para reglamentar y vigilar el ejercicio de los ferrocarriles, las cuales se le habían suprimido en 1937.

1 de enero de 1959 desaparece la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas dando lugar a la nueva Secretaría de Comunicaciones y Transportes, quien, como parte de su estructura orgánica, crea el Departamento de Tarifas, identificado como el primer antecedente de esta dependencia.

1.5 Los ferrocarriles en la secretaría de comunicaciones y Transportes

El 30 de diciembre de 1972, como consecuencia de las reformas efectuadas al artículo 126 de la Ley de Vías Generales de Comunicación, se concedió a la Secretaría la facultad de expedir licencias de operador al personal que interviene directamente en la operación de los medios de transporte y las vías generales de comunicación.

A raíz de la promulgación de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de diciembre de 1976, en el Artículo 36, fracción IX, se le encomendó a la Secretaría la construcción de las vías férreas de carácter federal y el otorgamiento de concesiones para el establecimiento y explotación de ferrocarriles, así como, la vigilancia técnica de su funcionamiento y operación.

En mayo de 1979, se crea la Subdirección General de Transporte Multimodal con su Departamento de Tarifas, Autorizaciones y Programación del Transporte Multimodal, así como, las Oficinas de Integración y Desarrollo de Tráfico Multimodal, de Coordinación y de Seguro del Viajero. El 28 de diciembre de 1982, como resultado de las modificaciones operadas a la Ley

Orgánica de la Administración Pública Federal, se suprime la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, por lo que se incorporan a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes las áreas de infraestructura que pertenecían a dicha dependencia y, por ende, las funciones relativas a la construcción, reconstrucción y conservación de las obras requeridas para el funcionamiento de los medios de transporte terrestre, aéreo y marítimo, convirtiendo a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en la responsable de planear y conducir el desarrollo integral de los servicios de transporte, entre los que se encontraba la parte férrea.

Como consecuencia de lo anterior, el 1 de enero de 1983 se inició la definición orgánica y funcional de la Secretaría, misma que adquiere formalidad jurídica con la publicación del Reglamento Interior el 29 de marzo de ese mismo año. De esta manera, la estructura orgánica de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes se conformó, contando con las Direcciones Generales de Vías Férreas, de Ferrocarriles y de Tarifas, Maniobras y Servicios Conexos, entre otras.

1.6 La dirección general de desarrollo ferroviario y Multimodal

A la Dirección General de Tarifas, Maniobras y Servicios Conexos (hoy, Dirección General de Desarrollo Ferroviario y Multimodal), se integra el Área de Terminales y en octubre del mismo año, se crea el Departamento de Coordinación de Divisiones Foráneas 1.

En enero de 1988, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes realiza una reducción de 2 direcciones generales mediante la fusión de la Dirección General de Ferrocarriles con la Dirección General de Autotransporte Federal, dando lugar a la Dirección General de Transporte Terrestre, así mismo, se denomina a esta dependencia como Dirección General de Tarifas como resultado de las medidas complementarias a las disposiciones de racionalidad y austeridad económica adoptadas por el Gobierno Federal 2.

El 28 de diciembre del mismo año, la Secretaría sufrió una reducción de 7 unidades superiores, esto, con apego a las normas de racionalización y a los lineamientos y políticas de modernización del Sector Público. Uno de los principales movimientos consistió en la eliminación de la Dirección Generales de Vías Férreas, misma que transfirió sus funciones a Ferrocarriles Nacionales de México.

El 13 de mayo de 1991 el Secretario del Ramo expide el acuerdo de desconcentración mediante el cual se incorporan 185 unidades foráneas a los Centros SCT, entre las que se encontraban 20 Regiones de Inspección Ferroviaria.

El 19 de marzo de 1994 se publica en el Diario Oficial el nuevo Reglamento Interior de la Secretaría, en el que se agrega al nombre de la Dirección General de Tarifas la parte de Transporte Multimodal 3, que ha sido una de las dos funciones sustantivas en el desempeño de esta Dirección General; la Subdirección de Tarifas de Maniobras y Servicios Portuarios y sus Departamentos se asignan a la Dirección General de Puertos; el área de Fletes Marítimos se incorpora a la Dirección General de Marina Mercante, misma que fue sustituida por el Departamento de Terminales Intermodales y Agentes de Carga; se crea además, el Departamento del Seguro del Viajero, hecho que no implicó crecimiento organizacional ni presupuestario. En 1995 la Dirección General de Tarifas y Transporte Multimodal incorpora la Dirección de Transporte Ferroviario, para formar la Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal 4.

Las funciones que tenía asignadas el Departamento de Seguro del Viajero pasaron a formar parte de la estructura orgánica de la Dirección General de Autotransporte Federal. En agosto, el esquema organizacional autorizado por la SHCP contiene 27 plazas de mando y convierte 2 puestos de estructura a plazas de alto nivel de responsabilidad. En 1996 se autoriza la nueva estructura con 38 plazas de mando, lo cual implica un incremento de 11 plazas; 10 de éstas correspondientes a la Dirección de Transporte Ferroviario, transferidas por la Dirección General de Autotransporte Federal 5.

En septiembre se crea la Coordinación de Reestructuración Ferroviaria y Regulación Tarifaria equivalente a nivel de Dirección General Adjunta y se aprueba la re nivelación de una Dirección de Área a un puesto de alto nivel de responsabilidad equivalente a Director General Adjunto. En octubre de 1998 se autorizó una ampliación de 10 plazas de mando, quedando conformada por 48 plazas de mando, 4 Direcciones Generales Adjuntas; 6 Direcciones de Área; 1 Coordinación; 15 Subdirecciones y 20 Jefaturas de Departamento.

En julio de 1999, la SHCP modifica la estructura organizacional a fin de incrementar la seguridad del estado físico y operativo de la infraestructura e instalaciones de las nuevas empresas ferroviarias; realiza cambios de adscripción y denominación, lo cual no implicó un aumento en la plantilla, misma que continuó con 48 plazas de mando.

Capítulo 2. Descripción del Proyecto

2.1 Antecedentes Técnicos del Proyecto

Como parte de los trabajos de "ASISTENCIA TÉCNICA, INGENIERÍA DE ACOMPAÑAMIENTO Y ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS EN CIENCIAS DE LA TIERRA E INGENIERÍA CIVIL PARA EL TRAMO II DEL TREN INTERURBANO TOLUCA-MÉXICO (TITM)", para la Dirección General de Desarrollo Ferroviario y Multimodal (DGDFM) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), es presentar el informe de mediciones correspondiente al mes de julio de 2018.

La Dirección General de Desarrollo Ferroviario y Multimodal de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, solicitó el apoyo para realizar la implementación del Sistema de Auscultación durante el proceso constructivo del Túnel bitubo y portales; inicia en el kilómetro 036+150 y terminación en el kilómetro 040+084, correspondiente a “Portal Poniente de los túneles al Portal Oriente”.

La Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) a la fecha está participando en la Asistencia Técnica para la construcción del tramo II del proyecto del Tren Interurbano Toluca – México, correspondiente a la excavación de los portales y dos túneles del orden de 4,6 km que inician en la zona de Cuajimalpa, en la Ciudad de México y termina en La Marquesa en el Estado de México.

El Sistema de Auscultación está basado de acuerdo al documento TIT-T2-PL-SRDPE-000-1160-001_00 Auscultación y Control de Túneles emitido por la proyectista SENER, en el cual establece las directrices para desarrollar el Plan de Auscultación y Control de obra del túnel bitubo del proyecto; y la orden de trabajo No. 14 con fecha del 26 de enero de 2016 y clave del concepto EXT. 043 al 054.

El proyecto del Tren Interurbano Toluca-México contará con una longitud total de 57,7 km, de los cuales 40,7 km cruzaran los municipios de Zinacantepec, Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Lerma y Ocoyoacac dentro del Estado de México y, los 17,0 km restantes las delegaciones de Cuajimalpa de Morelos y Álvaro Obregón en la Ciudad de México. A la fecha continúan los trabajos de reinyección en galerías evacuación y técnicas del bitúnel (Tramo II).

Los efectos en superficie que produce la excavación depende de varios elementos como son el tipo de terreno, la presencia de agua, el tipo de construcción, la profundidad a la que discurre la excavación entre otros factores, pero es en este punto donde se debe estudiar las estructuras afectadas por la cubeta de asiento y su distancia respecto al eje de excavación, este documento contiene los resultados del monitoreo altimétrico en superficie, correspondiente al tramo II del TITM obtenido en el mes de julio.



Imagen 5. Trazo del Tren Interurbano Toluca-México.

El proyecto se lleva a cabo dentro del Sector de Vías Generales de Comunicación, mismo que es promovido por la Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El proyecto pertenece al sector de vías generales de comunicación y consiste en la construcción de un Sistema Ferroviario, tendrá una longitud total de 58.363 Km y ocupará un ancho de derecho de vía de 16 m mismos que serán aprovechados para la implantación de la vía y actividades de mantenimiento de las instalaciones; adicionalmente se construirán 2 terminales, 4 estaciones, un taller de mantenimiento, además de un área destinada para cocheras.



Imagen 6. Vista planta trazo general.

Características	Especificaciones
Longitud	58.363 Km
Clase de Vía férrea	AREMA 115RE
Numero de vías	2
Espesor de balasto	0.5 m
Velocidad máxima	160 Km/h
Velocidad comercial	90 Km/h
Ancho de vía	4 m
Ancho de trocha	1435 mm
Ancho de corona	13.3 m
Curvatura máxima	250 m
Pendiente máxima	5%

Tabla 1. Especificaciones generales del proyecto.

El proyecto de 58.363 km se localiza dentro del Estado de México con una longitud aproximada de 37.7 Km y 20.6 Km en el Distrito Federal. Para el caso del Estado de México cruza cinco municipios: Zinacantepec, Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Lerma y Ocoyoacac; en el Distrito Federal las delegaciones que cruza son dos: Cuajimalpa de Morelos y Álvaro Obregón.



Imagen 7. Carta Topográfica para localización.

La principal vía de acceso para llegar a la zona es la Autopista México-Toluca, existiendo además otras vialidades en toda el área. Para uniformizar la información y poder integrarla adecuadamente al sistema de información geográfica (SIG) que se utilizó en este estudio, los datos del proyecto carretero y toda la cartografía de referencia se proyectaron al sistema UTM Datum WGS84 (World Geodesic System), pues este cuenta con mayor precisión debido a que ha sido definido recientemente por medio de sistemas de posicionamiento global.

2.2 Parámetros Cartográficos del Proyecto

Los Parámetros utilizados fueron los siguientes.

Proyección: Transversa de Mercator

Falso Este: 500000.00

Falso Norte: 0.00

Meridiano Central: -99.00

Factor de escala: 0.999600

Latitud de Origen: 0.00

Unidad linear: Metros (1.0)

Sistema de coordenadas geográficas.

- GCS_WGS_1984
- Unidad angular: Degree (0.017453292519943299)
- Primer Meridiano: Greenwich (0.0)
- Datum: WGS 1984
- Esferoide : WGS 1984
- Semi-eje mayor: 659792
- Semi- eje menor: : 620691
- Achatamiento (Inverse Flattening): 298.2572235630000300

En este sentido, y con la intención de que el proyecto pueda incluirse en cualquier Sistema de Información Geográfica, en la tabla 2 se presentan los puntos de inflexión del proyecto.

PI	Cadenamiento	Coordenadas	PI	Cadenamiento	Coordenadas		
PST 1	-0+623.28	426,204.59	2,132,023.17	PI 36	36+844.89	462,924.85	2,133,376.66
PI 1	0+805.43	426,302.85	2,132,220.44	PI 37	41+090.97	466,278.82	2,136,030.39
PI 2	1+228.06	427,881.45	2,131,668.71	PI 38	41+592.78	466,460.86	2,136,512.72
PI 3	2+157.72	428,765.24	2,131,380.27	PI 39	42+789.97	466,973.70	2,137,594.69
PI 4	4+161.34	430,656.40	2,130,718.46	PI 40	43+271.97	467,288.21	2,137,961.62
PI 5	4+748.29	431,207.64	2,130,516.83	PI 41	44+059.01	468,095.02	2,137,819.85
PI 6	5+805.99	432,252.43	2,130,770.36	PI 42	44+712.23	468,680.27	2,138,146.03
PI 7	5+971.92	432,411.67	2,130,817.08	PI 43	45+008.70	468,800.74	2,138,427.25
PI 8	6+379.03	432,807.14	2,130,913.85	PI 44	45+304.56	469,060.13	2,138,586.19
PI 9	6+546.57	432,971.64	2,130,945.77	PI 45	45+607.64	469,223.75	2,138,845.95
PI 10	6+950.22	433,363.99	2,131,040.71	PI 46	46+171.07	469,772.91	2,139,015.68
PI 11	7+214.18	433,624.73	2,131,082.46	PI 47	46+505.41	469,954.37	2,139,308.57
PI 12	7+973.23	434,362.98	2,131,259.38	PI 48	47+026.43	470,488.76	2,139,394.80
PI 13	10+372.97	436,751.61	2,131,493.81	PI 49	47+390.68	470,645.48	2,140,238.89
PI 14	11+414.41	437,791.73	2,131,546.77	PI 50	48+564.19	471,314.37	2,140,680.17
PI 15	11+665.86	438,043.21	2,131,541.43	PI 51	48+850.44	471,559.49	2,140,828.09
PI 16	12+663.26	439,039.54	2,131,589.08	PI 52	49+535.48	471,971.87	2,141,377.32
PI 17	13+833.93	440,207.30	2,131,671.75	PI 53	49+773.71	472,212.32	2,141,434.68
PI 18	14+073.22	440,446.64	2,131,673.79	PI 54	50+197.26	472,508.13	2,141,744.90
PI 19	15+616.31	441,988.06	2,131,746.25	PI 55	50+478.35	472,661.04	2,141,981.51
PI 20	15+882.88	442,253.84	2,131,766.92	PI 56	50+970.15	472,995.93	2,142,342.37
PI 21	18+076.74	444,445.20	2,131,871.88	PI 57	51+284.63	473,281.98	2,142,482.11
PI 22	18+580.90	444,947.54	2,131,914.99	PI 58	51+481.00	473,450.11	2,142,583.74
PI 23	19+190.92	445,534.67	2,131,719.41	PI 59	51+934.50	473,878.36	2,142,734.68
PI 24	20+150.83	446,497.92	2,131,760.21	PI 60	52+618.15	474,528.95	2,142,944.72
PI 25	20+573.06	446,905.46	2,131,877.16	PI 61	53+168.23	475,017.38	2,143,199.79
PI 26	21+791.17	448,114.37	2,132,031.33	PI 62	53+937.70	475,780.45	2,143,334.44
PI 27	22+326.82	448,646.92	2,132,088.92	PI 63	54+473.94	476,289.76	2,143,502.69

Tabla 2. Puntos de inflexión del proyecto.

2.3 Dimensionamiento

Se considera un ancho de derecho de vía de 16 m, que será utilizado primeramente para la construcción de toda la infraestructura férrea y posteriormente se llevarán a cabo las actividades de operación, conservación y mantenimiento de las instalaciones. En este sentido el proyecto requiere una superficie de 93.38 Ha dada por el ancho del derecho de vía; no obstante el proyecto requerirá superficies adicionales debido a la topografía de la zona, por lo que se estiman necesarias demasías por cortes y terraplenes más allá del derecho de vía de 16 m, que han sido incluidas en los planos de planta de todo el proyecto, siendo las más relevantes los portales del túnel. Así mismo se requerirán de superficies adicionales por la construcción de Terminales, Talleres y cocheras.

De acuerdo con lo anterior se estima una superficie adicional de 75.81 Ha, por lo que para la ejecución total del proyecto se requerirá una superficie de 169.19 Ha.

Superficie	Área (ha)
Superficie por derecho de vía	93.38
Superficie adicional para la construcción de terminales*	0.48
Superficie adicional para la construcción de portales en Túnel**	0.95
Superficie adicional para la construcción de Talleres	30.36
Superficie adicional para la construcción de Cocheras	28.22
Superficie adicional por demasías	15.81
Superficie total requerida	169.19

Tabla 3. Superficies requeridas del proyecto.

Características	Especificaciones
Tipo de Tren	Eléctrico autopropulsado
No de Trenes	20 ud
No de Vagones	160 ud
Tipo de motor	asíncronos
Longitud de tren	140 m
Potencia	Régimen continuo 2.88MW Máx-4MW
Alimentación de tracción	25 Kv
Tiempo de recorrido	33 min

Tabla 4. Capacidad Instalada.

Por ser un servicio público de pasajeros se tiene proyectadas estaciones y terminales para el ascenso y descenso de los usuarios dentro de la zona urbana del Estado de México y el Distrito Federal, conectándose con la estructura vial y el sistema de transporte colectivo existentes en el sitio. En este sentido como punto obligado se tiene la correspondencia con el Metro, en la CETRAM Observatorio.

La siguiente tabla muestra la ubicación de las estaciones proyectadas, cabe destacar que dichas estaciones serán en andén elevado con plataforma, con lo que reducirá la afectación de los sitios donde se ubiquen estas estructuras.

Cadenamiento		Estación	Longitud (m)	Municipio o Delegación
Inicial	Final			
0+200.00	0+400.00	Estación Zinacatepec	200.00	Toluca
6+073.96	6+273.96	Estación Cristóbal Colón	200.00	Toluca
13+156.78	13+356.78	Estación Metepec	200.00	Metepec
19+443.00	19+643.00	Estación de Lerma	200.00	Lerma
49+089.40	49+289.40	Estación Santa Fe	200.00	Cuajimalpa de Morelos
57+535.14	57+735.14	Estación Observatorio	200.00	Álvaro Obregón

Tabla 5. Estaciones del proyecto.

2.4 Descripción de Obras

El proyecto “TREN TOLUCA-VALLE DE MÉXICO” contempla la construcción de infraestructura ferroviaria, por lo que contiene diversos elementos tales como viaductos, puentes, estaciones, talleres de mantenimiento, cocheras, entre otros.

El tipo de estructura en lo general estará constituido por una sección para albergar doble vía confinada. La configuración del trazo en perfil será a nivel, viaducto elevado, incluyendo los tramos de transición de las zonas a nivel a la sección elevada, un túnel y un falso túnel. La siguiente figura muestra en forma esquemática el perfil de proyecto.

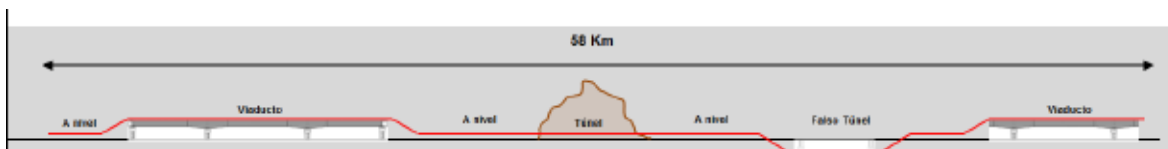


Imagen 8. Perfil general.

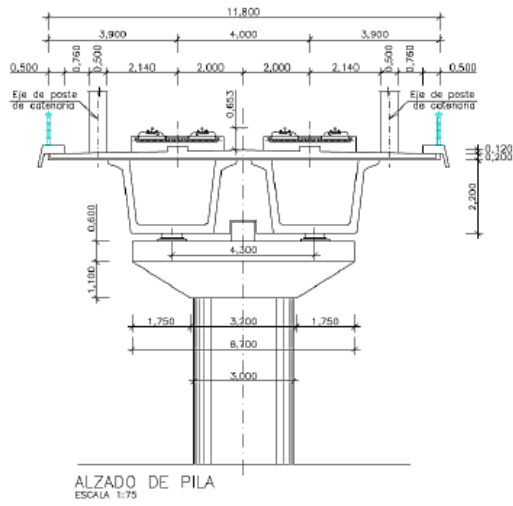
Los cadenamientos de la configuración de las estructuras que albergaran la infraestructura del sistema ferroviario. Los viaductos con altura menor a 30 m consistirán en estructuras prefabricadas, es decir, que los elementos serán fabricados en una planta, transportados al sitio y colocados mediante grúas. Asimismo, se construirán in situ los viaductos de rango de altura entre 30 m y 60 m. Para esta sección se utilizaran varios métodos constructivos en función de la complejidad de cada sitio.

El túnel proyectado tiene una longitud aproximada de 4.59 Km. Esta estructura tendrá una sección denominada bi-tubo. Se realizarán dos secciones denominadas “falso túnel” la primera tendrá una longitud aproximada de 0.06 Km y la segunda de 3.27 Km. Habrá zonas que tendrá una sección a nivel, es decir en superficie conformada por terraplén o ya sea en cortes o superficial en función de la topografía existente.

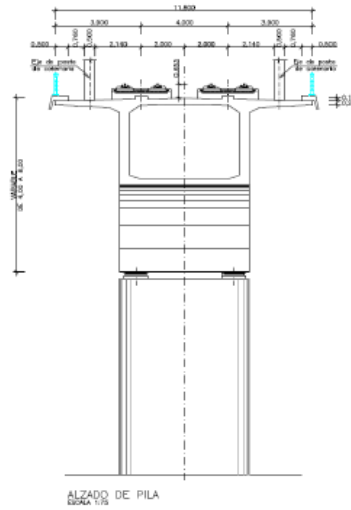
Cadenamiento		Longitud (m)	Estructura
Inicial	Final		
-0+623.28	0+000.00	623.28	Nivel
0+000.00	22+750.69	22,750.69	Viaducto
22+750.69	23+336.24	585.55	Nivel
23+336.24	24+958.77	1,622.53	Viaducto
24+958.77	26+986.93	2,028.17	Nivel
26+986.93	30+875.94	3,889.01	Viaducto
30+875.94	32+084.18	1,208.24	Nivel
32+084.18	32+449.24	365.06	Viaducto
32+449.24	34+210.60	1,761.36	Nivel
34+210.60	35+666.11	1,455.51	Viaducto
35+666.11	36+018.88	352.77	Nivel
36+018.88	36+095.84	76.96	Viaducto
36+095.84	36+188.52	92.68	Nivel
36+188.52	40+784.20	4,595.68	Túnel
40+784.20	41+000.00	215.80	Nivel
41+000.00	47+368.50	6,368.50	Viaducto
47+368.50	47+432.00	63.50	Túnel Falso
47+432.00	47+519.55	87.55	Nivel
47+519.55	51+555.33	4,035.79	Viaducto
51+555.33	51+880.00	324.67	Nivel
51+880.00	55+150.00	3,270.00	Túnel Falso
55+150.00	55+747.82	597.82	Nivel
55+747.82	57+740.69	1,999.97	Viaducto
Total		58,363.97	

Tabla 6. Estructuras proyectadas.

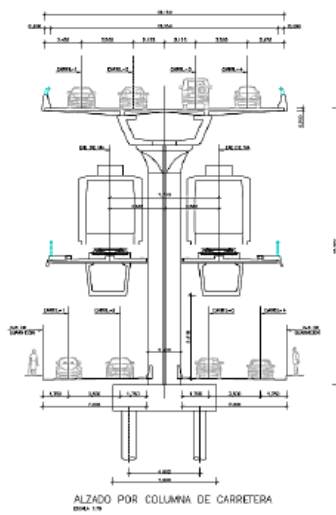
Como se mencionó anteriormente se tendrán varios tipos de sección transversal y esto será en función de la topografía y zona urbana que cruza. A continuación se presenta las diferentes secciones del proyecto, además se presentan como anexo al documento para mayor detalle.



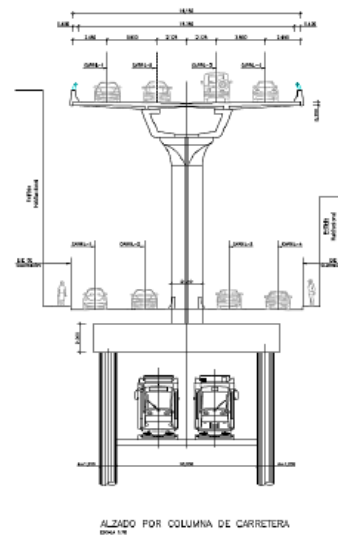
Sección en Viaducto prefabricado de altura menor a 30 m



Sección en Viaducto construido *in situ* de altura mayor a 30 m



Sección en Viaducto prefabricado de dos pisos en zona urbana



Sección en Falso Túnel en zona urbana

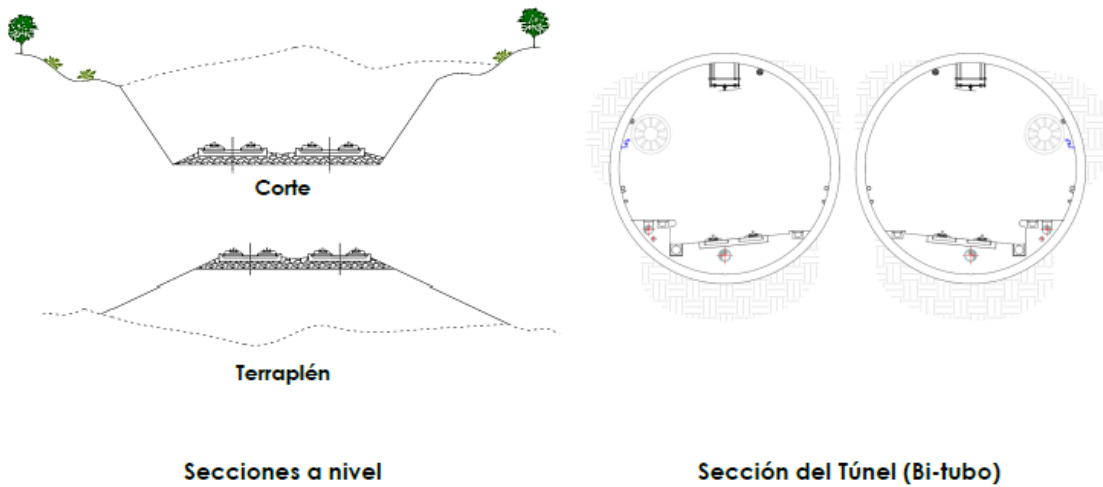


Imagen 9. Secciones de Proyecto.

El proyecto se precisa mediante puntos característicos, tales como los puntos de inflexión (P.I.) y los puntos sobre tangente (PST). En la siguiente tabla se presentan P.I. y PST correspondientes al eje de trazo con proyección UTM-WGS84, para el proyecto en estudio.

El proyecto incluye una serie de actividades que se contemplan para cada una de las etapas de implementación: 1. Preliminares y Preparación del Sitio, 2. Construcción y 3. Operación y Mantenimiento. Algunas de estas actividades por cada etapa son consecutivas de otras, sin embargo existen algunas partidas dentro de las actividades que pueden ser realizadas simultáneamente.

En la siguiente figura, se puede observar un diagrama mostrando las etapas con sus respectivas actividades y partidas consideradas para la ejecución del presente Proyecto.

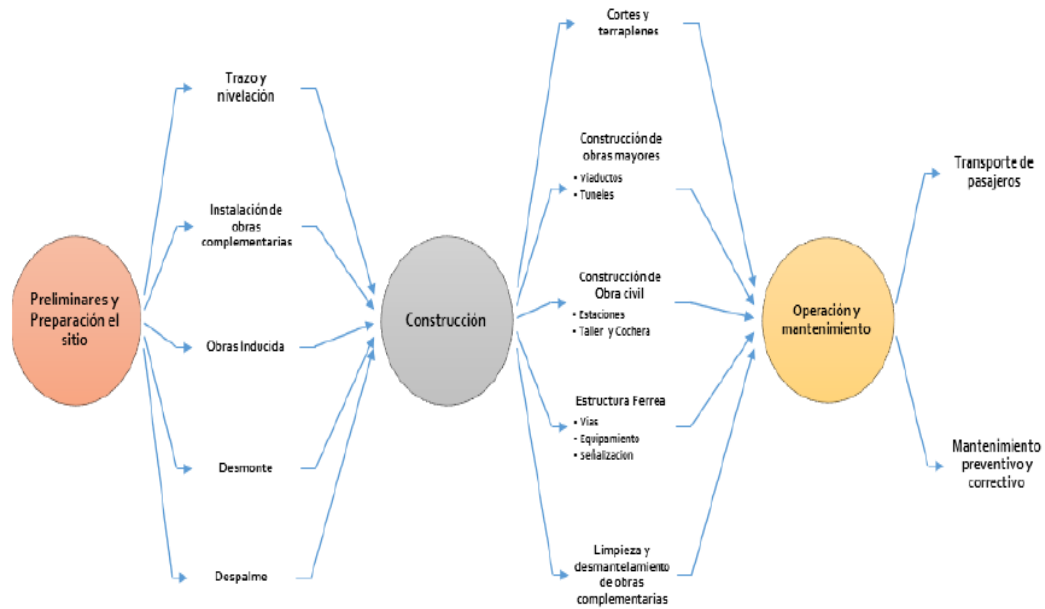


Imagen 10. Diagrama de Implementación.

Asimismo es importante señalar que todas las actividades y partidas de implementación que se describen en el proceso constructivo, se presentarán de forma detallada en incisos más adelante en este mismo documento.

2.5 Obras Asociadas

Como complemento del proyecto se deberá tomar en cuenta la construcción provisional de algunas obras necesarias para el correcto funcionamiento del plan de construcción. Esto es de gran importancia ya que algunas de las obras inciden directamente en el medio ambiente de la zona, por lo cual, deben ser evaluadas de manera particular; con el fin de identificar aquellos posibles impactos benéficos o adversos que pudieran ser mitigables o en su caso analizar los distintos escenarios posibles para poder realizar alguna acción preventiva al proyecto o a algún proceso constructivo en particular.

Las obras asociadas y/o servicios complementarios serán: oficinas, almacenes, bodegas, talleres y patios de maquinaria e instalaciones sanitarias provisionales. Algunas de estas obras se ubicaran dentro del derecho vía, y cercanas a una localidad o zona urbana; aprovechando la infraestructura urbana y servicios existentes en la manera de lo posible.

Las obras asociadas que se requerirán para el desarrollo del proyecto y que pueden no estar dentro del derecho de vía son: el sitio para la elaboración estructuras para los viaductos, dovelas, etc., la explotación de los bancos de materiales, caminos de acceso para la construcción de viaductos y el túnel. Dichas obras se detallan en apartados posteriores.

Como se mencionó anteriormente el trazo se ubica dentro del derecho de vía de la autopista y del DV de una línea de transmisión de energía eléctrica; ambas cercanas a zonas urbanas, por lo que se buscará que las instalaciones y obras complementarias se ubiquen dentro de éstas zonas minimizando su impacto ambiental.

La zona donde se realizaran las diferentes obras y actividades del proyecto se encuentran bien comunicadas debido a la colindancia de éste con infraestructura existente y su cruce por las zonas urbanas de las entidades que conectará.

El eje de trazo en su mayoría va paralelo a vías primarias y secundarias, mismas que servirán para el traslado de los diferentes insumos como: mano de obra, materiales y maquinaria, además del transporte de estructuras prefabricadas hacia los diferentes frentes de obra; no obstante es importante mencionar que solo se deberán habilitar caminos de acceso temporales para llegar a los frentes de trabajo para la construcción del túnel, por lo que en este sentido, la constructora a que se le asigne la obra, deberá realizar el trámite correspondiente para su autorización en materia ambiental con oportunidad.

La zona de proyecto cruza por dos Regiones Hidrológicas, del cadenamiento PK -0+623.28 al PK 36+727.33 corresponde a la Región Hidrológica Lerma-Santiago Pacifico VIII dentro de la Cuenca Lerma-Toluca, dentro de la subcuenca Toluca, con una longitud aproximada de 37.35 Km. A partir del cadenamiento PK 36+727.33 y hasta el final del trazo se encuentra dentro de la Región Hidrológica Aguas del Valle de México XIII y dentro de la cuenca del Rio Moctezuma y subcuenca Pachuca-Cd. de México. En la siguiente tabla se presenta la distribución de la superficie del proyecto en las subcuencas mencionadas.

Cadenamiento		Longitud (m)	Superficie* (Ha)	Subcuenca	Porcentaje**
Inicial	Final				
-0+623.28	36+727.33	37,350.61	59.76	Toluca	64.0%
36+727.33	57+740.69	21,013.36	33.62	Pachuca - Cd. de México	36.0%
TOTAL		58,363.97	93.38		100.0%

Tabla 7. Distribución de las subcuencas.

La superficie de afectación permanente corresponde a la que se ocupará por el emplazamiento permanente de la infraestructura construida, es decir la estructura férrea, instalaciones, terminales, talleres y demás infraestructura necesaria para el funcionamiento del tren, e instalaciones que servirán para dar un servicio eficiente al público.

En lo que respecta a las superficies de afectación temporal, estas corresponden a todas aquellas superficies que durante la etapa de preparación del sitio y construcción serán requeridas para la realización de algunas obras o actividades temporales, y que una vez que el Proyecto entre en etapa de operación, todas estas superficies deberán ser desocupadas y rehabilitadas, mediante las medidas de mitigación y/o compensación establecidas en el Estudio.

La estructura férrea incluye a los materiales instalados de forma permanente como los son el riel de conducción, los durmientes, el balasto, juntas, anclas. Cabe destacar que estos elementos estarán colocados sobre el viaducto, corona de terracería o concreto, según sea el caso. En este sentido los viaductos solo tendrán como área de afectación permanente la que ocupan las columnas que soportaran a las traveses del viaducto. La siguiente figura muestra la ubicación de las pilas en los primeros cadenamientos del proyecto, asimismo para mayor detalle se presenta como anexo el plano con la ubicación de las pilas.



Imagen 11. Sitios de emplazamiento por columnas.

Para el caso de las secciones a nivel, las superficies de afectación permanente corresponden a aquéllas dentro de la corona; en el Túnel serán las áreas de emboquille en la entrada y salida del túnel; es decir las superficies de construcción de los portales. En el tramo que va en Falso Túnel, la afectación es subterránea debido a que estará bajo una vialidad en operación.

Bajo este esquema la siguiente tabla muestra el área de afectación permanente y temporal para el proyecto en estudio dentro del derecho de vía.



Imagen 12. Afectación permanente.

2.6 Superficie a Desmontar

Debido a las características del proyecto se considera que se requerirá una superficie a desmontar de aproximadamente 15.44 ha. Cabe señalar que con respecto a la superficie que corresponde al Túnel, no se afectará la vegetación presente en el mismo, la que se observa entre los cadenamientos PK 36+188.52 y el PK 40+784.20.

En las siguientes tablas, se presenta por especie de acuerdo al tipo de vegetación a la que corresponde, el número de individuos vegetales que se estima será necesario afectar durante el desarrollo de las obras y actividades de las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto Ferroviario Toluca–Valle de México.

VEGETACION SECUNDARIA DE BOSQUE DE ABIES		
Nombre científico	Nombre común	Afectación de individuos en 0.77 ha
1 <i>Abies religiosa</i>	Abies, Abeto u Oyamel	183
2 <i>Arbustus xalapensis</i>	Madroño	39
3 <i>Buddleja cordata</i>	Tepozán	19
4 <i>Cupressus lindleyi</i>	Ciprés	10
5 <i>Didymaea alsinoides</i>	Trébol de monte	67
6 <i>Eupatorium glabratum</i>	Chamizo blanco	29
7 <i>Fuchsia microphylla</i>	Chilco	29
8 <i>Pinus montezumae</i>	Pino montezuma	19
9 <i>Pinus sp</i>	Pino	19
10 <i>Ribes ciliatum</i>	-	29
11 <i>Salvia aeschenbornii</i>	Salvia	19
12 <i>Senecio barba-johannis</i>	-	67
13 <i>Senecio callosus</i>	-	29
	TOTAL	558

Tabla 8. Individuos vegetales por especie.

Capítulo 3. Ejecución del Proyecto

3.1 Ejecución de los Trabajos Altimétricos

Durante la ejecución de la excavación del túnel bitubo, la extracción de material introduce una alteración en el estado inicial del terreno, que lleva consigo la generación de movimientos en las proximidades a fin de restablecer el equilibrio tensional del suelo; estos desplazamientos del terreno tienen un carácter aproximadamente radial, hacia el centro de la excavación y según su magnitud, pueden originar deformaciones peligrosas para las edificaciones, instalaciones y/o accesos situados en la superficie del terreno.

Para el control exhaustivo de los posibles movimientos es necesario realizar una continua medición de datos sobre el terreno, registrando e informando los movimientos producidos, una vez registrados los datos y conociendo la magnitud de los desplazamientos es primordial valorar si dichos desplazamientos entran dentro de la previsión o por el contrario están fuera de los márgenes establecidos por el diseñador.

Con el fin de determinar las magnitudes de desplazamientos que puedan llegar a generarse, fue implementado el Sistema de Control Altimétrico en las zonas de menor cobertura (hasta 40 m), constituido por referencias topográficas superficiales tipo alcañata y/o verticales, con el fin de monitorear movimientos producidos durante la excavación del túnel bitubo en caso de presentarse.

Las secciones instrumentadas S1, S2 y S3 están constituidas por Hitos de Nivelación conformados por un ancla de acero de 20 cm, con coplee roscado, donde es ensamblada una barra de acero inoxidable con una longitud de 2,80 m, con terminación en punta de bala; para el caso particular de los Hitos de Nivelación instalados en el Portal Oriente, se utilizó un ancla de 20 cm con coplee roscado, donde fue ensamblada una barra de acero inoxidable con una longitud de 80 cm, con terminal de medición de porta-prisma.

El Sistema de Control Altimétrico en superficie está compuesto por tres secciones instrumentadas, en el Tramo II del TITM correspondientes a las secciones:

- Sección S1: Cad. 36+200 a 36+800 aproximadamente (Conalep El Zarco).
- Sección S2: Cad. 40+120 a 40+300 aproximadamente (Atliburros).
- Sección S3: Cad. 40+780 a 40+900 aproximadamente (Cruz Blanca).

Los resultados del monitoreo del Sistema de Control Altimétrico, realizado con el instrumento denominado nivel fijo topográfico NAK-2 con micrómetro de placas planoparalelas GPM-3, no presenta desplazamientos significativos, los valores registrados a la fecha están por debajo de los niveles de aviso, alerta y alarma.



Imagen 13. Nivel Topográfico NAK-2.

El Sistema de Control Altimétrico tiene la finalidad de cuantificar desplazamientos verticales con una precisión de 0,3 mm/km; para ello, fue primordial ubicar y establecer bases de referencia fija (Bancos de Nivel “BN”) alejados de los efectos inducidos por la construcción de la obra, con este fin, fueron instalados 4 Bancos de Nivel superficiales ubicados en sitios de terreno firme (sobre un macizo rocoso).

En las casas habitación fueron instaladas referencias topográficas del tipo alcayata y/o verticales (Imágenes 14 y 15), que consisten en una varilla corrugada de $\varnothing=1/2''$ con una longitud de 7,5 cm, unida mediante soldadura de arco en línea recta a una varilla de acero inoxidable de $\varnothing=1/2''$ de 7,5 cm, y a esta se suelda a 90° una barra de acero inoxidable del mismo diámetro de 1,5 cm con terminación en punta de bala.

Las secciones instrumentadas S1, S2 y S3 están constituidas por Hitos de Nivelación conformados por un ancla de acero de 20 cm, con coplee roscado, donde es ensamblada una barra de acero inoxidable con una longitud de 2,80 m, con terminación en punta de bala; para el caso particular de los Hitos de Nivelación instalados en el Portal Oriente, se utilizó un ancla de 20 cm con coplee roscado, donde fue ensamblada una barra de acero inoxidable con una longitud de 80 cm, con terminal de medición de porta-prisma.

Para obtener la distancia vertical de cada una de las referencias instaladas se recurrió a métodos topográficos de primer orden, con la finalidad de determinar con precisión movimientos y/o desplazamientos en superficie, los datos base fueron obtenidos desde los Bancos de Nivel superficiales establecidos, localizados fuera del área de influencia de la obra, a partir de ellos fueron efectuadas las mediciones hacia las referencias topográficas instaladas en las edificaciones y sitios de interés.

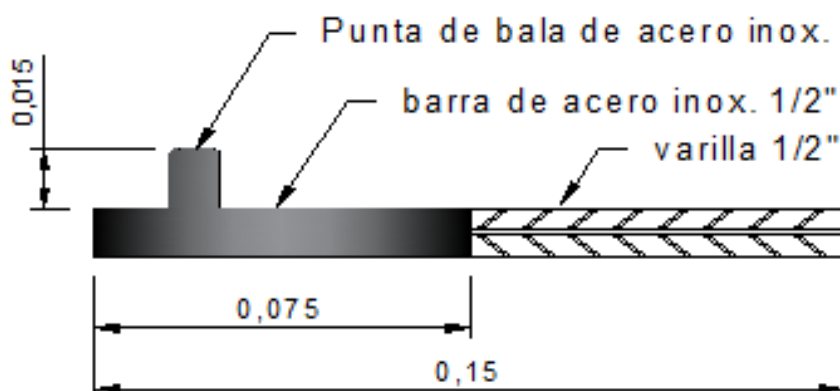


Imagen 14. Referencia Topográfica.



Imagen 15. Referencia en edificación.

3.2 Nivelación Diferencial

La nivelación diferencial está clasificada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y la precisión de cada una de estas, está expresada en milímetros (mm) como se muestra a continuación.

Clasificación de nivelación diferencial		
Orden	Clase	Precisión
		(mm)
Primero	I	$3 \sqrt{K}$
Primero	II	$4 \sqrt{K}$
Segundo	I	$6 \sqrt{K}$
Segundo	II	$8 \sqrt{K}$
Tercero	Única	$12 \sqrt{K}$
*K.- distancia en km		

Tabla 9. Precisiones para nivelación diferencial .

Con el fin garantizar esta precisión, la CFE efectuó los trabajos de acuerdo a lo establecido en los procedimientos correspondientes a cada una de estas clasificaciones y contando con el equipo adecuado.

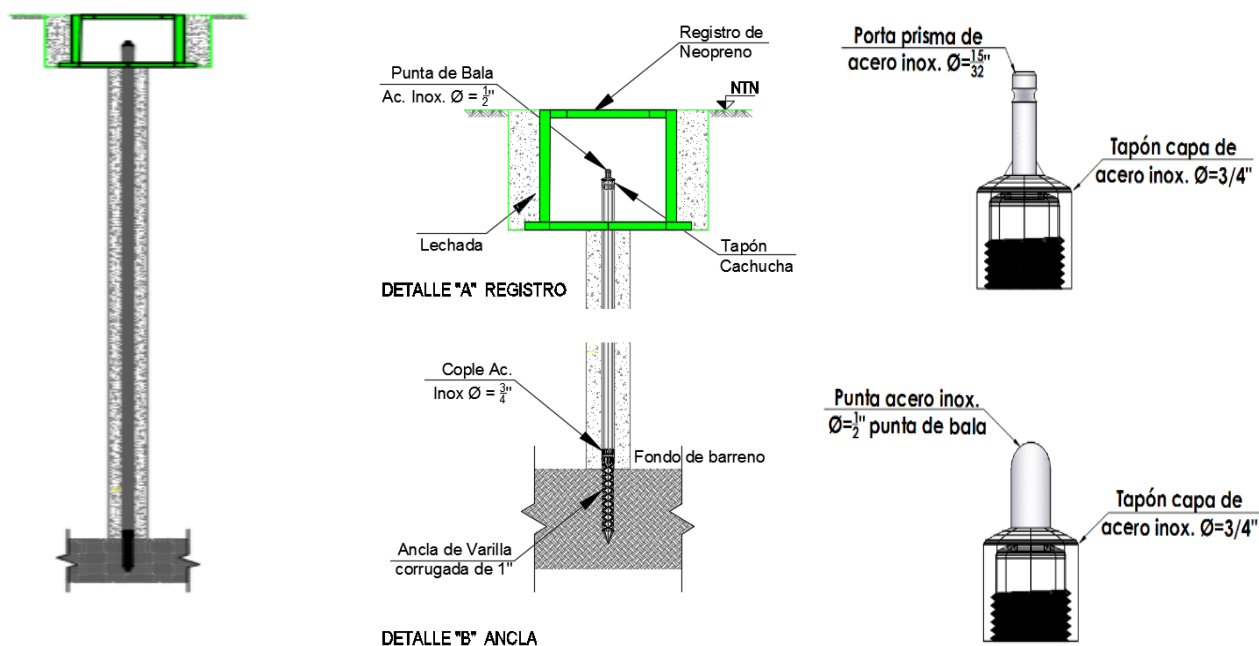


Imagen 16. Esquema de hito de nivelación.

Para proyectos importantes de ingeniería y de investigación regional para la determinación de movimientos de la corteza, es recomendable efectuar levantamientos geodésicos verticales de primer orden, con el fin de establecer una red de control vertical primaria y la determinación de valores de desplazamientos verticales de las referencias topográficas en dicha red.

La figura siguiente, describe de una manera gráfica el principio de nivelación de primer orden, asimismo establece las distancias recomendadas entre miras invar y equipo de medición de precisión (NAK-2) para cumplir con este fin.

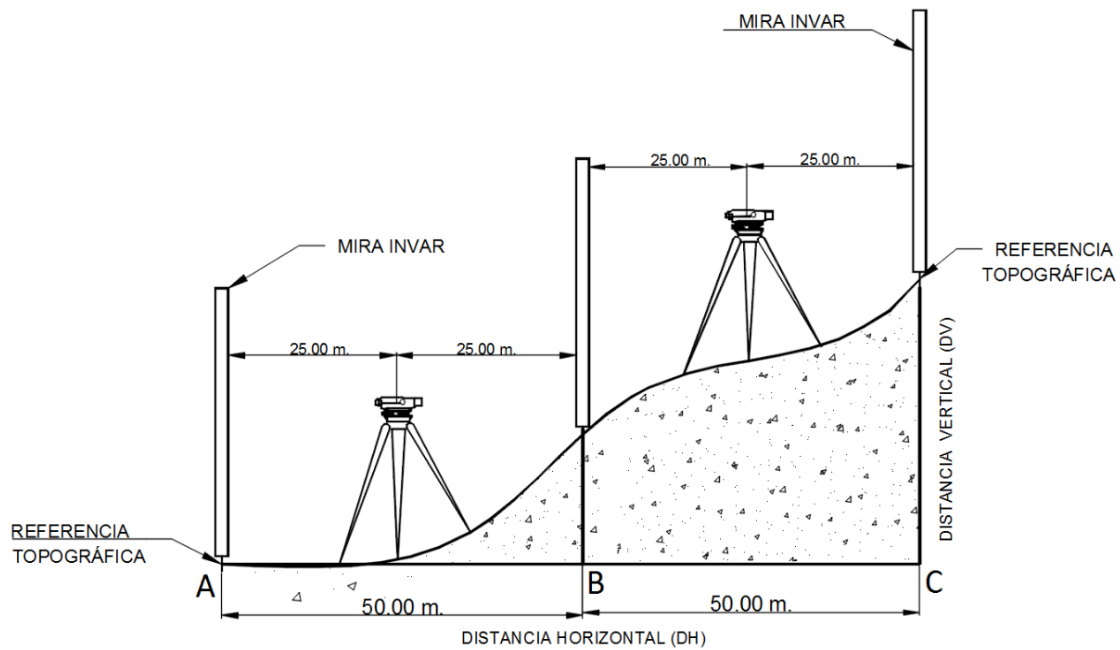


Imagen 17. Nivelación Diferencial.

Previo a las mediciones, es fundamental verificar el nivel NAK-2 y las miras para determinar su constante de error, de ser necesario se realiza el ajuste correspondiente a la mira de puntería del nivel para obtener mediciones confiables.

Es importante destacar que, en agosto de 2018, el equipo de nivelación NAK-2 utilizado en el proyecto Tren Interurbano Toluca-México fue enviado a calibrar con un distribuidor certificado por fabricante, se anexa Certificado de calibración con vigencia de un año para pronta consulta. Lo anterior, con el fin de garantizar la certidumbre de las mediciones efectuadas.

Systop Servicios Técnicos Certificado de Calibración Silver

Certificado de Calibración Silver con valores de medición proporcionado por SYSTOP

Producto: LEICA WILD NAK2 **No de Certificado:** 5016843-08162018
No de Serie: 5016843 **Fecha de Inspección:** 16/08/2018
Proporcionado por: Systop Servicios Técnicos **Numero de Orden:** 18368
Ordenado por: Systop Servicios Técnicos

Estado: Después de la inspección **Cliente:** COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
AVENIDA PASEO DE LA REFORMA NUM 164
COLONIA JUAREZ,
DELEGACION CUAUHTEMOC
CIUDAD DE MEXICO

Conformidad

El Certificado de Calibración Silver es una prueba con valores de medición proporcionado por Systop Servicios Técnicos. El procedimiento de prueba de medición sigue el procedimiento de prueba como se describe en la norma ISO 17123-2 bajo condiciones de laboratorio.

Certificado

Por la presente certificamos que el producto designado ha sido probado con el siguiente resultado:

- Cumple Los resultados de prueba están dentro de las especificaciones del producto.
 No Cumple Los resultados de prueba no están dentro de las especificaciones del producto.



SISTOP SERVICIOS TECNICOS


LUCIA CORTES MELENDEZ
Signatario Autorizado


GABINO SURAN ALCALA
Ingeniero de Calibración

Certificado No: 5016843-08162018

Este Certificado no puede ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación por escrito de SYSTOP Servicios Técnicos S.A. de C.V.

pagina 1/4

Este Certificado no puede ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación por escrito de SYSTOP Servicios Técnicos S.A. de C.V.

Imagen 18. Certificado de calibración.

Para efectuar la medición del Sistema de Control Altimétrico es empleado un nivel topográfico marca Leica NAK-2 y miras invar de 2 y 3 metros de doble graduación, su precisión es de 0,3 mm por km de nivelación, las mediciones son realizadas a distancias menores a 25 m entre el nivel y las miras, de ser necesario, cuando las distancias entre referencias son mayores a 50 m es necesario instalar puntos de liga (PL) entre referencias.

Las nivelaciones efectuadas por CFE son periódicas de acuerdo a lo establecido en el Plan de Auscultación vigente aprobado. El Sistema de Control Altimétrico del proyecto está compuesto por tres secciones instrumentadas, ubicadas en zonas de cobertura menor a 40 m sobre el trazo del túnel bitubo (Tramo II del TITM) correspondientes a las secciones:

- Sección 1 (S1): Con Cad. 36+200 a 36+800 aproximadamente (Conalep El Zarco).
- Sección 2 (S2): Con Cad. 40+120 a 40+300 aproximadamente (Atliburros).
- Sección 3 (S3): Con Cad. 40+780 a 40+900 aproximadamente (Cruz Blanca).

Las frecuencias de medición son efectuadas de acuerdo a lo establecido en el documento “Tramo II- Auscultación y control de túneles (No Doc. TITM-T2-IN-SRTUN-000-1160, Rev. 00, Julio de 2014), elaborado por la proyectista SENER; el cual cita lo siguiente:

“La frecuencia de lectura de los instrumentos será la siguiente:

- Una lectura inicial antes de empezar las obras.
- Una lectura diaria cuando el frente de excavación se halle a 50 m por delante del punto de observación hasta que se halle a 50 m por detrás.
- Dos lecturas por semana cuando el frente de excavación se halle a más de 50 m por delante o por detrás del punto de observación y hasta la estabilización.
- Una lectura mensual tras estabilización hasta el final de la obra del túnel.
- Para las lecturas de los extensómetros de varillas tiene prioridad en las lecturas cual es la distancia al frente a la que se han tomado ya que una de sus principales utilidades es detectar si las presiones calculadas son correctas y dónde se produce el asiento principal (en la rueda de corte, en el cuerpo de la tuneladora, en la inyección de mortero) para poder hacer modificaciones. Por ello, además de las mediciones establecidas anteriormente, hay que hacer mediciones adicionales a 1 diámetro del frente, al paso de la rueda de corte y detrás de la dovela inyectada. Como las velocidades de la máquina son altas, probablemente este criterio suponga que sea necesario realizar al menos una medida al día durante el paso de la tuneladora por cada sección de control de superficie.”

A continuación, son presentadas las gráficas de asentamientos acumulados en las estructuras ubicadas en las cinco secciones instrumentadas a lo largo del trazo del túnel bitubo (viviendas, aulas, edificios administrativos y monumentos históricos); los asentamientos acumulados registrados por el Sistema de Control Altimétrico son representados en las gráficas (imágenes 21 a 25), las cuales a la fecha no presentan un comportamiento que ponga en riesgo la seguridad y estabilidad de las estructuras; registrando un asentamiento máximo en la zona de Conalep del orden de 10,41 mm, quedando por debajo de los umbrales de alerta que marca el “Plan de Auscultación” (No. Doc.

Informe 841.02-200/16), Elaborado por la Oficina de Instalación y Mediciones y el Departamento de Instrumentación y Mediciones de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC-CFE).

ELEMENTO	ESTRUCTURA	MOVIMIENTO	aviso	alerta	alarma
Hitos de Nivelación y regletas	Edificios cimentados superficialmente sin daños aparentes	Movimientos verticales en zona con estructuras (mm)	<15.00	≥15.00	≥20.00
		Distorsiones angulares	<1/2000	≥1/2000	≥1/1000
	Edificios cimentados profundos o con losas en buen estado	Movimientos verticales en zona con estructuras (mm)	<15.00	≥15.00	≥20.00
		Distorsiones angulares	<1/1000	≥1/1000	≥1/500
	Edificios cimentados superficialmente, con daños	Movimientos verticales en zona con estructuras (mm)	≥4.00	≥4.00	≥6.00
		Distorsiones angulares	<1/3000	≥1/3000	≥1/2000
Hitos de Nivelación	Zona libre de estructuras con firme	Movimientos verticales en zona con estructuras (mm)	<22.5	≥22.5	≥30.00
		Distorsiones angulares	<1/300	≥1/300	≥1/200
	Zona libre de estructuras sin firme	Movimientos verticales en zona con estructuras (mm)	<37.5	≥37.50	≥50.00
		Distorsiones angulares	<1/200	≥1/200	≥1/100

Tabla 10. Límites de control para inmuebles.

3.3 Sección 1 (s1), plantel conalep el zarco.

La sección instrumentada 1 (S1), ubicada en las instalaciones del plantel Conalep el Zarco, en el Estado de México (imagen 19), fueron instaladas 35 referencias topográficas en aulas, edificios administrativos y monumentos históricos.

El monitoreo del Sistema de Control Altimétrico inicia a partir del Banco Conalep (PL-209), el cual, durante la verificación de bancos de nivel, obtuvo la elevación 3136,19805 msnm (ver tabla 11). La verificación fue efectuada partiendo del banco patrón establecido por la empresa DIRAC, el cual está ubicado a un costado de la pista México-Toluca, muy próximo al Portal Oriente.

Banco	Z
Conalep	3136,19805

Tabla 11. Cota banco de nivel conalep.

Posteriormente es propagado el valor altimétrico por el acceso al plantel Conalep “El Zarco”, utilizando los testigos de medición (PL) instalados de varilla corrugada de $\varnothing=1/2'$, hacia las referencias instaladas en aulas, edificio administrativo y monumentos históricos dentro dicho plantel.

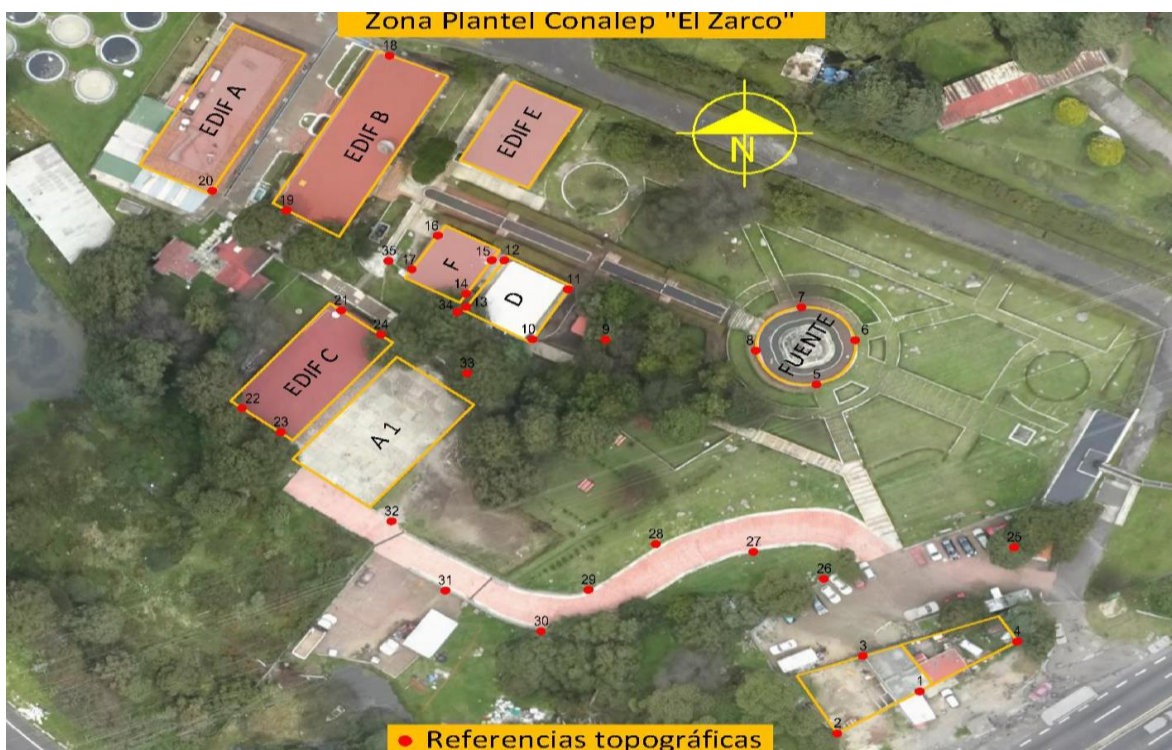


Imagen 19. Ubicación de Referencias.

Se presenta los resultados obtenidos por el Sistema de Control Altimétrico implementado en la Sección 1 (S1) CONALEP, durante este periodo. Las imágenes 21 a 25 presentan de manera gráfica dichos resultados.

COORDENADAS UTM, S1 CONALEP				
No. Pija.	X	Y	Z (Elev.)	Referencia
1	462878.501	2133399.01	3134.7083	Autolavado
2	462865.151	2133390.29	3134.49986	
3	462869.295	2133406.34	3133.99773	
4	462894.279	2133409.37	3135.62099	Taller mecánico
5	462861.776	2133462.68	3127.72318	Fuente
6	462868.066	2133471.86	3127.75614	
7	462859.332	2133478.71	3127.70781	
8	462851.922	2133469.7	3127.65469	
9	462827.587	2133471.98	3122.87798	Cafetería
10	462815.715	2133472.03	3122.18934	Edificio "D"
11	462821.455	2133482.38	3122.16825	
12	462811.209	2133488.42	3122.09027	
13	462804.985	2133478.76	3122.07084	Edificio "E"
14	462804.957	2133481.44	3122.21566	
15	462809.109	2133488.43	3122.21656	
16	462800.374	2133493.57	3122.21159	
17	462796.202	2133486.57	3122.21675	

Tabla 12. Coordenadas actuales definitivas.



Imagen 20. Control Altimétrico.

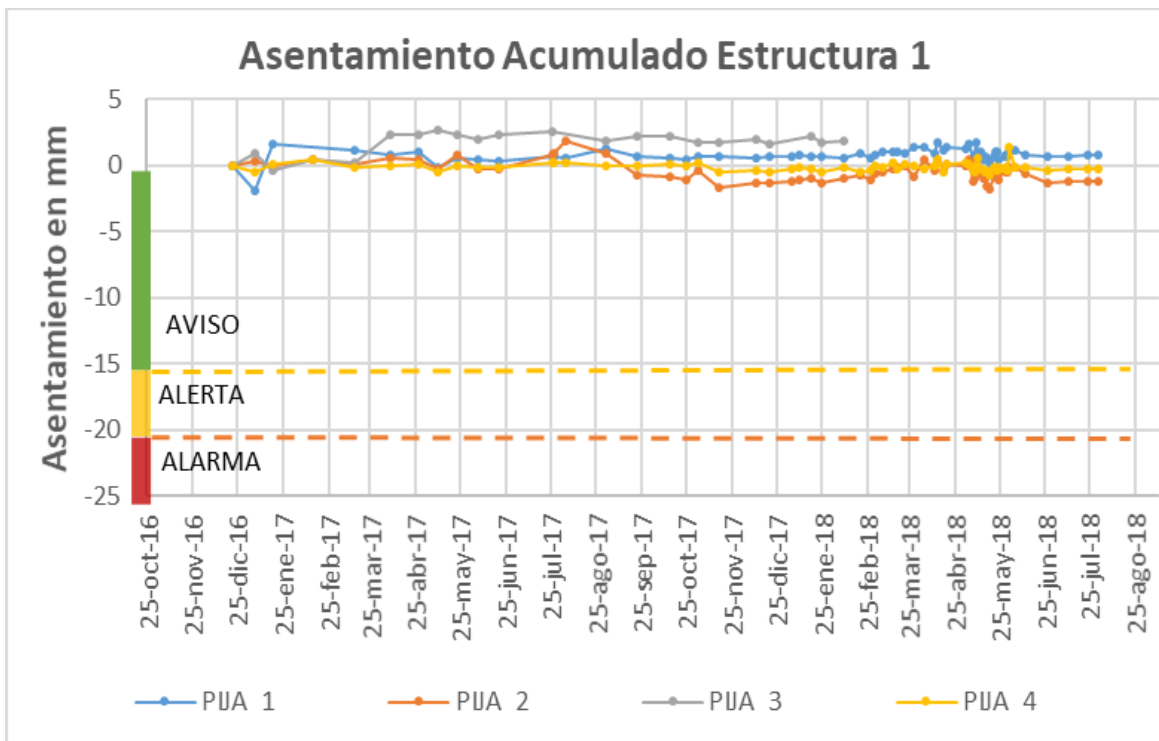


Imagen 21. Asentamiento Acumulado en referencias de la estructura 1 en la S1.

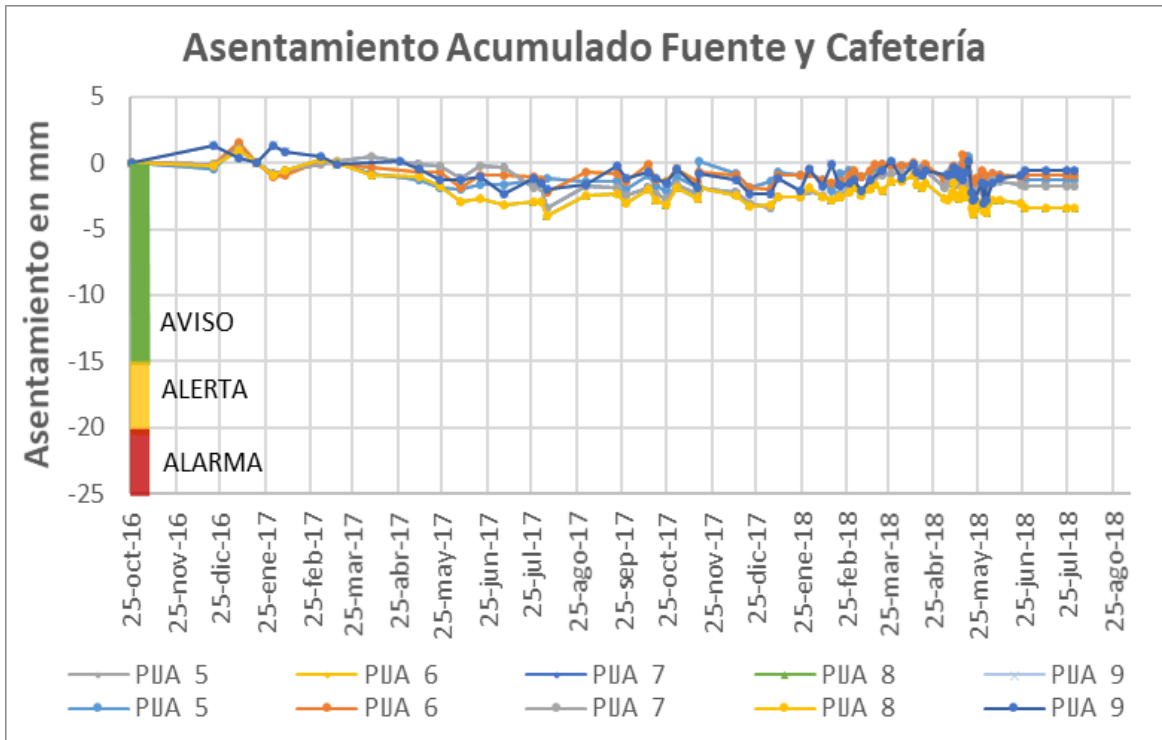


Imagen 22. Asentamiento Acumulado en referencias de fuente y cafetería en la S1.

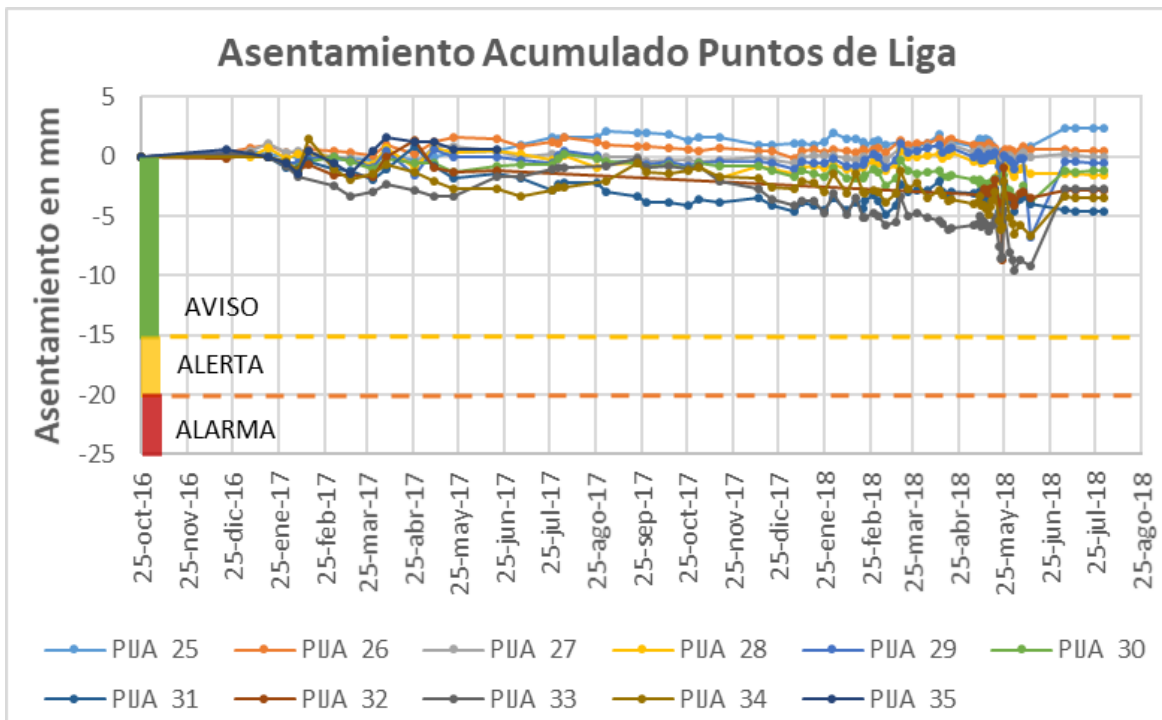


Imagen 23. Asentamientos en los puntos de liga (PL) en la S1.

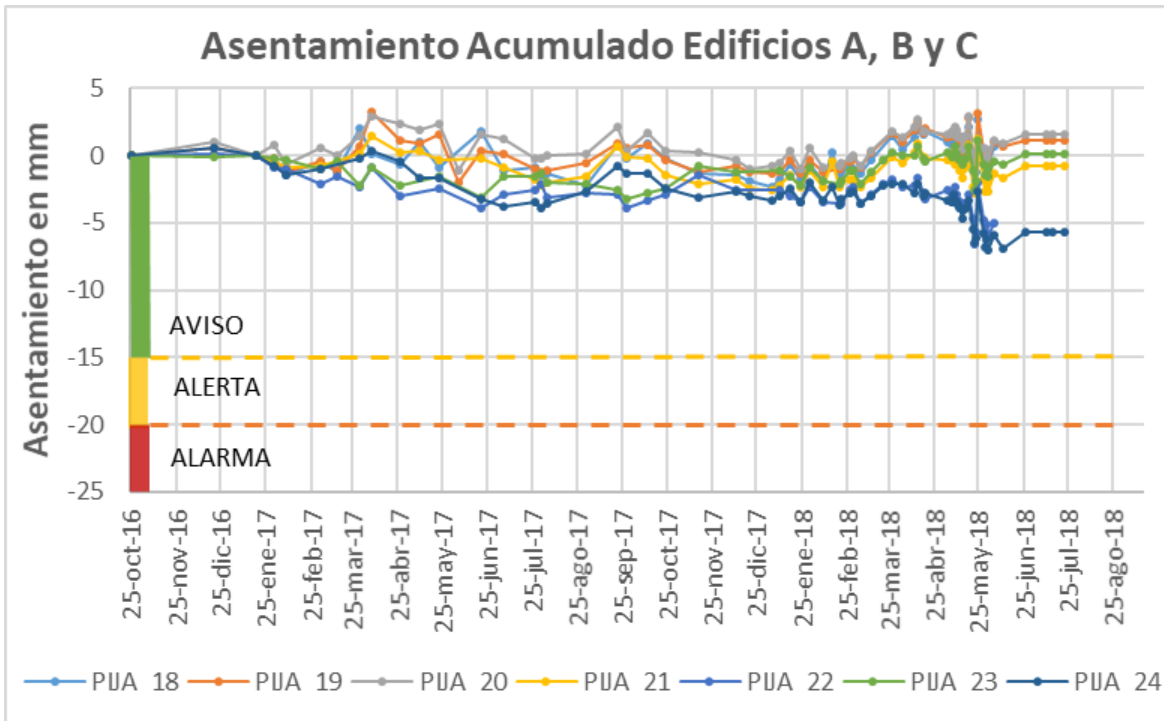


Imagen 24. Asentamientos en referencias en las Aulas A, B y C en la S1.

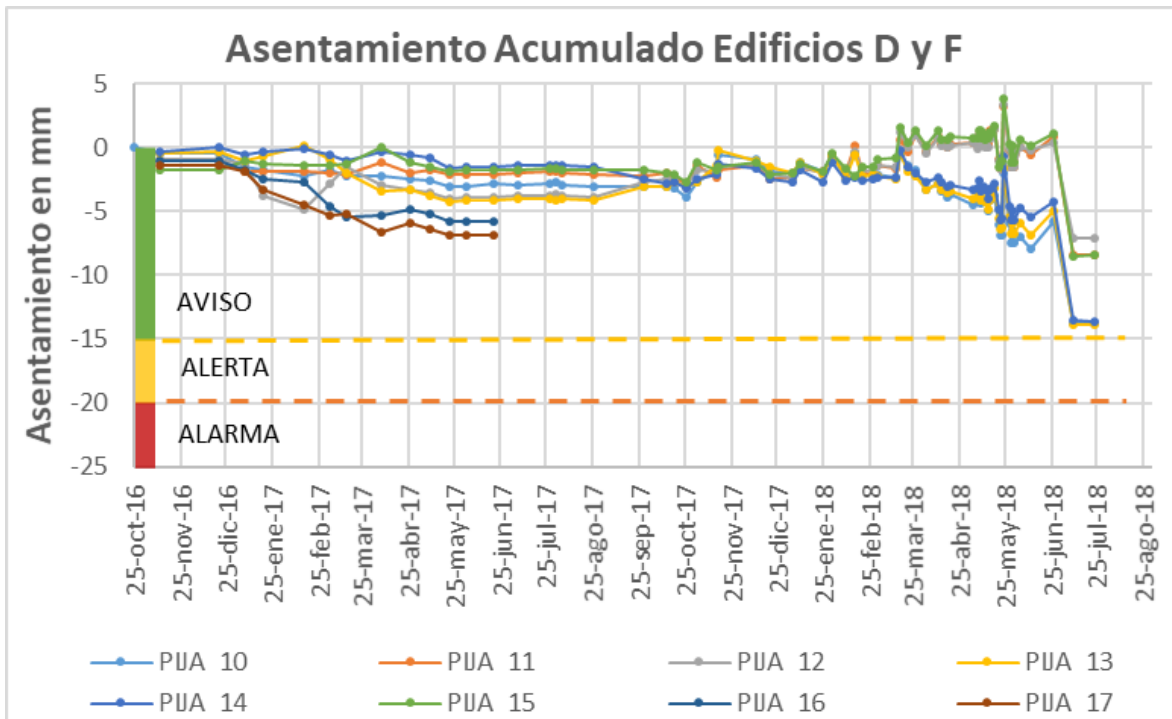


Imagen 25. Asentamientos en referencias en las Aulas D y F en la S1.

De acuerdo a lo que registra la **imagen 21** referente a los asentamientos de la estructura 1, no se presenta algún comportamiento desfavorable debido a que el valor máximo acumulado es de 9,39 mm por lo que se ubica debajo de los umbrales establecidos en el Plan de Auscultación.

La **imagen 23** muestra los resultados obtenidos en los puntos de liga situados en el área de estacionamiento del plantel, mismos que presentan los mayores asentamientos acumulados de toda la sección, los cuales son del orden de 10,52 mm. Sin embargo, no se observa ningún comportamiento desfavorable o anómalo, el valor antes mencionado se encuentra por debajo de los valores de aviso, alerta y alarma establecidos en el Plan de Auscultación.

Referente a la **imagen 24**, esta mantiene su tendencia, los mayores asentamientos acumulados se presentan en las estructuras civiles (aulas, edificios administrativos y monumentos históricos); el asentamiento máximo es del orden de 9,39 mm el cual, se encuentra por debajo de los umbrales de acción (aviso, alerta y alarma), valores clasificados y establecidos en el Plan de Auscultación.

En lo que respecta a la **imagen 25**, se observa que las referencias topográficas tipo alcayata (pijas) numero 16 y 17 continúan sin medición, debido al proceso de construcción de un edificio en esta zona denominada “EDIFICIOS D Y F”, lo anterior, impide la continuidad de medición del Control Altimétrico en la zona, a su vez, las referencias topográficas antes mencionadas son aquellas que registraron los valores máximos del orden de 6,90 mm, de modo que se encuentran por debajo de los parámetros estipulados en el Plan de Auscultación.

3.4 Sección 2 (s2), atliburros.

La sección instrumentada 2 (S2), corresponde a la colonia denominada Atliburros, perteneciente a la delegación Cuajimalpa de la Ciudad de México, fueron instaladas 61 referencias topográficas en viviendas.

A partir del banco de nivel patrón proporcionado por la empresa DIRAC, fue efectuada la verificación de bancos de nivel, para determinar la elevación del PL-44 ubicado en la base de la escalera del puente peatonal de la colonia Atliburros con elevación 2978,25327 msnm.



Imagen 26. Referencias en Altiburros.



Imagen 27. Nivelación de pijas en S2.

COORDENADAS UTM, S2 ATLIBURROS				
No. Pija.	X	Y	Z (Elev.)	Dirección
1	465577.919	2135463.44	2990.722	Calle Atliburros Privada
2	465579.293	2135479.88	2989.771	
3	465570.28	2135477.47	2989.819	
4	465570.108	2135462.63	2991.252	
5	465578.045	2135848.28	2989.555	Xalpa
6	465576.137	2135488.76	2989.415	
7	465572.282	2135501.65	2987.28	Callejón Xalpa
8	465574.663	2135512.94	2986.475	
9	465578.664	2135500.31	2988.829	
10	465521.63	2135477.12	3004.917	Privada Xalpa
11	465509.617	2135483.7	3005.022	
12	465500.269	2135473.76	3005.363	Privada Xalpa
13	465509.061	2135468.77	3005.366	
14	465570.292	2135526.94	2983.594	Xalpa
15	465570.383	2135515.61	2984.802	Xalpa
16	465512.444	2135456.78	3010.248	Privada Xalpa
17	465504.328	2135462.44	3009.89	

18	465531.857	2135470.27	3003.377	Privada Xalpa
19	465658.911	2135482.87	3016.645	Calle Atliburros Privada S/N
20	465661.307	2135486.78	3017.465	
21	465650.006	2135479.44	3013.199	Calle Atliburros S/N
22	465645.719	2135505.93	3010.352	Calle Atluburros
23	465646.423	2135515.49	3009.149	
24	465626.269	2135517.18	3004.205	
25	465625.571	2135507.4	3004.129	
26	465652.552	2135526.59	3007.745	Calle Atliburros 149
27	465653.066	2135533.82	3007.291	
28	465636.695	2135526.3	3004.601	Calle Atliburros
29	465640.49	2135539.18	3003.395	
30	465627.926	2135542.71	2999.071	
31	465627.313	2135530.77	3001.464	

Tabla 13. Coordenadas actuales de S2.

Referente al Sistema de Control Altimétrico de la Sección S2, la medición inicia a partir del PL-44 (referida al BN-Patrón) dicho punto está ubicado dentro del área de la Sección S2 en la Colonia Atliburros.



Imagen 28. Control altimétrico con referencia.



Imagen 29. Control altimétrico en campo.

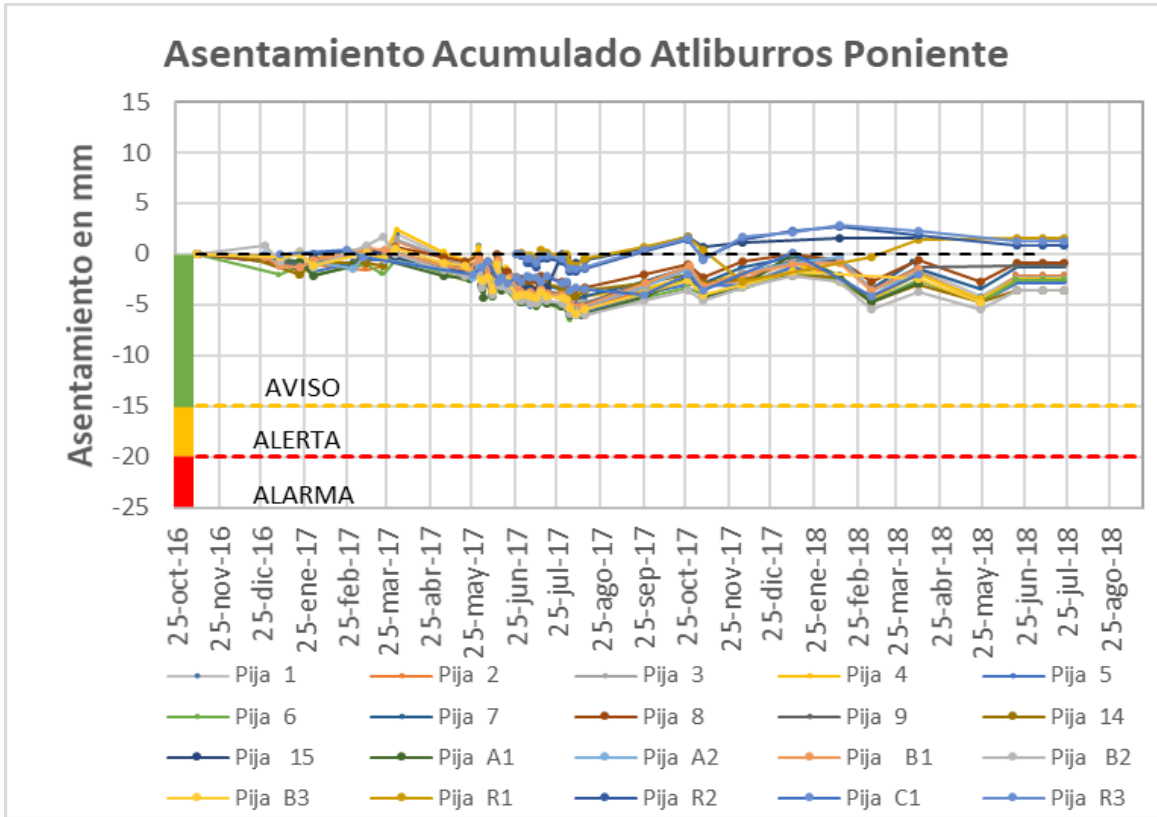


Imagen 30. Asentamientos en referencias de estructuras 5, 6, 8, 19 y 20.

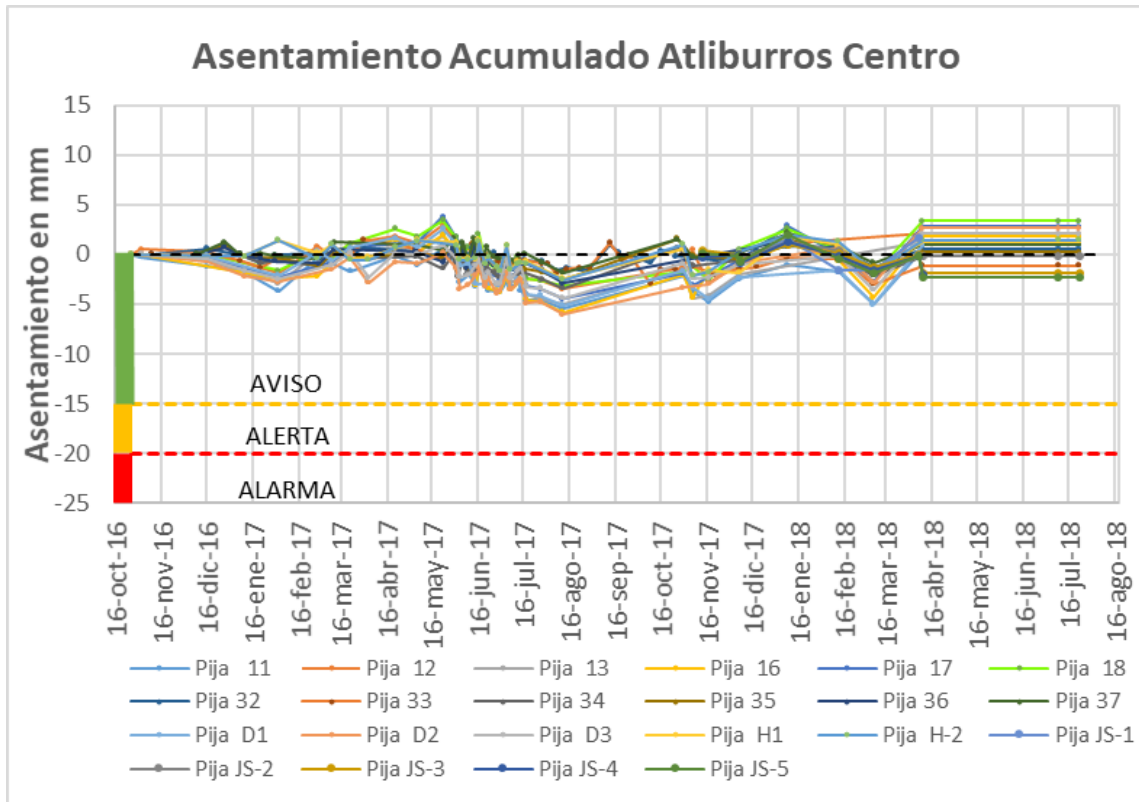


Imagen 31. Asentamientos en referencias de estructuras 1 a 4, 7, 15 a 17 y 27.

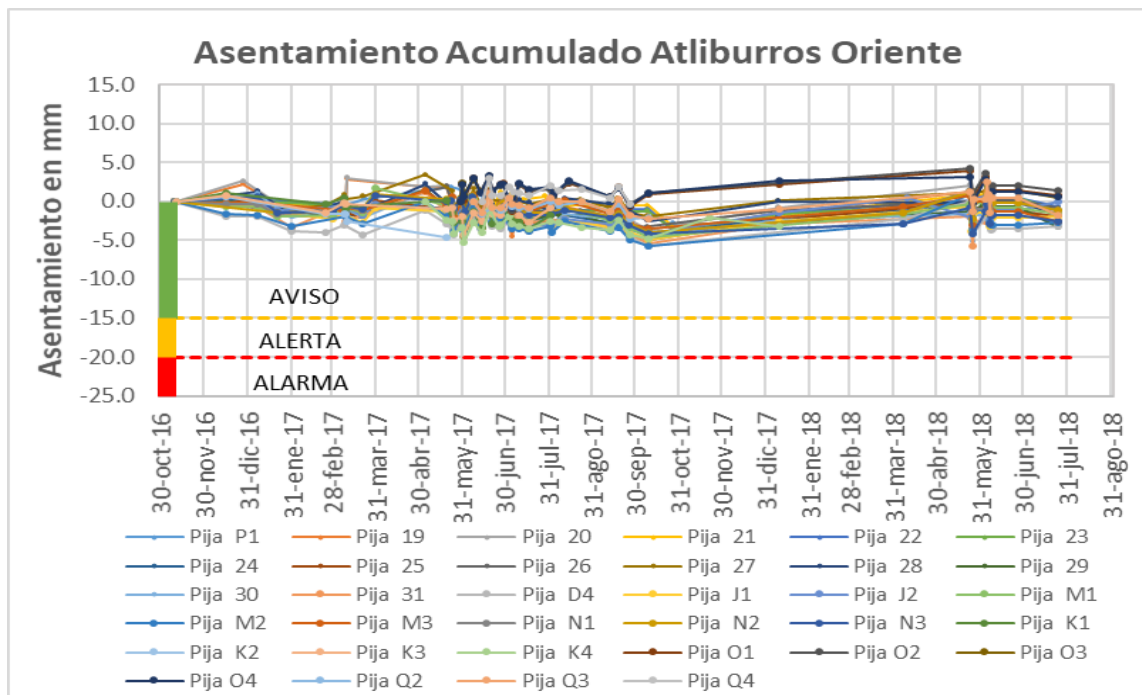


Imagen 32. Asentamientos en referencias de estructuras 10 a 14, 21 a 26 y 30.

Las imágenes 30, 31 y 32 muestran los resultados de los asentamientos acumulados en las estructuras (viviendas); las cuales no muestran asentamientos significativos que presenten un riesgo a la seguridad de las estructuras; debido a que el asentamiento máximo registrado es del orden de 6,45 mm, ubicado en la zona Poniente de Atliburros, sin embargo, se considera dentro de rango aceptable a lo establecido en el Plan de Auscultación.

Los desplazamientos registrados en la Sección S2 son menores a 15 mm, por lo tanto, están por debajo de los umbrales de acción (aviso, alerta y alarma), valores clasificados y establecidos dentro del Plan de Auscultación.

En cumplimiento al documento “TITM-T2-IN-SRTUN-000-1160” emitido por la proyectista SENER y enunciado en el Plan de Auscultación por CFE, a la fecha son realizadas las mediciones de la Sección Instrumentada S2 con una periodicidad quincenal y son reportadas de manera mensual, dicho documento establece el siguiente criterio: una lectura diaria a partir de los 50 m adelante del frente de excavación y 50 m detrás del punto de observación y hasta la estabilización, una mensual tras la estabilización hasta el final de la obra del túnel.

3.5 Sección 3 (s3), cruz blanca.

La sección instrumentada 3 (S3), corresponde a la colonia denominada Cruz Blanca, particularmente en la cercanía del Portal Oriente, perteneciente a la Ciudad de México (imagen 33), esta sección consta de 30 referencias topográficas en viviendas.

Las mediciones son realizadas partiendo del Banco de Nivel Patrón BN-1 hacia las referencias instaladas en la zona de Auscultación y viviendas.

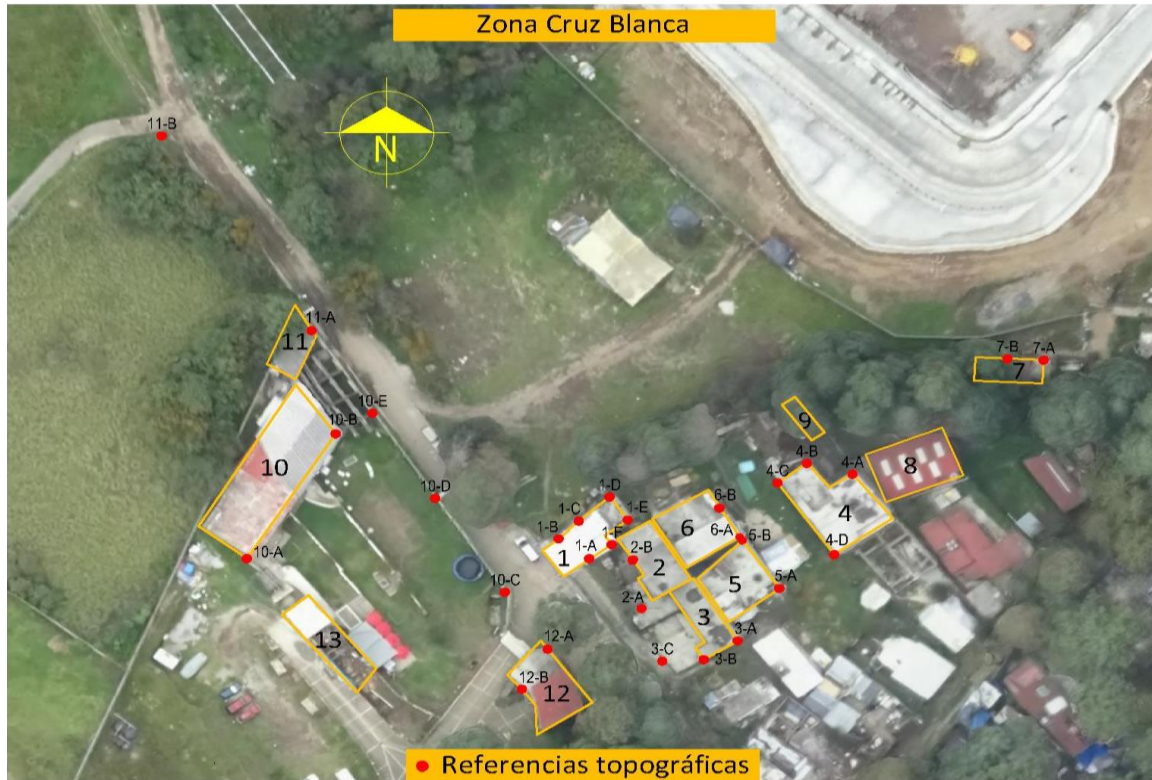


Imagen 33. Referencias Topográficas en S3.

En cumplimiento al documento “TITM-T2-IN-SRTUN-000-1160” emitido por la proyectista SENER y enunciado en el Plan de Auscultación por CFE, a la fecha son realizadas las mediciones de la Sección Instrumentada S3 con una periodicidad quincenal y son reportadas de manera mensual, dicho documento establece el siguiente criterio: “a partir de los 50 metros por delante del frente de excavación y 50 metros por detrás del mismo, se efectuarán mediciones diarias, posterior a esta condiciones se realizará una medición semanal o quincenal y hasta la estabilización de estas secciones.”



Imagen 34. Nivelación en S3.

COORDENADAS UTM, S3 CRUZ BLANCA				
No. Pija.	X	Y	Z (Elev.)	Dirección
1-A	466087.774	2135853.29	2976.848	Cruz Blanca No.49
1-B	466083.087	2135856.73	2977.033	
1-C	466086.172	2135859.8	2975.002	
1-D	466090.865	2135863.96	2973.447	
1-E	466093.677	2135859.98	2973.692	
1-F	466091.215	2135855.7	2973.867	
2-A	466095.804	2135844.61	2974.21	Cruz Blanca No. 17
2-B	466094.441	2135853.03	-	
3-A	466110.527	2135839.04	2973.556	Cruz Blanca No. 17B
3-B	466105.337	2135835.77	2974.747	
3-C	466098.964	2135835.53	2974.735	
4-A	466128.128	2135867.92	-	Callejón Cruz Blanca
4-B	466121.116	2135869.79	-	
4-C	466116.615	2135866.41	-	
4-D	466125.299	2135853.95	2967.271	

Tabla 14. Coordenadas actuales en S3.

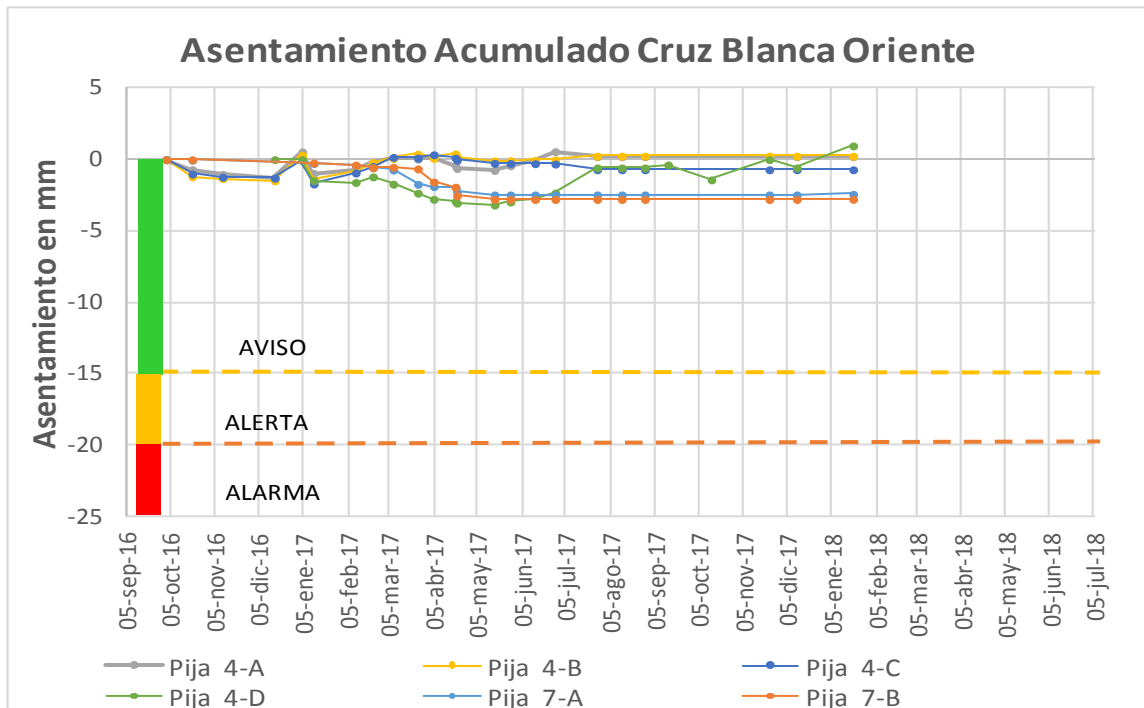


Imagen 35. Asentamientos de referencias topográficas Estructuras 4 y 7.

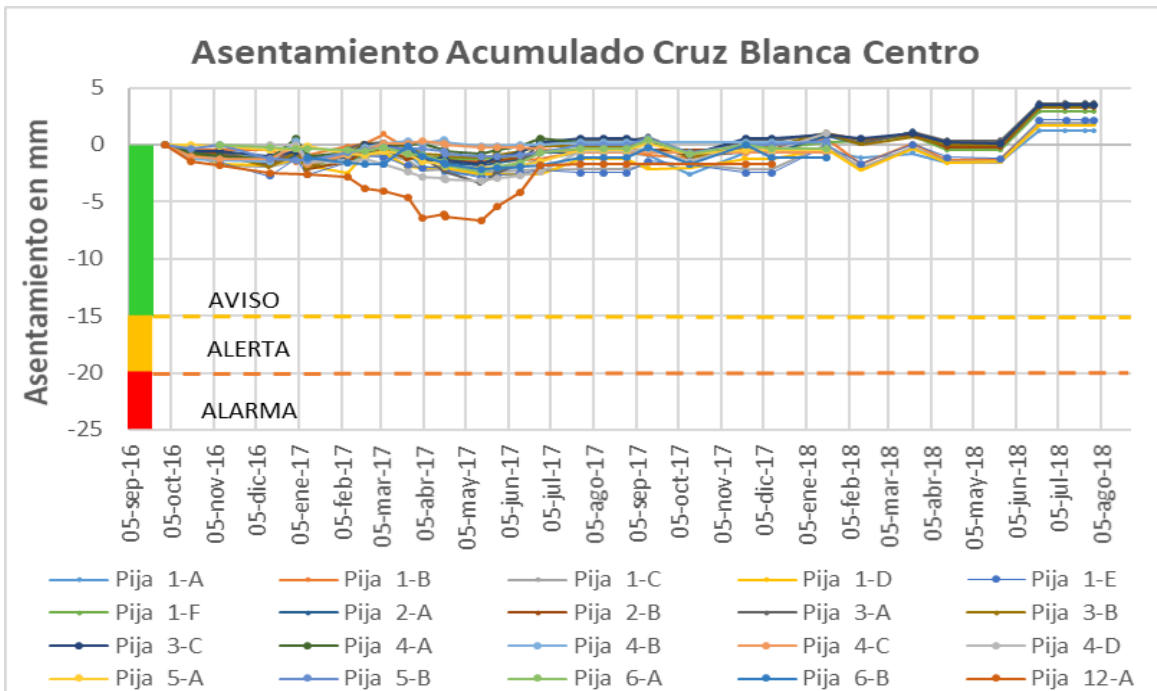


Imagen 36. Asentamientos de referencias topográficas 1, 2, 3, 5 y 6.

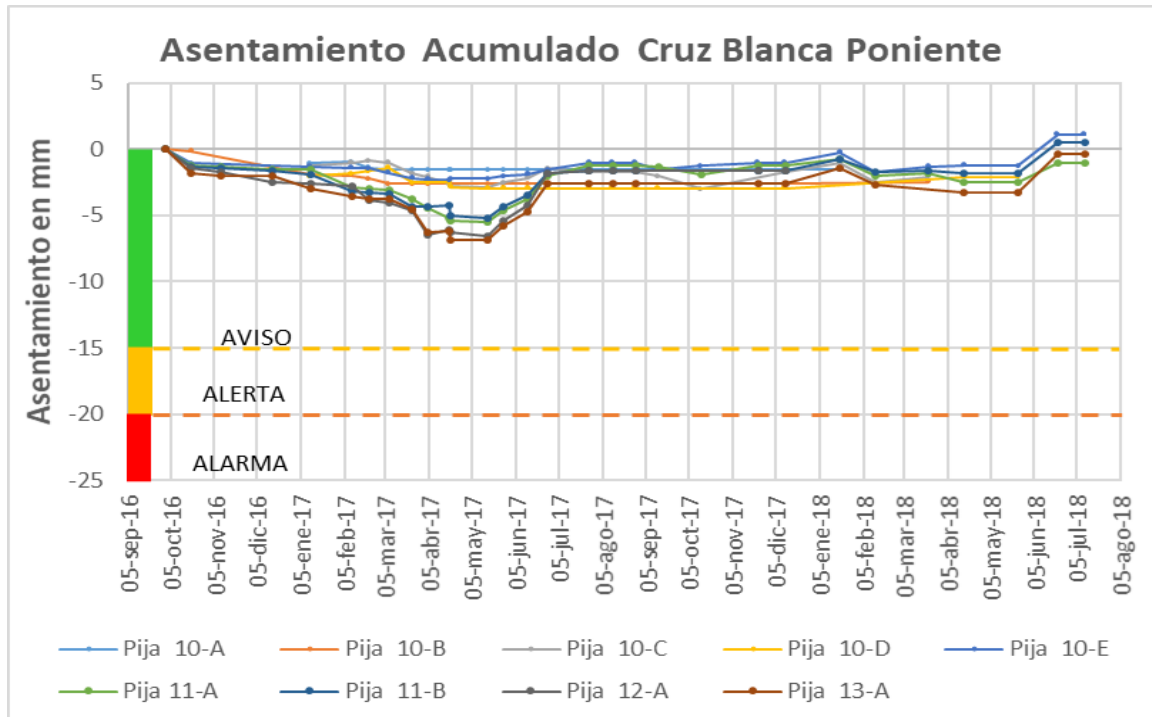


Imagen 37. Asentamientos de referencias topográficas 10, 11, 12 y 13.

Debido a la negativa por parte de la población de continuar con la medición de las referencias topográficas, se ha dejado de monitorear en su totalidad la zona denominada oriente.

Las figuras anteriores muestran los resultados obtenidos por la nivelación de primer orden efectuada en las estructuras (viviendas), las cuales no presentan asentamientos significativos que pongan riesgo la seguridad estructural.

El asentamiento máximo registrado en esta sección es del orden de 6,86 mm, quedando por debajo de los umbrales de alerta que establece el “Plan de Auscultación” (No. Doc. Informe 841.02-200/16). Elaborado por la Oficina de Instalación y Mediciones y el Departamento de Instrumentación y Mediciones de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC-CFE).

Capítulo 4. Etapa Final

4.1 Urbanización

El proyecto se encuentra dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) es la segunda conurbación en importancia del Estado de México y la quinta a nivel nacional. Como se mencionó anteriormente se conectara dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México con el Centro de Transferencia Modal (CETRAM) Observatorio. Por lo anterior se puede establecer que el área de proyecto se encuentra bien comunicada.

Para la construcción del proyecto la empresa contratista requerirá de establecer oficinas de campo y demandará servicios para su operación y manejo. También deberá contar con medios de transporte, servicio médico de rutina y urgencias, además de considerar medios para el rápido traslado de personal que pudiera sufrir un accidente de trabajo a los servicios de salud de la cabecera municipal, o de alguna ciudad cercana al área del proyecto que cuente con los servicios adecuados.

4.2 Áreas Protegidas

De acuerdo con la Ley Ambiental del Distrito Federal en su artículo 5°, las Áreas de Valor Ambiental son las áreas verdes en donde los ambientes originales han sido modificados por las actividades antropogénicas y que requieren ser restauradas o preservadas, en función de que aún mantienen ciertas características biofísicas y escénicas. Cabe destacar que el trazo cruza por la Barranca Tacubaya, bajo esta jurisdicción local. La siguiente tabla muestra los cadenamientos y área que cruza.

Cadenamiento		Longitud	Área Ha	Área de valor ambiental	Área Ha	%
Inicial	Final					
55+265.29	55+5670.14	304.85	0.49	Barranca Tacubaya	158.26	0.31%
55+640.02	56+530.74	890.72	1.43			

Cadenamiento		Longitud	Área Ha	ANP Estatal	Área Ha	%
Inicial	Final					
28+747.18	36+984.54	8,237.36	13.18	Otomí - Mexico	106,838.48	0.01%
21+732.89	23+917.35	2,184.46	3.50	Santuario del Agua, tributaria San Lorenzo	12,657.92	0.03%
25+031.60	28+269.51	3,237.91	5.18			

Cadenamiento		Longitud	Área Ha	Parque Nacional	Área Ha	%
Inicial	Final					
32+719.72	37+098.53	4,378.81	7.01	Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla	1,920.48	0.36%

Tabla 15. Áreas Protegidas.

4.3 Obras inducidas comunes

Las obras inducidas comunes son ejecutadas por la empresa constructora. A continuación se mencionan cuáles son las obras inducidas comunes:

1. Conexión provisional de líneas y descargas de drenaje existentes al momento de realizar las excavaciones y obras.
2. Conexión provisional de líneas y tomas de agua potable existente al momento de realizar las excavaciones y obras.
3. Demolición de construcciones alojadas a lo largo del eje de trazo.
4. Demolición y nueva construcción de muros o cercas delimitantes de propiedad de predios cercanos al eje de trazo.
5. Adecuación de niveles en los registros de agua potable, registros de instalaciones de telefonía o fibra óptica subterráneas, brocales de pozos de vista de drenaje, etc.
6. Cabe aclarar que actualmente solo se tienen identificadas las afectaciones por cadenamiento de los cruces más característicos.

4.4 Obras inducidas especiales

Las obras inducidas especiales se refieren a las instalaciones de servicios públicos y privados, cuya naturaleza no permite la intromisión de mano de obra ajena a la empresa y/o Dependencia propietaria o administradora del servicio, para realizar modificaciones y reubicaciones.

Los trabajos de movimientos y reubicación de instalaciones especiales marginales de servicios, tales como energía eléctrica, telefonía, fibra óptica, gas, conductos de Pemex, etc., serán efectuados únicamente por las empresas y/o Dependencias que tengan bajo su cargo y/o jurisdicción las instalaciones de que se trate, y que interfieran con la obra.

Cabe destacar que actualmente se tienen identificadas diferentes estructuras e infraestructuras que serán afectadas a lo largo del trazo.

4.5 Obras Complementarias

Las obras asociadas, provisionales y/o servicios complementarios que se requerirán para el desarrollo de esta obra son: oficinas administrativas, almacenes, patios de maquinaria, e instalaciones para el resguardo de estructuras prefabricadas.

Las oficinas administrativas, bodegas y sitios de almacenamiento serán ubicados en localidades cercanas a los distintos frentes de trabajo. Estos dependerán de los programas y procedimientos constructivos de la obra en forma más específica. Se contemplan bancos de préstamo para el abastecimiento de los materiales requeridos para la formación de terraplenes y se minimizará la generación de material de desperdicio producto de los cortes.

El área de derecho de vía servirá como sitio de depósito provisional para aquellos pequeños volúmenes de material sobrante o desperdicios en general de forma temporal; sin embargo se requerirá de bancos de tiro en forma que cuenten con su debida autorización en materia ambiental para la disposición final de residuos de manejo especial generados; particularmente de los grandes volúmenes de rocas producto de la excavación del túnel. Las contratistas requerirán además de la habilitación de caminos de acceso existentes y nuevos (con sus correspondientes autorizaciones ambientales) hacia los frentes de trabajo principalmente para la construcción del túnel.

En el caso de las oficinas administrativas así como de otras obras complementarias se prevé una menor afectación al entorno debido a que éstas podrán ubicarse en las diversas localidades cercanas al proyecto. Este hecho permitirá una menor afectación en terrenos naturales por la instalación de espacios necesarios para el control de la obra. En todo caso podrán utilizar oficinas móviles que puedan acercarse a la zona del Proyecto.

Almacenes para los frentes de obra, en este sitio se depositarán temporalmente los materiales a utilizar en la obra como varillas, cal, cemento, materiales para delimitar el derecho de vía, herramienta menor, combustible, aceite, lubricantes, aditivos y en general, todos aquellos que por su exposición a la intemperie sean susceptibles de sufrir deterioros. La capacidad del depósito, así como los materiales con que se construya será determinada por el flujo de materiales de acuerdo con el programa de trabajo y el área que ocupará cada almacén se estima que será de aproximadamente 0.5 ha.



Imagen 38. Estructura provisional de obra.

El taller es el área donde se realiza el mantenimiento de la maquinaria utilizada en la obra la cual resulta conveniente que se ubique en un lugar plano. Es recomendable construir un firme de concreto armado en las zonas francas donde se realicen operaciones de mantenimiento de los equipos para proteger al suelo de posibles derrames accidentales con una pendiente del 1% - 2% para facilitar el drenaje hacia un depósito o cárcamo ciego donde sea sencillo recolectar los escurrimientos de aceites y otros hidrocarburos.

La superficie en la que se puede ubicar un taller puede variar pero para el proyecto que nos ocupa se considera una superficie por taller de 0.5 ha en promedio y para el proyecto en comento serán ubicadas en los mismos sitios donde se localicen los almacenes, ello con la intención de disminuir la presión sobre el medio ambiente de la zona, la logística de operación de estos sitios depende del número de equipos programados de acuerdo con el programa de mantenimiento contemplado. Al finalizar los trabajos, las zonas de desplante de estos sitios deberán ser desmantelados en su totalidad, escarificando por medio

de Ripper el suelo residual tanto como sea posible con el fin de facilitar la posterior reforestación del área ocupada.

El suelo natural de la zona de un proyecto rara vez cuenta con las características estructurales para ser usado como base de las estructuras de soporte para el tendido de las vías ni en calidad ni en cantidad, por ello, es necesario extraer material terreo y pétreo de algunos bancos de materiales cercanos a la zona de proyecto para proveer de este material en una cantidad y calidad aceptable lo cual evidentemente genera un impacto que no incide directamente sobre la zona de proyecto ya que por lo regular estos sitios se encuentran alejados de la zona donde se realizan los trabajos.

En general, los bancos de préstamo son sitios en los cuales se realizan desmontes y despalmes para la obtención del material con las características requeridas por las especificaciones del proyecto. Cuentan con áreas muy extensas donde se va almacenando el material que será enviado y en algunos casos cuentan con la infraestructura necesaria para seleccionar sus productos como cribas, bandas transportadoras, tolvas y desde luego equipos automotores para el movimiento de tierras.

El material pétreo necesario para la construcción provendrá de bancos de material autorizados cercanos al proyecto. Este material se utilizará principalmente para complementar el faltante del aprovechamiento del material producto de los cortes y excavaciones que serán aprovechados en un 90%, lo que supondrá una menor afectación por este concepto. Referente a esta obra complementaria, la constructora deberá realizar el trámite correspondiente para el aprovechamiento de cualquier banco de préstamo que no cuente con su autorización y permiso ambiental y de la misma forma si se requiere una planta de trituración o caminos de acceso al mismo.

4.6 Caminos de acceso

Para la adecuada y óptima realización de las diferentes obras y actividades relacionadas con la construcción del proyecto, es necesario el acondicionamiento de caminos existentes, y en su caso, la apertura de caminos de acceso fuera del derecho de vía. Estos caminos serán temporales y servirán principalmente para el traslado de maquinaria, equipo, materiales y la mano de obra requerida para los frentes de trabajo. La construcción de estos caminos de acceso serán con las condiciones de seguridad, estabilidad y pendientes necesarias para la circulación de la maquinaria y el transporte de personal a dichos frentes.

Durante la apertura de dichos caminos se aplicarán de igual forma medidas de mitigación durante su construcción, operación y hasta su abandono. Cabe señalar que no se prevé afectación a individuos de estrato arbóreo y/o de importancia ecológica por las obras de construcción y uso del camino de acceso hacia los diferentes frentes de trabajo.

Los principales caminos se harán durante la construcción del Túnel, en este sentido y verificando los caminos existentes, y con la intención de minimizar las afectaciones ambientales se proponen que estos se tracen dentro del derecho de vía de a cargo de la CFE o SCT, según el caso. La siguiente imagen muestra la ubicación de la entrada del túnel respecto a los caminos existentes.

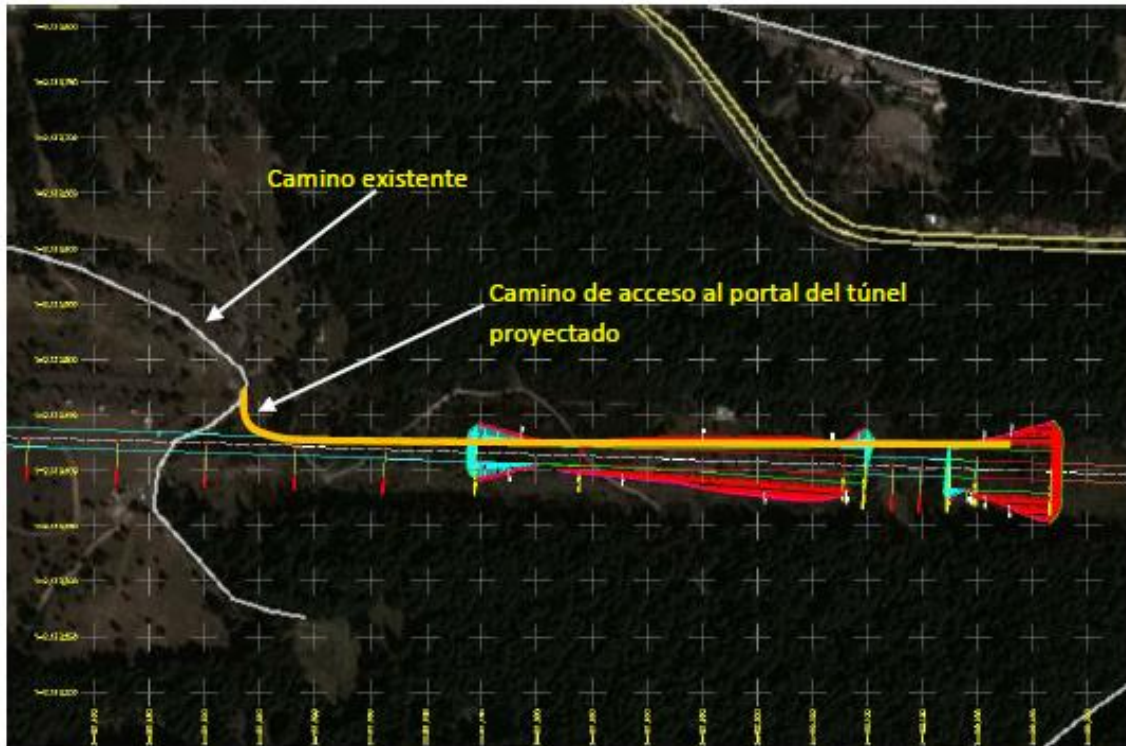


Imagen 39. Caminos existentes cercanos al portal.

El señalamiento y dispositivos para protección en obras son aquellas señales y elementos que se colocan de manera provisional, con el fin de garantizar la integridad de las personas, elementos naturales y las obras, durante la ejecución de los trabajos. De acuerdo con lo anterior es importante definir la ubicación y tipo de señalamiento.

Como se menciona anteriormente la configuración del trazo será a nivel, viaducto elevado (incluyendo los tramos de transición de las zonas a nivel a la sección elevada), un túnel y un falso túnel.

4.7 Cortes

Una vez realizados el despilme y desmonte, se procederá a efectuar los cortes necesarios para encontrar los niveles de desplante de las terracerías,

efectuándose de acuerdo con las líneas y taludes de proyecto, permitiéndose siempre el drenaje natural.

El material producto de los cortes del terreno natural, previa revisión por parte del laboratorio de supervisión, podrá ser utilizado en la construcción de los terraplenes, y las capas de material de mala calidad, así como el sobrante de los cortes, se desperdiciará y se colocará en el banco de tiro previamente aprobado.

Las excavaciones en las zonas de corte serán realizadas a cielo abierto y la maquinaria que se utilizará para la excavación será la adecuada para cada tipo de material que se presente en los diferentes tramos. Las excavaciones se ejecutarán siguiendo un sistema de ataque que permita el drenaje del corte. Se verificará el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, de acuerdo con lo determinado en el proyecto.

4.8 Acarreos

Acarreo es el efecto de trasladar o transportar esos mismos materiales, dentro de la obra, hacia un depósito provisional mientras no se le asigne un uso final o fuera de la obra, a una zona de tiro de depósito permanente o temporal, según sea el caso.

El acarreo libre es el traslado que se efectúa hasta una estación cuya distancia es definida en el proyecto, convencionalmente se hacen hasta 1 km por medios mecánicos (acarreo en camión). El acarreo a una distancia total mayor se considera como sobreacarreo.

El sobreacarreo es el traslado que se efectúa a una distancia mayor a las contempladas en el acarreo libre y determinada por bloques, si es por medios mecánicos, en kilómetros subsecuentes al primero. Cabe hacer el rango de un kilómetro para acarreo en camión, no son limitativos; es aceptable fragmentar la distancia total en estaciones de cualquier otra medida, sólo hay que cuidar que el rendimiento utilizado sea compatible.

Dentro de la superficie por desmontar se deben considerar las superficies a ser afectadas por los caminos de acceso en caso de requerirse, además para los bancos de préstamo nuevos; y será responsabilidad de la empresa constructora la gestión y autorización en materia ambiental.

4.9 Terraplenes

Son las estructuras que se construyen con materiales producto de cortes o procedentes de bancos, con el fin de obtener el nivel de sub-rasante que indique el proyecto, ampliar la corona, cimentar estructuras, formar bermas y bordos, y tender taludes.

Los materiales utilizados para la construcción de estas estructuras podrán provenir de los cortes o de banco; cuando provengan de los cortes podrán ser compactables o no compactables; y cuando provengan de banco, de preferencia serán compactables, pero siempre cumplirán con la calidad indicada en las normas para Terraplén.

En los tramos indicados en el proyecto geométrico, si el nivel de la rasante así lo requiere, habiendo afinado y compactado el terreno natural, se procederá a la formación de los terraplenes en capas de veinte 20 cm de espesor, con material producto de los cortes o alguno de los bancos establecidos.

4.10 Portal oriente - México.

A partir del banco de nivel patrón ubicado a un costado de la pista México-Toluca km 25+711 con elevación 2919,83400 msnm (dato proporcionado por la empresa supervisora DIRAC), fue determinada la elevación del banco de nivel BN-1 ubicado en el Portal Oriente, elevación 2964,37864 msnm.

Partiendo del banco BN-1 es efectuada la nivelación diferencial de primer orden de primer orden en la Sección 3, para determinar la existencia de asentamientos en dicha zona, las referencias están distribuidas sobre el talud de dicho Portal.



Imagen 40. Ortofoto con localización de instrumentos en sección S3 y Portal Oriente.

La Sección 3 (S3), ubicada en el Portal Oriente cuenta con 8 hitos de nivelación instalados, 6 hitos en la berma 1, 7 hitos en la berma 2, y en la berma sobre túneles de la autopista 3 hitos, a partir del BN del portal con elevación 2961,13897 msnm.

El asentamiento máximo en esta sección es del orden de 2,66 mm, valores que están por debajo de los definidos como umbrales de alerta que marca el “Plan de Auscultación” (No. Doc. Informe 841.02-200/16), Elaborado por la Oficina de Instalación y Mediciones y el Departamento de Instrumentación y Mediciones de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC-CFE).

En cumplimiento al documento “TITM-T2-IN-SRTUN-000-1160” emitido por la proyectista SENER y enunciado en el Plan de Auscultación por CFE, a la fecha son realizadas las mediciones de la Sección Instrumentada S3 con una periodicidad quincenal y son reportadas de manera mensual, dicho documento establece el siguiente criterio: “a partir de los 50 metros por delante del frente de excavación y 50 metros por detrás del mismo, se efectuarán mediciones diarias, posterior a esta condiciones se realizará una medición semanal o quincenal y hasta la estabilización de estas secciones.”



Imagen 41. Control Altimétrico en Bermas de Portal Oriente

La figura siguiente muestra los asentamientos acumulados en las estructuras; las cuales no presentan asentamiento significativo que pueda poner en riesgo la seguridad de las estructuras, mostrando claramente un comportamiento asintótico a través del tiempo.

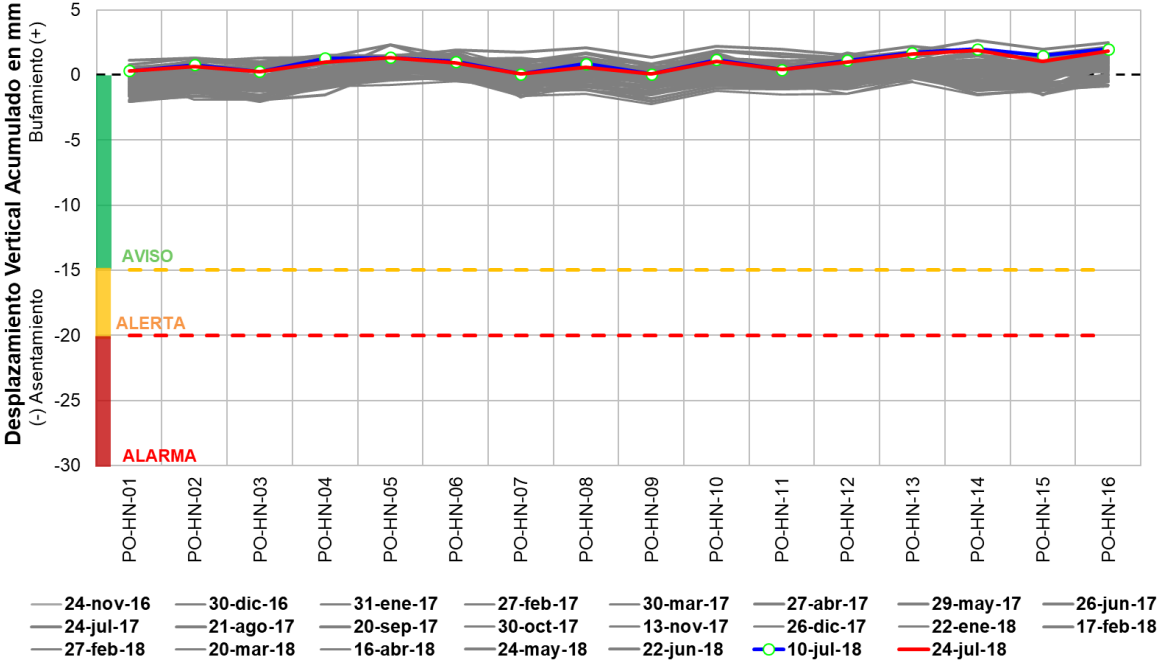


Imagen 42. Asentamientos en portal oriente.

4.11 Portal poniente - Toluca.

Desde el banco de nivel patrón ubicado a un costado de la pista México-Toluca km 25+711 con elevación 2919,83400 msnm, (dato proporcionado por la empresa DIRAC), fue realizada la verificación de bancos de nivel obteniendo la elevación del Banco de Nivel - El Zarco elevación: 3132,85700 msnm y BN-PP-01 con una elevación de 3125,31951 msnm, ubicados en Portal Poniente. Un comportamiento esperado es que existan deformaciones debido al cambio de estado de esfuerzos, tanto de la construcción como de los cortes realizados en el recinto del portal, sin embargo, a la fecha no se han detectado asentamientos significativos que pongan en riesgo la estabilidad del portal.

En cumplimiento al documento “TITM-T2-IN-SRTUN-000-1160” emitido por la proyectista SENER y enunciado en el Plan de Auscultación por CFE, a la fecha son realizadas las mediciones de la Sección Instrumentada S3 con una periodicidad quincenal y son reportadas de manera mensual, dicho documento establece el siguiente criterio: “a partir de los 50 metros por delante del frente de excavación y 50 metros por detrás del mismo, se efectuarán mediciones diarias, posterior a esta condiciones se realizará una medición semanal o quincenal y hasta la estabilización de estas secciones.”



Imagen 43. Ortofoto con localización de instrumentos en sección instrumentada Portal Poniente.

La figura siguiente presenta los asentamientos acumulados en el Portal Poniente, los cuales son orden de 16.5 mm, a pesar que a la fecha la magnitud registrada ha rebasado los límites de aviso no existen evidencias de un comportamiento que ponga en riesgo al personal que labora en la zona y/o indicios de inestabilidad.

Los asentamientos registrados son asociados al método constructivo del portal.

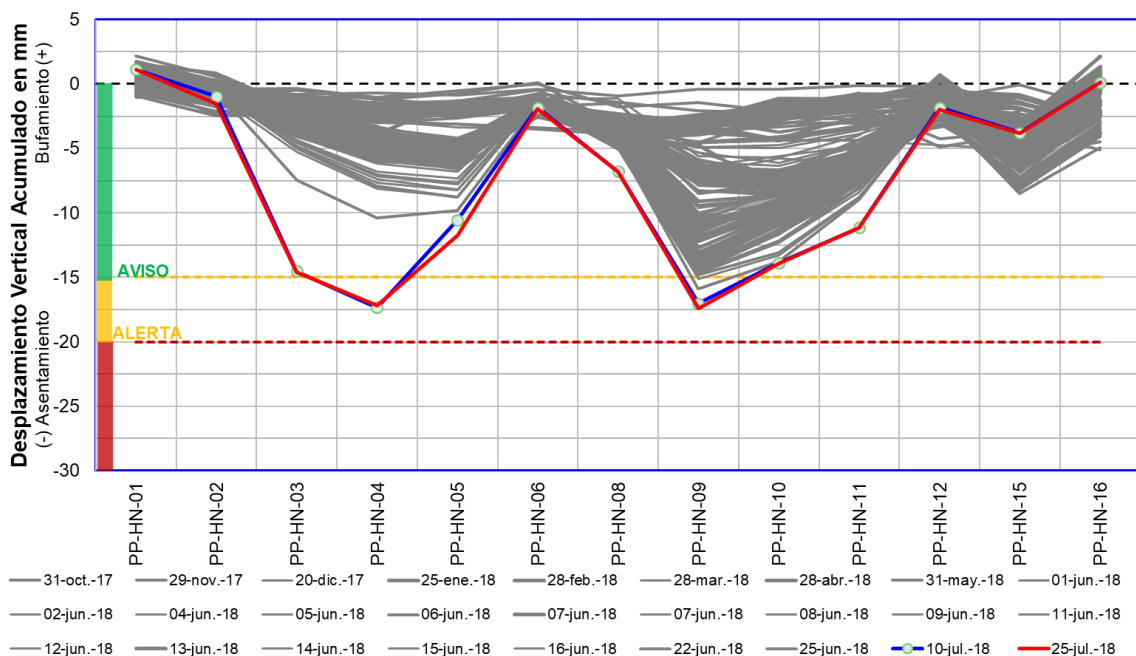


Imagen 44. Asentamientos de Nivelación en Portal Poniente.

4.12 Frecuencia de medición

La frecuencia de medición se realiza a la fecha de acuerdo a lo establecido en el proyecto “Auscultación y Control de túneles tramo II”

Sección-1 CONALEP "El Zarco"			ANTES DE LA EXCAVACIÓN	DURANTE DE LA EXCAVACIÓN	DESPUES DE LA EXCAVACIÓN
NOMBRE	SIMBOLO	CÓDIGO	FRECUENCIA	FRECUENCIA	FRECUENCIA
Hito de Nivelación	□	HN	Semanal	Diaria	Mensual
Referencia Topográfica	⊙	RT	Semanal	Diaria	Mensual

Tabla 16. Frecuencia de medición.

La frecuencia de medición dependerá del comportamiento de la estructura en estudio, la cual podrá disminuir o aumentar según las condiciones que se presenten, en caso de alguna anomalía y/o eventualidad, la frecuencia aumentará de acuerdo a las necesidades.

Conclusiones y recomendaciones

Referente a los resultados del Sistema de Control Altimétrico implementado en las edificaciones ubicadas en zonas de menor cobertura sobre el trazo del túnel bitubo, se tienen las siguientes novedades:

1. Sección 1 (S1) Plantel Conalep El Zarco. Al realizar las verificaciones de nivel mediante método de Nivelación diferencial, tomando en cuenta los parámetros para (Nivelación diferencial de primer orden) obtenemos un asentamiento máximo acumulado del orden de 10,39 mm, mismo asentamiento fue obtenido en los PL (Puntos de Liga), ubicados en el acceso al estacionamiento del Plantel. Con relación a los datos obtenidos mediante nivelación diferencial, se concluye que a la fecha no existen indicios de afectación por la construcción del túnel bitubo.
2. Referente a la sección 2 (S2) Atliburros al realizar la verificación de niveles mediante el método de nivelación diferencial de primer orden, obtenemos un asentamiento máximo acumulado del orden de 6,70 mm. El asentamiento registrado no presenta un riesgo estructural a las viviendas instrumentadas.
3. En lo que respecta a sección 3 (S3) Cruz Blanca al realizar la verificación de niveles mediante método de nivelación diferencial de primer orden. el asentamiento máximo acumulado es del orden de 9.15 mm en la zona poniente. Este asentamiento no representa un riesgo estructural en las viviendas, debido a que está por debajo de los límites establecidos en la Tabla 2. (Límites de control para edificios).

Bibliografía

Topografía Montes de Oca

Montes de Oca, Miguel. México: Alfaomega ; 1996.

Topografía

McCormac, Jack. México : Limusa Wiley, 2013.

INEGI.1986. Síntesis geográfica del Estado de México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

Corominas, J. 2004. “Tipos de rotura en laderas y taludes”. In Carlos López Jimeno (editor). Ingeniería del Terreno (Ingeo Ter 4). E.T.S. I. Minas – Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 447 pp.

museoferrocarrilesmexicanos.gob.mx ›

<http://www.sct.gob.mx/transporte->