



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“CONSTRUCCIÓN DE ACCESO DE LINEA 12 CON LINEA 2 EN LA
ESTACIÓN ERMITA DEL METRO”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A

RODOLFO JESÚS MORENO GALVÁN

ASESOR: ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ



MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA JUNIO 2013

Índice.

	Pag.
I. Introducción.....	5
1.1 Objetivo.....	6
1.2 Planteamiento del problema.....	6
1.3 El metro de la Ciudad de México.....	8
1.4 Historia del metro de la Ciudad de México.....	9
1.5 Plan maestro del metro.....	11
1.6 Etapas de construcción del metro de la Ciudad de México.....	12
II. Línea 12 del metro.....	13
2.1 Descripción de la Línea 12 del Metro.....	14
2.2 Demanda de Línea 12.....	15
2.3 Objetivos de la Construcción de la Línea 12.....	16
2.4 Beneficios de la Construcción de la Línea 12.....	16
2.5 Rentabilidad Social de la Inversión.....	17
2.6 Beneficio Social y Económico.....	17
2.7 Eficiencia.....	18
2.8 Características Físicas y Operativas.....	18
2.9 Conectividad al Sur-Oriente.....	19
2.10 Características Técnicas.....	20
III. Desarrollo del Proyecto de Unión de Línea 12 con Línea 2.....	21
3.1 Parámetros de Análisis.....	22
3.2 Pasarela de Unión de Línea 12 con Línea 2.....	23
3.2.1 Generalidades de Pasarela de Unión Línea 12 con Línea 2.....	25
3.3 Condiciones Estratigráficas del lugar y de Desplante de la Estructura.....	31
3.4 Consideraciones Geotécnicas.....	35

3.5 Normativa Adoptada para el Análisis de la Cimentación.....	37
3.5.1 Sondeos Utilizados.....	37
3.5.2 Propiedades de Resistencia.....	38
3.5.3 Nivel de Desplante.....	38
3.5.4 Sobrecargas.....	38
3.5.5 Sección Transversal.....	38
3.5.6 Estado Límite de Falla.....	38
3.5.6.1 Empujes Pasivos.....	39
3.5.6.2 Estabilidad de Taludes.....	39
3.5.7 Estado Límite de Servicio.....	39
3.5.7.1 Estimación de Deformaciones.....	39

IV. Procedimiento de Construcción..... 40

4.1 Etapa I. Trabajos Previos. Obras Inducidas, Bandeos de la Calzada Tlalpan y Colocación del Tapial de Protección.....	41
4.2 Etapa II. Demolición de Guarnición. Jardinera, Trazo y Nivelación.....	43
4.3 Etapa III. Perforación Previa para el Hincado de Pilotes.....	45
4.4 Etapa IV. Hincado de Pilotes.....	46
4.4.1 Características de los Pilotes.....	46
4.4.2 Materiales.....	46
4.4.3 Hincado de Pilotes Mediante el Sistema Chiflón.....	50
4.4.3.1 Sistema Chiflón.....	50
4.4.3.2 Consideraciones para el Hincado de Pilotes.....	51
4.4.3.3 Procedimiento de Hincado mediante Sistema Chiflón.....	52
4.4.4 Distribución de Pilotes a lo largo de la Pasarela.....	53
4.4.4.1 Módulos 1 y 2.....	53
4.4.4.2 Módulos 3.....	54
4.4.4.3 Módulos 4, 5, 6 y 7.....	55
4.5 Etapa V. Excavación Local en Avances Limitados y Descabece de Pilotes.....	56
4.5.1 Excavación en Avances Limitados.....	56
4.5.2 Descabece de Pilotes.....	60
4.6 Etapa VI. Construcción de Trabes y Dados.....	61
4.6.1 Características Geométricas de Trabes y dados.....	62
4.6.2 Materiales.....	63
4.6.3 Elevación de Trabes y Dados a lo largo de la Pasarela.....	64
4.6.3.1 Módulos 1 y 2.....	64

4.6.3.2 Módulo 3.....	65
4.6.3.3 Módulos 4, 5, 6 y 7.....	66
4.7 Etapa VII. Relleno de Excavación y Restitución de Pavimentos.....	67
4.8 Etapa VIII. Montaje de la Estructura Metálica.....	68
4.8.1 Generalidades.....	68
4.8.2 Procedimiento de Montaje de la Estructura.....	69
4.8.3 Características de la Estructura Metálica a lo Largo de la Pasarela.....	74
4.8.3.1 Módulo 1.....	74
4.8.3.1.1 Perfiles Módulo 1.....	78
4.8.3.2 Módulo 2.....	79
4.8.3.2.1 Perfiles Módulo 2.....	84
4.8.3.3 Módulo 3.....	86
4.8.3.3.1 Perfiles Módulo 3.....	91
4.8.3.4 Módulo 4.....	92
4.8.3.4.1 Perfiles Módulo 4.....	97
4.8.3.5 Módulo 5.....	98
4.8.3.5.1 Perfiles Módulo 5.....	103
4.8.3.6 Módulo 6.....	104
4.8.3.6.1 Perfiles Módulo 6.....	109
4.8.3.7 Módulo 7.....	110
4.8.3.7.1 Perfiles Módulo 7.....	115
4.9 Adecuación de la Calzada de Tlalpan.....	117

V. Conclusiones..... 120

VI. Bibliografía..... 122

Capítulo I. Introducción

1.1 Objetivo

Con la elaboración de esta Tesis iré adentrándome al proyecto de la línea 12 del metro realizando una descripción del proyecto y enfocándome en específico en la **Construcción del Acceso de Línea 12 con Línea 2 en la Estación Ermita del Metro**.

Me adentrare y analizare el proceso constructivo desde los trabajos previos hasta la adecuación de Calzada de Tlalpan. Analizado todos los retos que se lograron para realizar la construcción de esta liga.

Mi objetivo es analizar lo antes mencionado y una vez realizado el análisis poder dar una opinión desde mi punto de vista de la solución que se le dio al problema de como ligar estas dos líneas, ya que se tenía la expectativa de realizar la pasarela subterránea o elevada y se decidido por la segunda.

Por otro lado con esta decisión tomada el tiempo de construcción de la pasarela se programó para 6 meses tratando de afectar lo menos posible al tránsito vehicular en Calzada de Tlalpan, con la construcción se beneficiara a los usuarios del metro en cuanto a su tiempo de traslado y su comodidad de una línea a otra ya que al ser un transbordo corre un gran número de personas por el mismo.

El trabajo se desarrollara en cuatro apartados primeramente se mostrara al lector los antecedentes del Sistema de Transporte Colectivo Metro, así como las características de este, en segundo lugar, se explicara el desarrollo del proyecto de unión de línea 12 con línea 2, para posteriormente describir los procedimientos de construcción, para con ello realizar un análisis de la cimentación, construcción y montaje de la estructura metálica y finalmente se mostraran las conclusiones.

1.2 Planteamiento del problema

El rápido crecimiento demográfico de los centros urbanos en México ha sido acompañado por una concentración de industrias, servicios y por el ascenso, igualmente rápido, del automóvil como símbolo indiscutible del progreso individual. Este conjunto de condiciones han provocado que en las ciudades mexicanas en general y en la Ciudad de México, particularmente, se haya experimentado un aumento constante del transporte motorizado individual que ha derivado en insuficiencias de la infraestructura vial y en la constante afectación de los medios colectivos de transporte.

El sistema político, económico y social de la Ciudad de México aún no se encuentra preparado para enfrentar esta situación lo cual puede apreciarse fácilmente en la calidad de la movilidad¹ que se puede apreciar en las calles diariamente un sistema de transporte público mal diseñado, insuficiente e inseguro. El transporte se convierte así en un factor de deterioro de la calidad de vida de la población urbana, con efectos negativos que se ven reflejados en la salud pública así como en daños de la infraestructura, debido, principalmente, a los largos periodos que la población tarda en trasladarse a sus lugares de destino.

Los sistemas de transporte más utilizados en la ciudad tienen la característica de ser de baja capacidad, como microbuses, combis y taxis, lo cual genera la saturación de las vialidades. El Metro es una alternativa de transporte masivo que comenzó como una idea en el año de 1950, sin embargo se empezó a construir hasta junio de 1967, cuando los viejos tranvías entrecruzaban la ciudad, el tráfico comenzaba a incrementarse y el sistema del autobús no era suficiente para cubrir todas las demandas de las personas que vivían fuera de la ciudad.

Uno de los principales problemas que enfrenta la Ciudad de México, es la mala calidad de la movilidad expresada como la facilidad con que se realizan los viajes diarios de trabajadores, comerciantes, estudiantes y amas de casa en esta gran metrópoli. Ésta situación puede deberse al modo desordenado en que ha crecido la ciudad, para lo cual nosotros, como profesionistas de Ingeniería Civil, debemos de participar con planteamientos que den solución a este tipo de problemas tal es el caso de la construcción de nuevas líneas del metro para poder facilitar la movilidad a la población.

En este momento en el Área Metropolitana de la Ciudad de México se han explorado diversas formas de atacar el problema de la movilidad, sin embargo, las soluciones adoptadas con mayor compromiso han sido la ampliación de avenidas y vías principales así como la construcción de segundos pisos en vialidades metropolitanas como el Periférico.

Debido al tamaño del Área Metropolitana de la Ciudad de México y a la dispersión de la población, la demanda de viajes no solo ha crecido en número, sino en distancia y complejidad. Tomando en cuenta que cada día quedan más lejos los servicios (vivienda, educación, cultura, salud, etc.) así como los centros de oferta de trabajo, se produce la necesidad de contar con transportes que permitan dichos viajes en el menor tiempo posible.

¹ La movilidad urbana es el conjunto de desplazamientos cotidianos de la población sobre el territorio desde todos los orígenes hasta los destinos deseables: lugares de estudio, trabajo, recreación, salud o diversión. Es un concepto vinculado a mercancías o personas que desean desplazarse o se desplazan.

La Construcción de nuevas líneas del Metro haciendo crecer el sistema de transporte en la Ciudad de México, con este sistema más moderno, económico, confiable, cómodo y menos contaminante se pretende que mejore la situación del tránsito, al menos en las vialidades por donde este circule.

1.3 EL Metro de la Ciudad de México

El Metro de la Ciudad de México es un sistema de transporte público tipo tren pesado² que sirve a extensas áreas del Distrito Federal y parte del Estado de México. Su operación y explotación está a cargo del organismo público descentralizado denominado Sistema de Transporte Colectivo (STC),^{3 4} y su construcción esta a cargo del Proyecto Metro del Distrito Federal, un organismo desconcentrado perteneciente a la Secretaría de Obras y Servicios del Distrito Federal.⁵ Se conoce coloquialmente como Metro, por la contracción del término tren metropolitano.

En el 2006 ocupó el tercer lugar a nivel mundial en captación de usuarios, al transportar a un promedio de 3.9 millones de pasajeros al día (en ocasiones superado por los metros de Nueva York, Moscú y Tokio). También en ese año obtuvo el quinto lugar a nivel mundial por la extensión de su red.^{6 7}

² Consideraciones sobre la posibilidad de la implantación de un sistema de transporte masivo ligero en el centro de la ZMVM. Arq. Jorge Montejano. 2006

³ Sistema de Transporte Colectivo (2007). «Decreto de creación del Sistema de Transporte Colectivo». Ciudad de México, México: Sistema de Transporte Colectivo.

⁴ Consejería Jurídica y de Servicios Legales del Distrito Federal (6 de noviembre de 2007). «Estatuto orgánico del Sistema de Transporte Colectivo». Gaceta Oficial del Distrito Federal (Ciudad de México, México: Gobierno del Distrito

⁵ Consejería Jurídica y de Servicios Legales del Distrito Federal (21 de abril de 2009). «Decreto por el que se adicionan y derogan diversas disposiciones del reglamento interior de la administración pública del Distrito federal». Gaceta Oficial del Distrito Federal (Ciudad de México, México: Gobierno del Distrito Federal)

⁶ Sistema de Transporte Colectivo (2007). «Cifras de operación en 2006». Ciudad de México, México: Sistema de Transporte Colectivo.

⁷ Metrópolis 2025 (6 de noviembre de 2006). «Ocupa Metro



Fig. 1 Resumen del STC Metro

El Metro de la Ciudad de México cuenta con 11 líneas. Cada línea tiene asignado un número y un color distintivo (números del 1 al 9 y las letras A, B). El parque vehicular está formado por trenes de rodadura neumática, a excepción de la línea A, que emplea trenes de rodadura férrea. La extensión total de la red es de 201.388 kilómetros y posee un total de 175 estaciones de las cuales: 112 son de paso, 41 de transbordo y 22 terminales (11 de las terminales son de transbordo). El metro está construido de forma subterránea, superficial y viaducto elevado: 106 estaciones son subterráneas, 53 superficiales y 16 en viaducto elevado.⁸ 164 estaciones se encuentran en el Distrito Federal y 11 en el Estado de México.

1.4 Historia del metro en la Ciudad de México

Las grandes ciudades se caracterizan por conflictos viales debidos a la elevada demanda de transporte e intensa actividad económica.⁹ El Distrito Federal inició el siglo XX con aproximadamente 540 mil habitantes y 800 vehículos para satisfacer su demanda de transporte. Para 1953 la población se había incrementado a 3.5 millones y en 1960 la cifra superaba los 4.5 millones. Para 1964 había una fuerte tendencia hacia los 5 millones de habitantes en contraste con las 7 200 unidades de transporte público que circulaban por la capital (casi un 40% de los viajes totales se hacían en el centro de la ciudad).¹⁰ Existen antecedentes poco documentados sobre las propuestas de trenes metropolitanos en la Ciudad de México: estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de México, en 1958, presentaron el proyecto de un monorraíl para la Ciudad de México como tema de tesis; en 1960 Vicente S. Pedrero y Ramón C. Aguado presentaron al Departamento del Distrito Federal estudios de factibilidad para la construcción de un monorraíl; y en 1965 José María Fernández desarrolló un proyecto para la construcción de un sistema de transporte elevado y subterráneo.



Fig.2 Propuesta de la etapa 1 del metro 1967

del DF tercer lugar mundial en captación de usuarios». México: Ciudadanos en red-Metrópolis 2025.

⁸ Sistema de Transporte Colectivo (2007). «Datos de Operación». Ciudad de México, México: Sistema de Transporte Colectivo

⁹ Noreña Casado, Francisco y Castañeda Narváez, Carlos (1985). «Planeación y construcción en líneas de metro». Ingeniería civil

¹⁰ Marcela Itzel García Núñez (productor), & Diego Sedano (director).(2003)El metro, una historia subterránea[VHS].Ciudad de México, México:Editorial Clío, Libros y Videos SA de CV.

El ingeniero Bernardo Quintana Arrijo (1919-1984), fundador de la empresa mexicana Ingenieros Civiles y Asociados, SA de CV, hoy Empresas ICA, SAB de CV, elaboró estudios que permitieron la creación de un anteproyecto, y posteriormente un proyecto, para la construcción de un sistema de transporte masivo en la Ciudad de México. La propuesta del proyecto se presentó en 1958 a Ernesto P. Uruchurtu, Regente de la Ciudad de México de 1952 a 1966,



Fig.3 Estación Salto del Agua 1967

quien la rechazó al considerarla económicamente costosa. Además, el 28 de julio de 1957, un sismo de 7.7 grados en la escala Richter dañó diversos edificios del centro de la ciudad, hecho que provocó la desconfianza entre las autoridades para construir proyectos de grandes dimensiones como el presentado por Quintana.

Quintana presentó nuevamente su proyecto de transporte en el sexenio de Gustavo Díaz Ordaz, Presidente de México de 1964 a 1970. De nueva cuenta el obstáculo resultó el costo elevado de la obra. Gustavo Díaz Ordaz decidió aprovechar el acercamiento del presidente francés Charles de Gaulle hacia Latinoamérica. Alex Berger, empresario francés, amigo de Quintana, fungió como mediador entre los gobiernos francés y mexicano para la obtención del crédito. Como resultado de la negociación el gobierno mexicano cubrió el costo de la obra civil, estudios de geotecnia, diseño de estaciones, entre otros, y el gobierno francés la obra electromecánica.¹⁰ La obra tuvo un costo total de MXP\$ 2 530 millones, de los cuales, MXP\$ 1 630 millones provinieron del crédito francés y MXP\$ 900 millones por parte del Departamento del Distrito Federal.

El 29 de abril de 1967 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto presidencial que crea el Sistema de Transporte Colectivo, organismo público descentralizado, para construir, operar y explotar un tren rápido subterráneo como parte del transporte público del Distrito Federal.

En el cruce de Av. Chapultepec con la calle Bucareli, el 19 de junio de 1967, se realizó la ceremonia de inicio de obra para construir la línea 1 del Sistema de Transporte Colectivo.

El 4 de septiembre de 1969 Gustavo Díaz Ordaz y Alfonso Corona del Rosal, Regente del Distrito Federal de 1966 a 1970, inauguraron formalmente el servicio entre las estaciones Chapultepec y Zaragoza.

Un tren construido por la compañía francesa Alsthom, modelo MP-68, decorado con franjas tricolores y el escudo nacional mexicano a sus costados, realizó el recorrido inaugural entre las estaciones Insurgentes y Zaragoza.

1.5 Plan Maestro del Metro

Es un instrumento utilizado para determinar metas de movilidad a cubrir por el Sistema de Transporte Colectivo en diferentes horizontes a futuro. Estas metas representan las ampliaciones óptimas del servicio de acuerdo a políticas de desarrollo urbano y posibilidades de ejecución.

Bernardo Quintana Arrijoa funda y preside, en 1977, el consejo de administración de Constructora Metro, SA de CV,¹¹ el cual, en colaboración con el Departamento del Distrito Federal crean el Plan Maestro del Metro ese mismo año. El proyecto consideraba la construcción de 5 líneas nuevas y la ampliación de las 3 líneas construidas hasta ese año (líneas 1, 2 y 3). En total, se construirían 15 líneas con una longitud total de vía de 315 kilómetros.¹²

En 1985 la Secretaría General de Obras del Departamento del Distrito Federal presentó a través de la Comisión Vialidad de Transporte Urbano el Programa Maestro del Metro versión 1985 horizonte 2010. En este programa se estableció una longitud total del sistema de 306,285 kilómetros que incluía: 15 líneas principales de rodadura neumática; 8 líneas alimentadoras con características de tren suburbano de rodadura férrea y una línea de tren ligero. La línea B es la última ruta construida



Fig. 4 Plan Maestro del Metro

¹¹ Sociedad de Exalumnos de la FI-UNAM (2007). «Bernardo Quintana Arrijoa». Ciudad de México, México: Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

¹² Pérez Maldonado, Javier E. (2007). «Intern@te en el metro-El Plan Maestro del Metro». Gobierno del Distrito Federal. Archivado desde el original, el 22 de junio de 2002.

basándose en el plan de 1985; su trazo representa la unificación de los trazos de las líneas 10 y B presentadas en ese plan.

La Comisión de Vialidad y Transporte Urbano transfirió a la Secretaría de Transportes y Vialidad del Distrito Federal la coordinación del Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros el 1 de enero de 1995. El 1 de septiembre de 1995 ésta coordinación fue transferida al Sistema de Transporte Colectivo.

Como parte del Programa Integral del Transporte y Vialidad 1995-2000 del Distrito Federal, en agosto de 1996, se dio a conocer el Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros versión 1996. Esta versión incluyó tres horizontes de expansión del sistema para los años 2003, 2009 y 2020, además, propuso una red de 483 kilómetros compuesta por 14 líneas de rodadura neumática, 3 de rodadura férrea y 10 líneas de tren ligero.

1.6 Etapas de Construcción del Metro de la Ciudad de México

El Sistema de Transporte Colectivo divide en etapas su proceso de construcción. Cada etapa está constituida por la construcción de nuevas líneas, ampliaciones e inauguraciones. Hasta el año 2000 se tienen cuantificadas 6 etapas constructivas en los siguientes intervalos: 1967-1972, 1977-1982, 1983-1985, 1985-1987, 1988-1994 y 1994-2000.¹³

¹³ Sistema de Transporte Colectivo (2007). «Etapas de la construcción de la red del STC Metro». Ciudad de México, México: Sistema de Transporte Colectivo

Capítulo II. Línea 12 del Metro

2.1 Descripción de la Línea 12 del Metro

En diciembre de 2006 se anunció la posible construcción de una nueva línea del metro, para atender la demanda de servicio de transporte público al sur de la Ciudad de México. El 29 de julio de 2007 se aplicó una encuesta denominada Consulta Verde a través de



Fig. 5 Logotipo Línea 12

la cual se preguntó a la población, de la Ciudad de México, su opinión sobre transporte público; manejo del agua; medio ambiente y definir el trazo de la línea 12 del Metro. La encuesta propuso dos posibles rutas: Iztapalapa-Acoxpa e Iztapalapa-Tláhuac. El 7 de agosto de 2007 se dieron a conocer los resultados de la encuesta en donde la ruta Iztapalapa-Tláhuac resultó elegida. El 8 de agosto de 2007 se presentó el proyecto de manera oficial ante la población con el nombre de Línea 12: línea dorada, línea del Bicentenario.¹⁴¹⁵

Se entregó un contrato de 17,583 millones de pesos (1,690 millones de dólares) al consorcio ganador que construye la línea está formado por las empresas: Empresas ICA, SAB de CV; Carso Infraestructura y Construcción, SA de CV; Alstom Transport, SA y Alstom Mexicana, SA de CV.

El proyecto final considera la construcción de una vía de longitud total de 24 km (20.278 km para servicio de pasajeros) al sur de la Ciudad de México con dirección predominante oriente-poniente. Propone el color oro como identidad gráfica para celebrar el Bicentenario de la Independencia de México y el Centenario de la Revolución mexicana; el uso de trenes (de 7 coches) de rodadura férrea alimentados por catenaria; y 20 estaciones: Tlahuac, Tlaltenco, Zapotitlán, Nopalera, Olivos, San Lorenzo Tezonco, Periférico Oriente, Calle 11, Lomas Estrella, San Andrés Tomatlán, Culhuacán, Atlalilco, Mexicaltzingo, Ermita, Eje Central, Parque de los Venados, Zapata, 20 de Noviembre, Insurgentes Sur y Mixcoac. En noviembre de 2008 se anunció una posible expansión del proyecto en 1,5 kilómetros hacia el poniente. Esta expansión llegaría hasta la Av. Alta Tensión. También incluye conexión con otras líneas del sistema: línea 7 en Mixcoac, línea 3 en Zapata, línea 2 en Ermita y línea 8 en Atlalilco. El 17 de junio de 2012 inició un período de pruebas que ofrece recorridos gratuitos con ascenso y descenso de pasajeros en algunas de sus estaciones.

¹⁴ Bolaños, Ángel; Josefina Quintero (9 de agosto de 2007). «Presentó Ebrard el proyecto de la línea 12 del Metro, que irá de Tláhuac a Mixcoac». Ciudad de México, México: La Jornada

¹⁵ Martínez, Víctor Jesús (10 de septiembre de 2007). «El Metro reanuda su crecimiento». Ciudad de México, México: Ciudadnorte.info. Archivado desde el original, el 24 de febrero de 2009.

La intención es familiarizar a la población en el uso de la línea. Las operaciones formales iniciarán en una fecha posterior, aún no definida, a las elecciones federales que se efectuaron el 1 de julio de 2012.^{16 1718}

2.2 Demanda de Línea 12

La demanda estimada es superior a los 367,000 pasajeros diarios en día laborable, con lo cual la Línea 12 pasará a ocupar el cuarto lugar de la Red de Metro, misma que podrá alcanzar los 450,000 con el ordenamiento del transporte colectivo y la redistribución de viajes locales y regionales.

Los estudios y análisis base del propósito son:

1. Estudio de prefactibilidad de Línea 12 (2000-2002)
2. Estudio para proyecto de Metrobús en los corredores: Tláhuac-Taxqueña y Santa Martha-Mixcoac (Eje 8 Sur) 2002-2004.
3. Análisis de sensibilidad de la demanda con el EMME/2 (2007)
4. Encuesta de origen y destino 1994.
5. Encuesta de movilidad a 475,000 usuarios en la Red (2007)
6. Encuesta de aceptación organizadas en el presente año, por los jefes delegacionales.
7. Consulta Verde, con una participación mayor a las 1,033,000 personas.
8. Actualización del Estudio de Demanda para la Línea 12 Tláhuac – Mixcoac.

¹⁶ Robles, Johana (1 de mayo de 2008). «Iniciará construcción de línea 12 del Metro en junio». Ciudad de México, México: El Universal

¹⁷ Reuters (12 de junio de 2008). «Otorgan a ICA-Carso contrato para Línea 12». Ciudad de México, México: CNN Expansión.

¹⁸ Cuenca, Alberto (12 de junio de 2008). «ICA, Carso y Alstom harán Metro en DF». Ciudad de México, México: El Universal.

Resultados obtenidos mediante el Modelo de Simulación del Transporte Emme/2

HORIZONTE	2012	2020	2030
Pasajeros que ingresarían en el periodo matutino de 6 a 9	127,655	139,693	149,880
Pasajeros que ingresarían por día ambos sentidos	455,911	498,904	535,286
Tramo más cargado sentido ote.-pte. en el periodo matutino de 6 a 9	67,809	74,799	81,161
Tramo más cargado sentido pte.-ote. en el periodo matutino de 6 a 9	11,779	12,022	12,208

Nota: la afluencia esta calculada en día laborable, con reordenamiento de transporte de superficie.

Fig. 6 Resultados del Modelo de Simulación de Transporte.

2.3 Objetivos de la Construcción de la Línea 12

1.- Brindar servicio de transporte masivo de pasajeros en forma rápida, segura, económica y ecológicamente sustentable a los habitantes de siete delegaciones.

- Tláhuac
- Iztapalapa
- Coyoacán
- Benito Juárez
- Xochimilco (desde Tulyehualco)
- Milpa Alta
- Álvaro Obregón

2.- Mejorar el desempeño de la totalidad de la Red del Metro, al proporcionar conectividad con las Líneas 8, 2, 3 y 7 en el sur de la Ciudad de México.

2.4 Beneficios de la Construcción de la Línea 12

- **Vialidades:** Construcción de vialidades conforme a un proyecto integrado en la zona de influencia, para reforzar el transporte público y evitar la competencia excesiva con la nueva línea del Metro (puentes vehiculares y peatonales, ampliaciones, adecuaciones geométricas, nueva señalización horizontal y vertical e instalación de semáforos).
- **Ciclo vías y estacionamientos:** Incorporación de facilidades al uso de la bicicleta en el diseño de estaciones y vialidades relacionadas.
- **Nuevo diseño de estaciones:** Incorporación de escaleras eléctricas, salvaescaleras, bandas transportadoras, torniquetes mixtos (con capacidad para lectura de boletos unitarios y tarjetas electrónicas); baños y accesibilidad total a personas con discapacidad.

- **Desarrollo urbano, ecológico y turístico en la zona de influencia:** Mejoramiento y ampliación de la capacidad del drenaje existente, especialmente en áreas de inundaciones.
- Ampliación del área de reserva ecológica en la zona con el posible desarrollo de un centro de conservación y turismo ecológico.
- **Equipamiento para la seguridad pública,** incorporando vigilancia en las instalaciones y mejorando la iluminación en la zona de influencia.

2.5 Rentabilidad Social de la Inversión

1. Se logrará aplicar una alta inversión pública a la solución de problemas de transporte existentes en el sur de la Ciudad, en los recorridos de oriente a poniente, de aproximadamente trece mil doscientos millones de pesos.
2. Se disminuirá el tiempo excesivo de transportes por falta de infraestructura y congestión vial (al sur-oriente opera a nivel "F" o saturación a mayor parte del día); hasta en 2 horas y media por día.
3. Se logrará generar un importante ahorro, por el alto gasto de transporte cotidiano de las familias de bajos ingresos (\$18.00 diarios por persona).
4. Con la entrada en operación de la Línea 12, este gasto disminuirá a \$6.00 diarios por persona en viajes al centro de la Ciudad.
5. Se disminuirá la contaminación del ambiente por emisiones de gases y ruido que desprenden los vehículos de combustión.

2.6 Beneficio Social y Económico

1. Se ofrecerá un servicio de transporte rápido, eficiente, ambientalmente limpio, económico y seguro.
2. Por lo tanto se mejorará la calidad de vida de la población, sobre todo de la región sur-oriente de la Ciudad de México.
3. Se aumentará la productividad de la Ciudad al reducir el tiempo de transporte hasta en una hora quince minutos desde la terminal sur-oriente al centro del D.F. por persona.
4. Se ampliará el tiempo disponible para otras actividades de individuos y familias beneficiadas.
5. Se transformará el entorno vial y urbano actual hacia áreas de convivencia urbana.

2.7 Eficiencia

- La inversión en Metro detonará otros proyectos públicos y privados en la Ciudad.
- Se reducirá de dos horas a 45 minutos el tiempo de viaje desde la terminal sur-oriente al centro de la Ciudad, por las demoras acumuladas producto de la ineficiencia de servicios de transporte colectivo.
- Se ofrecerán diversas opciones de conexión del sur-oriente con las principales zonas de servicios, empleo, educación y recreación de la Ciudad de México.

2.8 Características Físicas y Operativas

- 24.5 Kilómetros de Línea.
- 20 Estaciones.
- 30 Trenes.
- Reordenamiento del transporte en el corredor y puntos de transferencia.
- Infraestructura planeada considerando necesidades de operación y mantenimiento de la Línea.
- Programa de desvíos de tránsito por la construcción de obras.
- Áreas de estacionamiento para bicicletas en terminal Tláhuac y estaciones.



Fig. 7 Mapa de estaciones

2.9 Conectividad al Sur-Oriente

- Recorrido: Inicia en Tláhuac y avanza por la avenida del mismo nombre hasta Calzada Ermita, donde el trazo se prolonga sobre Eje 8 Sur hasta salir a División del Norte; dará vuelta hacia el Norte hasta el Parque de los Venados, para continuar hacia el poniente en Eje 7 Sur y finalizar en Mixcoac.
- 4 nuevas estaciones de correspondencias:
 Atlalilco: Línea 8 (Garibaldi – Constitución de 1917)
 Ermita: Línea 2 (Taxqueña – Cuatro Caminos)
 Zapata: Línea 3 (Indios Verdes – Universidad)
 Mixcoac: Línea 7 (El Rosario – Barranca del Muerto)
- Para primer transbordo ofrece 7 líneas y 15 estaciones de enlace directo: Salto del Agua, Pino Suárez, Balderas, Tacubaya, Chabacano, Bellas Artes, Tacuba, Hidalgo, Santa Anita, La Raza, Deportivo 18 de Marzo, El Rosario, Centro Médico, Garibaldi y Guerrero.
- Conexión con: Tren Ligero, Metrobús Insurgentes, Terminal de Autobuses del Sur y Próximamente con Metrobús Xola.



Fig. 8 Conectividad al Sur-Oriente

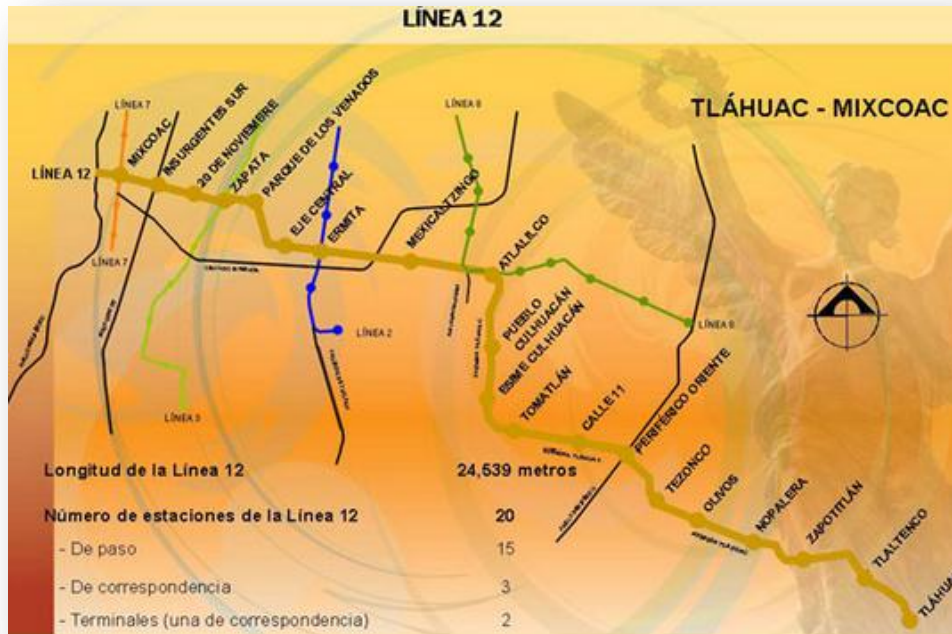


Fig. 9 La Línea mejora la conectividad de las Líneas 8, 2, 3 y 7 en el sur de la Ciudad de México.

2.10 Características Técnicas

Trenes:

1. De rodada férrea
 2. De 7 vagones cada uno
 3. 28 trenes (al inicio de la operación intervalos de 3.9 minutos)
 4. 35 trenes (intervalo mínimo de 2.5 minutos en horas pico)
- Puesto de Control de Línea: (PCL)
 - Pilotaje automático: digital
 - Subestaciones de Rectificación: 14 en línea 1 en talleres 1 en plataforma de 4000kw.
 - Alimentación de energía eléctrica: en alta tensión 230 KVA (tarifa HT)
 - Tracción: Línea elevadiza de contacto (catenaria) de 1500 vcc
 - Señalización: en línea
 - Radio telefonía: radio troncalizado digital tecnología Tetra
 - Video vigilancia: basada en CCTV con cámaras vía red (IP) y análogas

**Capítulo III. Desarrollo del Proyecto de Unión
de Línea 12 con Línea 2.**

3.1 Parámetros de Análisis.

El movimiento correcto de usuarios es esencial para el buen funcionamiento de cualquier estación. Para resolver las circulaciones entre andenes, de los vestíbulos hacia los accesos o a las salidas, de una estación a su correspondencia, etc., se deberá diseñar pasarelas de intercomunicación en combinación de circulaciones verticales excluyendo rampas, se contará con escaleras convencionales y eléctricas esto se resolverá en la mayoría de los casos para atacar la diferencia de niveles que existe entre los diversos espacios. Dependiendo del diseño propio de la pasarela, se verá la posibilidad de iluminar con el sistema más apropiado y conveniente para dar el nivel lumínico requerido.

Para la intercomunicación entre las estaciones de correspondencia, se utilizarán pasarelas con distancias máximas de recorrido de 100 a 150 m de longitud y bandas transportadoras si se rebasaran los 150 m, resolviendo así en forma eficaz los problemas de retención y dosificación de usuarios entre las dos estaciones.

En las pasarelas de correspondencias, se deberán disponer galerías de ventilaciones estratégicamente localizadas y dimensionadas en forma tal, que permitan máxima comodidad y comunicación con el exterior.

3.2 Pasarela de Unión de Línea 12 con Línea 2

La pasarela de unión de línea 12 con línea 2 de la estación Ermita de encuentra ubicada en el sur de la Ciudad de México sobre Calzada de Tlalpan y va desde la Calle Pirineos hasta el Eje 8 Sur Av. Popocatépetl.

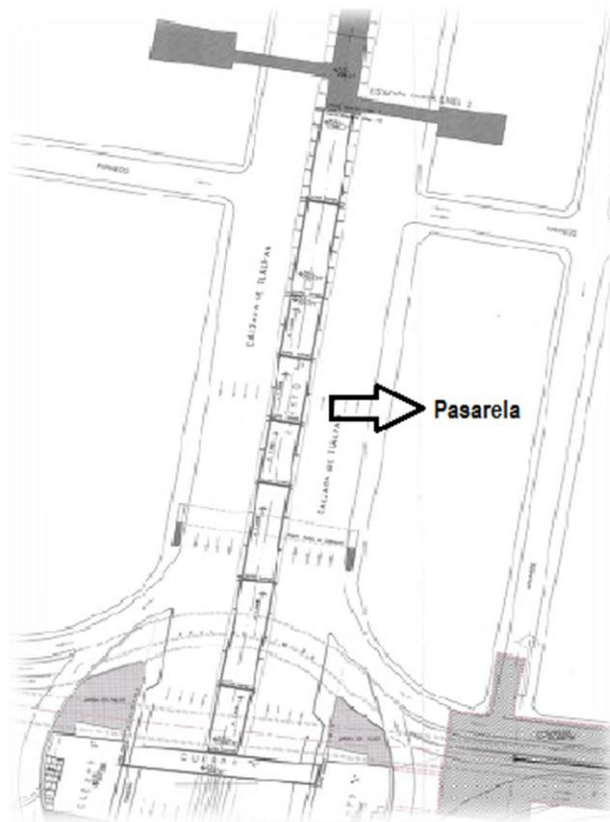


Fig. 10 Planta de Conjunto arquitectónico. Pasarela

Como parte del proyecto de la estación ermita había que realizar la conexión entre la línea 2 y la línea 12, de este modo y con la premisa de no crear un bloque macizo sobre la estación, nace el concepto de jugar con el corredor o pasarela como un elemento que tuviese dinamismo, de este modo y para lograr cierto efecto el material deja de ser constante en la fachada y dejando de ser solo un bloque sobre el metro actual.

El nuevo Elemento arquitectónico se teje entre ambas estaciones. Dando como resultado un juego entre vano y macizo que de cierta forma si integra gradualmente al contexto si llegar a ser un objeto pesado y agresivo ya que este recorre una sección bastante amplia de la Avenida, dejando un espacio vacío debajo de este objeto para no romper drásticamente con la visión del contexto.

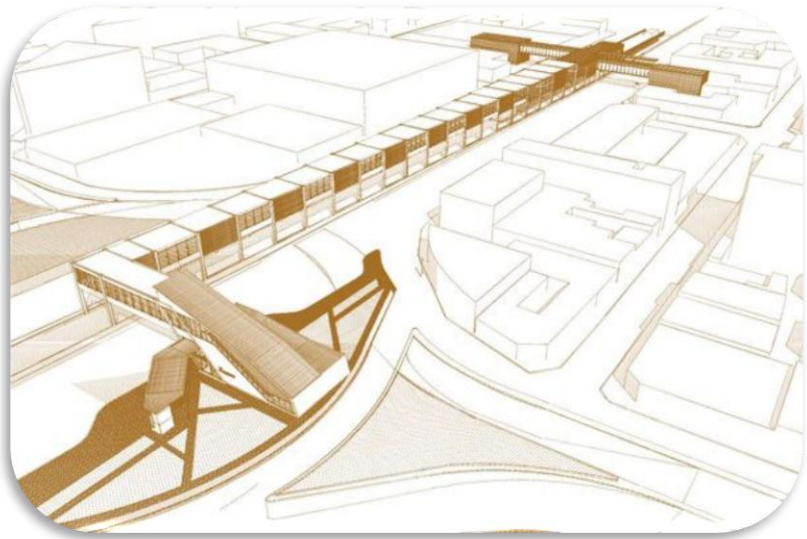


Fig. 11 Proyección de pasarela



Fig. 12 Proyección virtual de la Pasarela

3.2.1 Generalidades de Pasarela de Unión de Línea 12 con Línea 2

De acuerdo al proyecto geométrico la superestructura de la pasarela se situará por arriba del sistema de vías del metro Línea 2 que corren paralelo a la Calzada de Tlalpan y se utilizará para conectar la Línea 12 con la Línea 2; esta última quedará acoplada a la estación Ermita de Línea 12 y a la pasarela cuerpo "C" que une a los edificios "A" y "B" de la Estación Ermita de Línea 12. La pasarela quedará situada sobre el camellón central y los deprimidos que actualmente permiten la circulación de vehículos y peatones por debajo de la avenida indicada anteriormente.

El sitio donde se ubica la pasarela se encuentra emplazado en la zona III, según la zonificación geotécnica consignada en las N.T.C del Distrito Federal. La secuencia estratigráfica detectada indica la presencia de una costra superficial constituida por un limo arenoso de alta plasticidad, seguida de estratos de limo de alta plasticidad con interacciones de lentes de arena; esta formación limosa descansa sobre los depósitos profundos constituidos por tobas volcánicas y abanicos aluviales finos que conforman la formación Tarango.

La topografía superficial a lo largo de la pasarela es sensiblemente horizontal, la elevación de la carpeta asfáltica al inicio del tramo se encuentra en la cota 2235.24 msnm mientras que al final la elevación es de 2234.20 msnm, lo que representa una pendiente cercana al 1.5 %.

La pasarela presenta una sección rectangular con ancho libre de 9.0 m y un galibo vertical de 3.0 m, su longitud aproximada es de 210 m, y presenta una altura de 11.20 m desde el nivel actual hasta el nivel del pretil. El nivel superior de la losa de techo se sitúa en la elevación 2246.30 msnm, en tanto que la elevación de la pasarela se ubica en la cota 2242.24, debido a que la pasarela presenta una pendiente longitudinal del 1.3% el nivel indicado anteriormente será variable; de la misma forma el nivel de acceso y de banquetas variarán a lo largo del cuerpo de la pasarela.

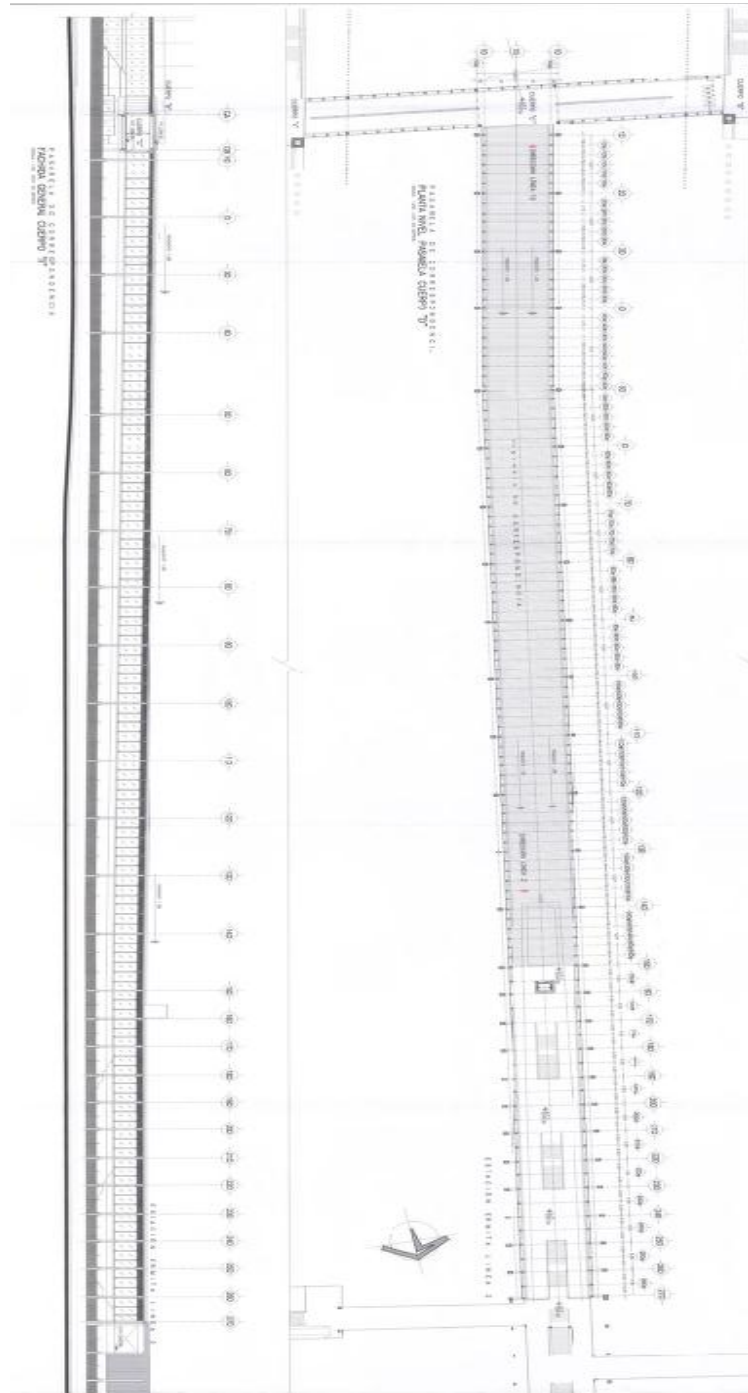


Fig. 13 Planta nivel y fachada general de pasarela cuerpo "D"

La superestructura de la pasarela se encuentra constituida por marcos rígidos formados a base de traveses y columnas tipos cajón; las traveses se utilizarán para soportar las losas de entresuelo y de techo; en tanto que las columnas transmitirán las cargas sobre la cimentación de apoyo.

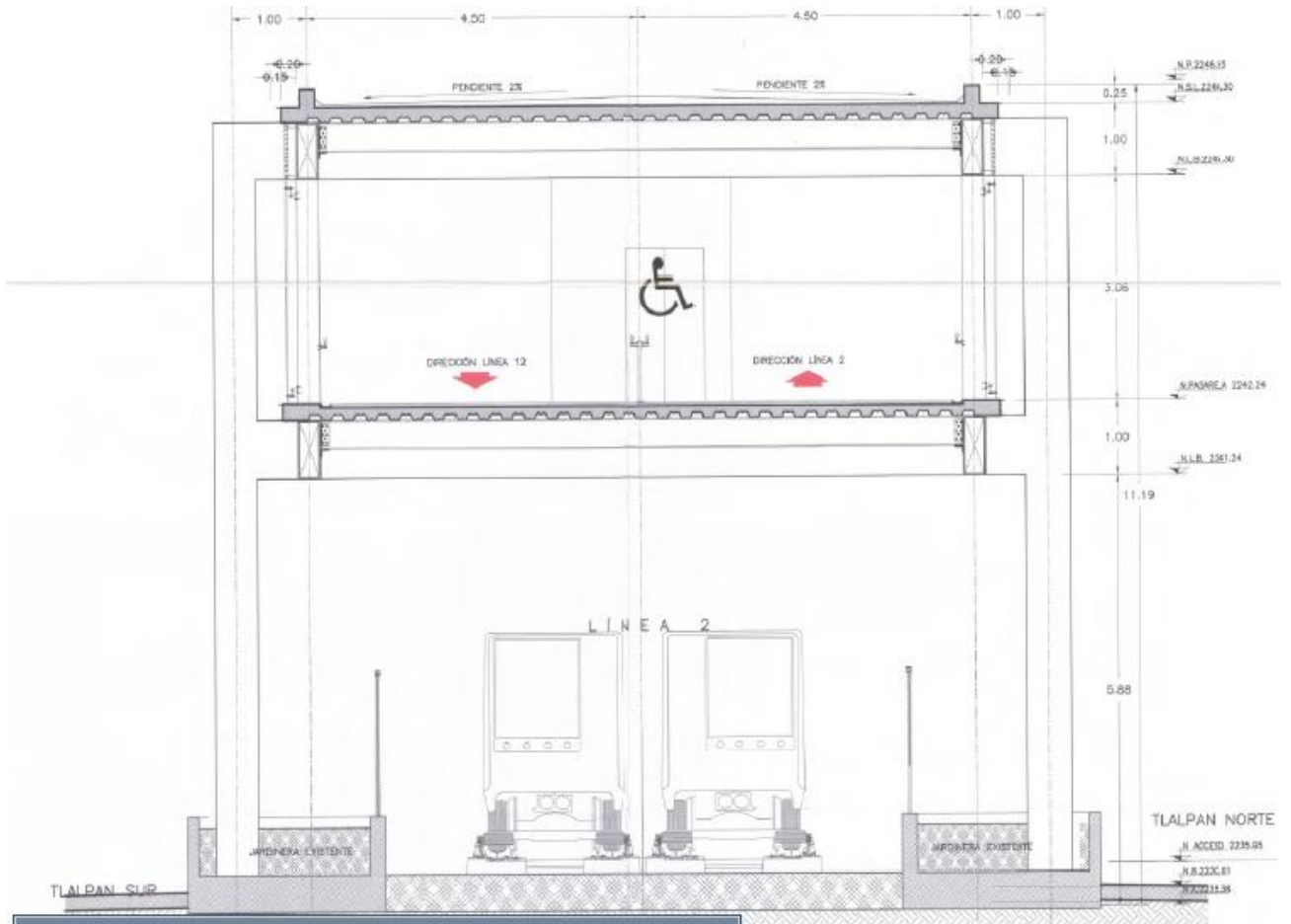


Fig. 14 Sección tipo pasarela de correspondencia

La cimentación de la pasarela se definió acorde a las características geométricas y propiedades de resistencia que presentan los depósitos lacustres, así como; a las condiciones de deformabilidad impuestas por el sitio, ya que el entorno actualmente se encuentra sujeto el fenómeno de hundimiento regional que afecta a la parte lacustre del Distrito Federal.

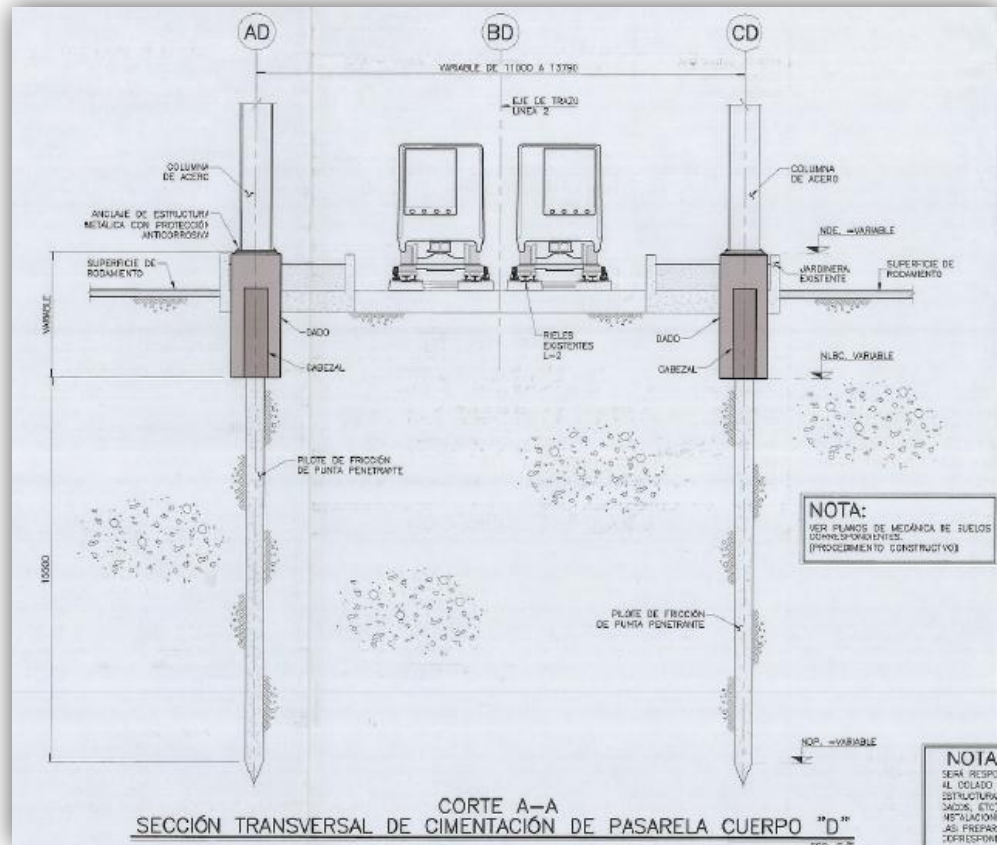


Fig. 15 Sección transversal de cimentación de pasarela cuerpo "D"

Debido a que la pasarela de correspondencia cuerpo "D" se situara por arriba del sistema de vías y se encontrara acoplada a la estación Ermita de la actual Línea 2, se requerirá mantener la compatibilidad entre ambas estructuras; para mantener en la mayor medida posible la correspondencia entre niveles de piso terminado, así como; conservar el galibo vertical permisible entre la losa de entrepiso y el techo de los vagones que corra por debajo de la pasarela proyectada.

De acuerdo con las cargas transmitidas por la pasarela y a las condiciones anteriormente indicadas; se optó por un sistema de cimentación que coexistía con el actual hundimiento regional que presenta la zona de estudio. El sistema de cimentación se resolvió utilizando un tipo de cimentación profunda, que consiste; en pilotes de fricción de punta penetrante unidos superficialmente por medio de un cabezal, todo de concreto reforzado; sobre el cual quedaran apoyadas las columnas de la pasarela.

Para su análisis el cuerpo de la pasarela se subdividió en siete módulos de 30 y 35 m de longitud, dentro de lo cual; hay que destacar que el módulo No.1 se encontrara apoyado sobre la pasarela del cuerpo "C" y en la cimentación del módulo No.2 de la pasarela "D" ya que este módulos se ubica sobre el trazo del túnel de Línea 12; este último actuara como una bisagra que permitirá la transferencia de deformaciones entre ambas pasarelas, ya que por requerimientos geotécnicos el desplante de la cimentación de la pasarela "C" se sitúa sobre los depósitos profundos que no se encuentran sujetos al fenómeno de consolidación.

Los módulos No.2 y 3 se situaran por arriba de los deprimidos que cruzan la calzada de Tlalpan, por lo que el apoyo de la cimentación para estos módulos se encontrara restringido al claro libre que permiten los deprimidos. En el caso del módulo No. 2 y 3 los pilotes de la cimentación se unirán por medio de un cabezal superficial.

La cimentación de los módulos 4, 5, 6 y 7; quedara apoyada a lo largo de toda la longitud del módulo y en este caso los pilotes se unirán por medio de un cabezal; para llevar a cabo la construcción del último módulo No.7 será necesario realizar el desmantelamiento y lastrado de la cimentación de la estructura existente de la Línea 2.

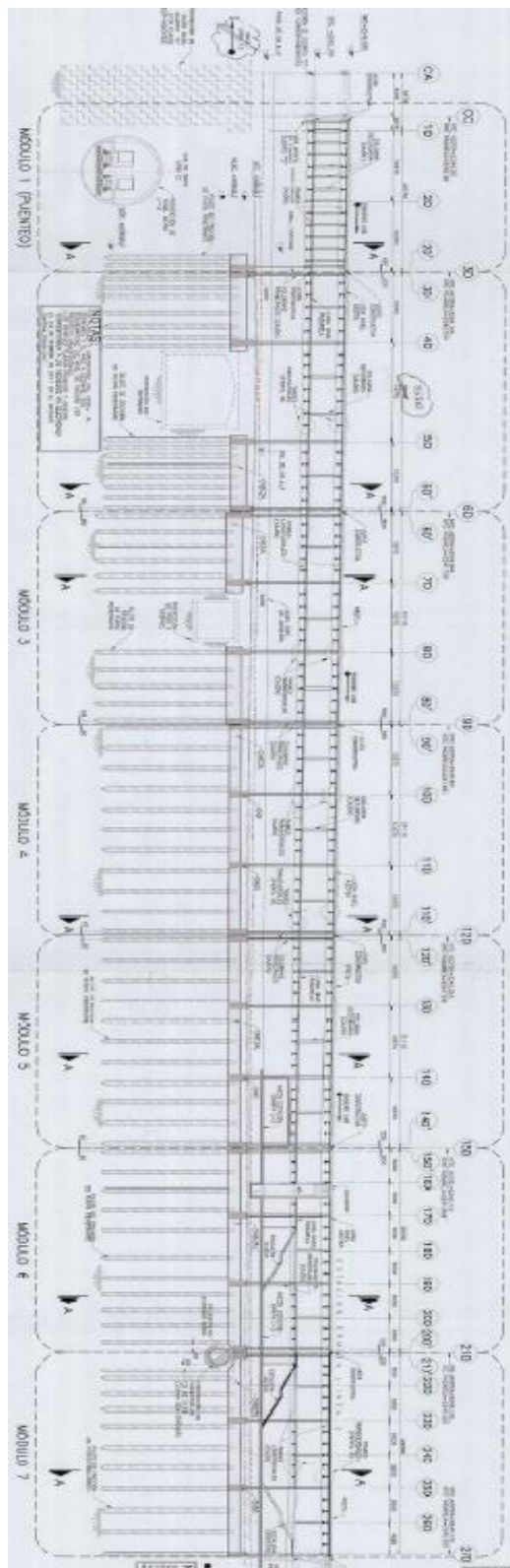


Fig. 16 Elevación por el eje del trazo pasarela de correspondencia cuerpo "D"

3.3 Condiciones Estratigráficas de Lugar y de Desplante de la Estructura.

El perfil estratigráfico del lugar en estudio se definió en base a los sondeos de cono eléctrico SCE-1 y SCE-2; así como el sondeo de exploración mixta SM-2 correspondiente a la campaña complementaria de exploración. A partir de los sondeos anteriores, se determinó que la secuencia estratigráfica del tramo donde se encontrara desplantada la pasarela de correspondencia cuerpo "D" se describe a continuación:

Inicialmente de la superficie del terreno natural hasta una profundidad de 2.0 m se detectó un relleno heterogéneo (Rh); subyaciendo al estrato anterior se encontró un depósito de limo de alta compresibilidad, de consistencia dura de color gris olivo, con lentes de arena fina, cual constituye la costra superficial de la zona. Su espesor alcanza hasta los 5.0 m.

Subyaciendo al depósito anterior y hasta 21 m de profundidad se detectó la formación lacustre, de alta plasticidad, constituida por 5 depósitos principales, separados por 3 lentes de arena o ceniza volcánica.

El 1er depósito se localizó entre 5.00 y 11.20 m de profundidad, que consiste en limo de alta plasticidad (MH) de consistencia media de color café olivo claro. De 11.20 a 11.50 m de profundidad se localizó un lente de arena fina.

El 2do depósito se encontró de 11.50 a 14.20 m, lo constituye un limo de alta plasticidad (MH) de consistencia media, de color café olivo. De 14.20 a 14.50 m de profundidad se localizó un lente de arena.

El 3er depósito se detectó entre 14.50 y 16.00 m de profundidad, conformado por un limo de alta plasticidad (MH) de consistencia dura, de color café olivo.

El 4to depósito se detectó entre 16.00 y 19.70 m de profundidad, conformado por un limo de alta plasticidad (MH) de consistencia dura, de color café olivo. De 19.70 a 20.00 m de profundidad se encontró un lente de arena fina.

El 5º y último depósito de arcilla lacustre se situó entre 20.00 y 21.00 m de profundidad, y se encuentra constituido por un limo de alta plasticidad (MH) de consistencia dura, de color café rojizo.

La secuencia estratigráfica anteriormente indicada descansa directamente sobre las unidades que conforman la formación Tarango; según lo reportado por el sondeo mixto SM-2 hasta la profundidad máxima explorada de 30.40 m se detectaron las siguientes unidades.

De 21.20 a 29.80 m de profundidad se localizó un limo de baja compresibilidad, en estado muy compacto, de color café amarillo. Este último constituye la segunda toba de origen volcánico.

De 29.80 m hasta la máxima profundidad explorada se detectó un depósito de arena fina en estado muy compacto, de color café amarillo, con fragmentos de grava.

En cuanto a las condiciones hidráulicas del sitio, no se reporta el nivel de aguas freáticas en los sondeos ejecutados, sin embargo se estima que su ubicación se encuentra aproximadamente a 2.70 m de profundidad.

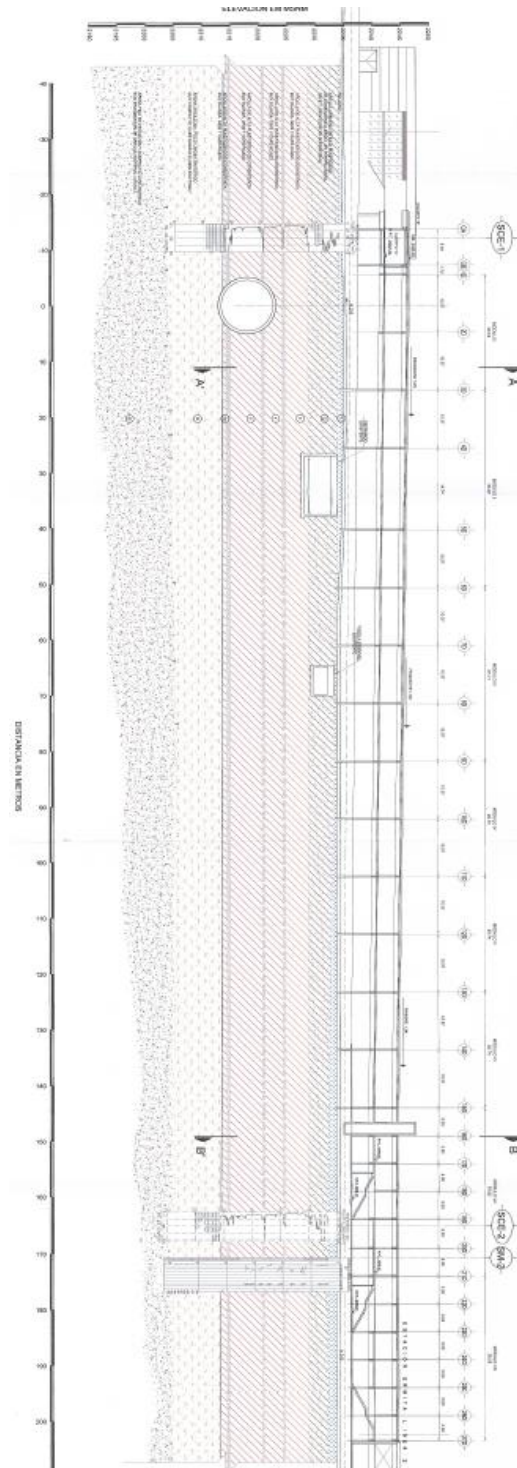


Fig. 17 Perfil estratigráfico y corte esquemático de la pasarela de correspondencia.

Los pilotes de fricción propuestos para la cimentación de la pasarela se encontrarán desplantados dentro de la formación lacustre y transmitirán la carga al subsuelo principalmente a lo largo de su superficie lateral. Los pilotes quedarán desplantados entre la cota 2217.00 y 2217.50 msnm, y mantendrán un colchón de arcilla por debajo de la punta del pilote de aproximadamente 2.0 m de altura. El peralte del cabezal que se encargara de unir los pilotes varía entre 2.0 y 1.5 m por lo que el nivel de desplante de esta última se situará dentro del relleno heterogéneo.

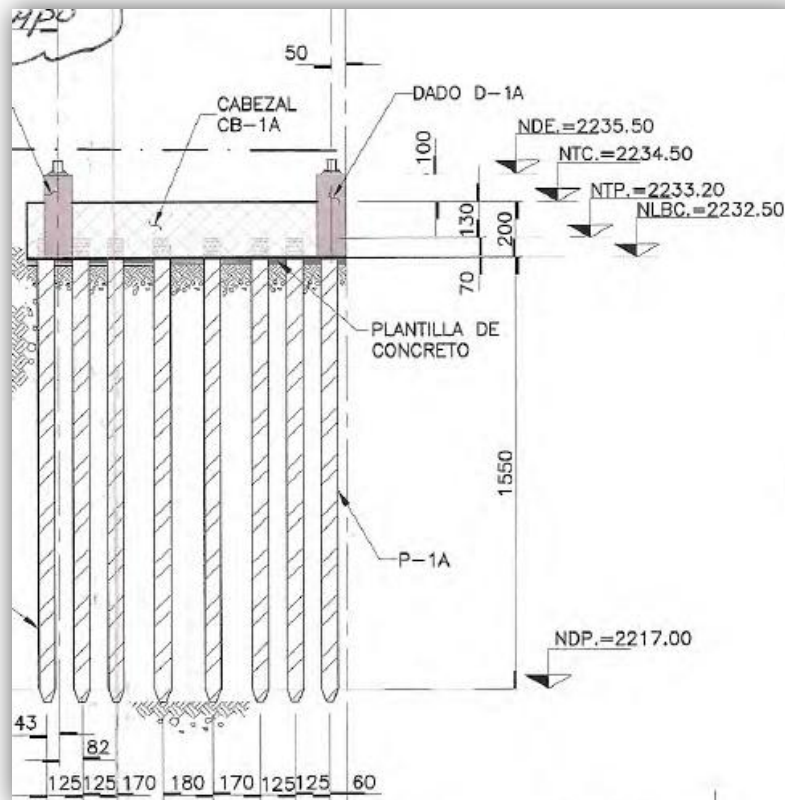


Fig. 18 Elevación de pilotes, cabezales y dados.

3.4 Consideraciones Geotécnicas

Los depósitos que conforman el subsuelo del sitio sobre el que se desplantara la pasarela de correspondencia cuerpo "D", presentan una baja resistencia al esfuerzo cortante y una alta compresibilidad, como se indicó anteriormente el depósitos lacustres se encuentran afectados por el fenómeno de hundimiento regional, de acuerdo con las propiedades mecánicas de deformación del depósito y a las lecturas piezométricas tomadas en la zona, se estima una magnitud del hundimiento del alrededor de 90 cm los cuales se espera que se desarrollen de forma diferida en un lapso de 30 años, esta magnitud se evalúa considerando una velocidad de hundimiento de 3 cm/año.

La pasarela como se indica anteriormente se encuentra situada sobre las instalaciones del metro de la Línea 2 que corren sobre el camellón central de la calzada de Tlalpan por lo que no existen construcciones aledañas a ambos lados de la pasarela; para el caso de la estabilidad de las zanjas superficiales que se requieran excavar para la construcción del cabezal, la sobrecarga que se consideró para la revisión de la estabilidad de dicha zanja corresponde a la indicada por el reglamento de 1.5 ton/m².



Fig. 19 Proyección virtual de la Pasarela.

La estabilidad de la cimentación se revisó para que cumpla con los criterios de falla y de servicio contemplados por las N.T.C del Distrito Federal; el cual contempla que para el estado límite de falla las cargas transmitidas al terreno de cimentación sea menor que la reacción proporcionada por el subsuelo, afectando esta última por el correspondiente factor de resistencia, en cuanto a las deformaciones permisibles, ya que no existirán construcciones colindantes; se aceptaran deformaciones del orden del 15 cm.

La revisión de los pilotes se llevó a cabo para las diferentes combinaciones de carga a los que se encontrara sujeto la estructura de la pasarela durante su vida útil, estas últimas proporcionadas por el diseño estructural para cada uno de los módulos. La revisión se realizó para la condición de carga estática y tres de la condiciones más desfavorables de carga sísmica; es esta última se revisó que el incremento de carga originado por los momentos sísmicos alrededor de cada eje, no supere la capacidad de carga admisible a la compresión y tensión de cada uno de los pilotes del sistema de cimentación.

El número de pilotes se determinó en base a las cargas transmitidas al subsuelo y las fuerzas resistentes desarrolladas a lo largo del fuste del pilote (fricción positiva). La determinación de la capacidad de carga admisible consistió en establecer el equilibrio de las fuerzas actuantes y resistentes en una frontera teórica situada por debajo del nivel del terreno natural denominada eje neutro. Dentro de este análisis se consideró que la longitud del pilote situada por arriba del eje neutro se encontrara sujeta a la acción de fricción negativa.

Debido a la existencia de lentes de arena en el subsuelo de cimentación, se recomienda realizar una perforación previa que permita el hincado de los pilotes a través de los lentes de arena, ya que; según los sondeos presentan resistencias entre $75 - 100 \text{ kg/cm}^2$; sin embargo a solicitud de ICA no se deberá realizar la perforación previa para el hincado de los pilotes; por lo que la resistencia en el fuste del pilote no se demerito conforme al factor de reducción señalado por las N.T.C del Distrito Federal.

El peralte requerido para el cabezal de cimentación se determinó mediante el cálculo de la reacción positiva del suelo que actuara en la altura de dicho elemento estructural; por lo que se calculó la reacción pasiva necesaria para equilibrar el par de fuerzas (torque) provocado por el giro de la superestructura cuando es sometida a la acción de fuerzas sísmicas; la reacción del suelo se disminuyó conforme lo indicado en las N.T.C del Distrito Federal.

La estabilidad de los taludes en la excavación local para la construcción de los cabezales se determinó considerando que la excavación pueda sufrir una falla de tipo talud y cuña, tanto en forma local como en forma general, esto implica que el comportamiento del suelo se consideró como suelo y roca. Cabe señalar que por seguridad de vías que incursiona paralelo a la excavación, como medida de seguridad se colocara un sistema de ademado sobre las zanjas como se muestra en la figura siguiente.

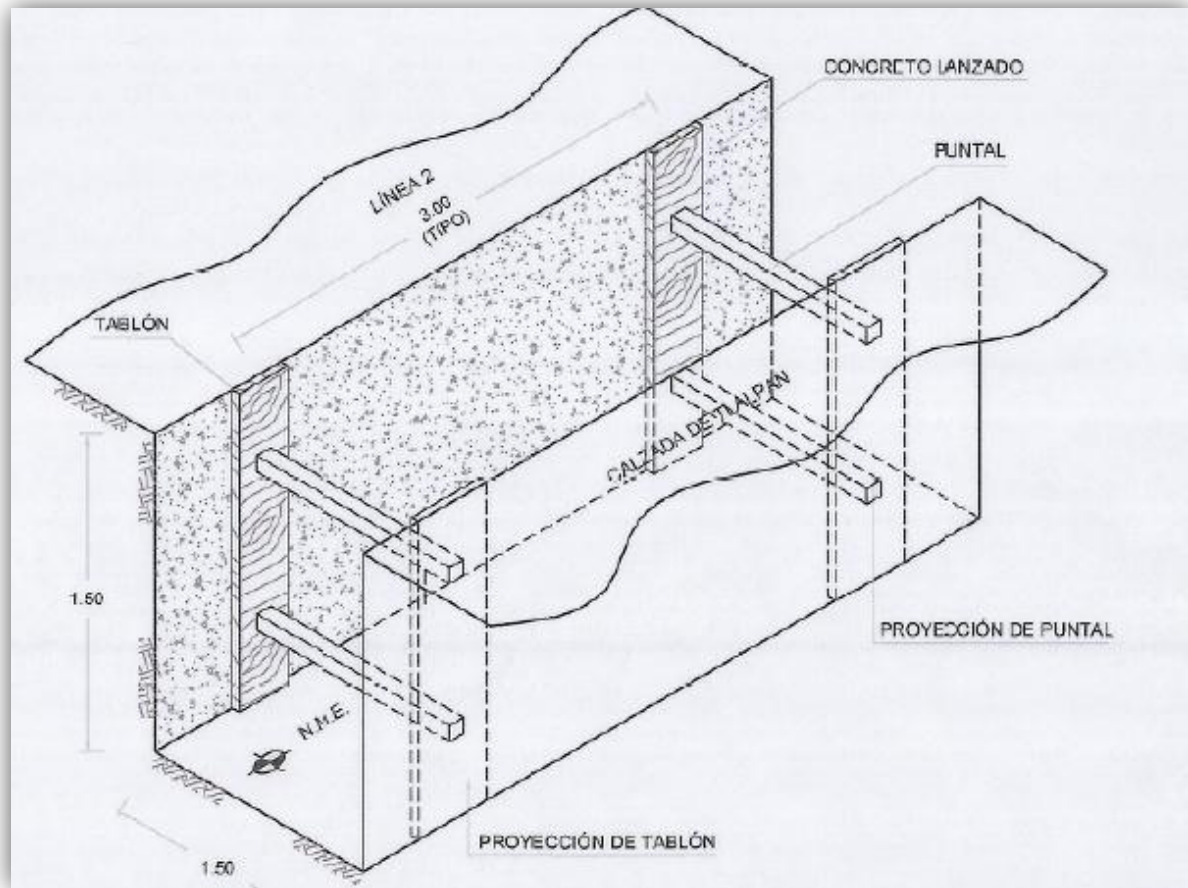


Fig. 20 Sistema de adomando en excavación

3.5 Normativa Adoptada para el Análisis de la Cimentación.

3.5.1 Sondeos Utilizados

La estratigráfica de la zona queda definida por los sondeos SCE-1, SCE-2 y SM-1 ejecutados en la campaña de exploración geotécnica del 2009. La información pertinente se tomó del informe que elaboró la firma TGC S.A. de C.V.

3.5.2 Propiedades de Resistencia

Las propiedades de resistencia se obtuvieron a partir de las pruebas de resistencia al esfuerzo cortante ejecutadas en muestras seleccionadas de los sondeos antes mencionados, reportados en el informe "Exploración Geotécnica Complementaria Línea 12 del Metro: Tramo1, Subtramo: Mixcoac Axomulco, México, D.F." con fecha de Diciembre de 2008.

3.5.3 Nivel de Desplante

El nivel de desplante de los pilotes se obtuvo de acuerdo a la resistencia requerida en el fuste para equilibrar las cargas transmitidas por los apoyos de la pasarela, así como; en el colchón de arcilla requerido por debajo de la punta del pilote, para esto último se consideró el hundimiento regional de alrededor de 90cm.

3.5.4 Sobrecargas

Se utilizó la sobrecarga indicada por el reglamento de 1.5 ton/m².

3.5.5 Sección Transversal

Se utilizó la sección transversal de los planos arquitectónicos.

3.5.6 Estado Límite de Falla

Capacidad de carga del sistema suelo-pilotes de fricción.

Se definió a partir del cumplimiento de la siguiente relación:

$$\sum Q_{FC} < R$$

De donde:

ΣQFC es la suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada, afectada de su correspondiente factor de carga.

La capacidad de carga (R) por adherencia lateral de un pilote de fricción lateral bajo esfuerzos de compresión, C_f , se calculará como:

$$C = AfF$$

3.5.6.1 Empujes Pasivos

El cálculo de empujes se realizó según la teoría de Rankine; conforme a las N.T.C. del D.F en caso de absorber las fuerzas por contacto lateral entre subestructura y suelo, la resistencia del suelo considerada no deberá ser superior al empuje pasivo afectado de un factor de resistencia de 0.35

3.5.6.2 Estabilidad de Taludes

El factor de seguridad para garantizar la estabilidad de cada avance de excavación se determinó en función del método de Dovelas de Fellenius, a partir de cual se obtuvieron los empujes redistribuidos sobre el sistema de ademe.

3.5.7 Estado Límite de Servicio

Los asentamientos se estimaran considerando la penetración de los mismos y las deformaciones del suelo que los soporta, así como la fricción negativa y la interacción con el hundimiento regional.

3.5.7.1 Estimación de Deformaciones

Se determinaron según el Reglamento de Construcción del Distrito Federal en sus Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones.

Capítulo IV. Procedimientos de Construcción.

En este capítulo se presentara el procedimiento constructivo de la pasarela, que incursionara sobre la Avenida Tlalpan, perteneciente al conjunto de edificios de correspondencia de la Línea 12 con la Línea 2.

4.1 Etapa I. Trabajos Previos, Obras Inducidas, Bando de la Calzada Tlalpan y Colocación del Tapial de Protección.

- Trabajos previos. Se realizara el desvío de instalaciones que interfieran en el proyecto.
- Obras inducidas. Son las actividades en la cuales se identifican las interferencias que existen sobre el trazo de la línea.
- Bando de la Avenida Tlalpan. Es la ubicación de personas a lo largo de la obra para tratar de agilizar el tránsito vehicular y evitar accidentes tanto viales como peatonales, facilitando ellos mismos el paso peatonal en las intersecciones peatonales con la obra, esto se hace con la ayuda de un tapial de protección.

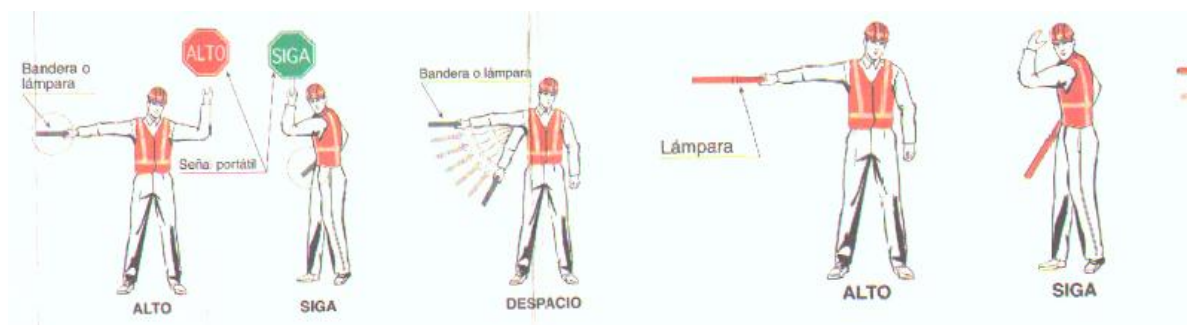


Fig. 21 Señalizaciones Viales.



Fig. 22 Señalizaciones Viales.

- Colocación del Tapial de protección. El tapial de protección sirve para delimitar el área de trabajo y se encuentra colocado en toda la periferia de la obra.

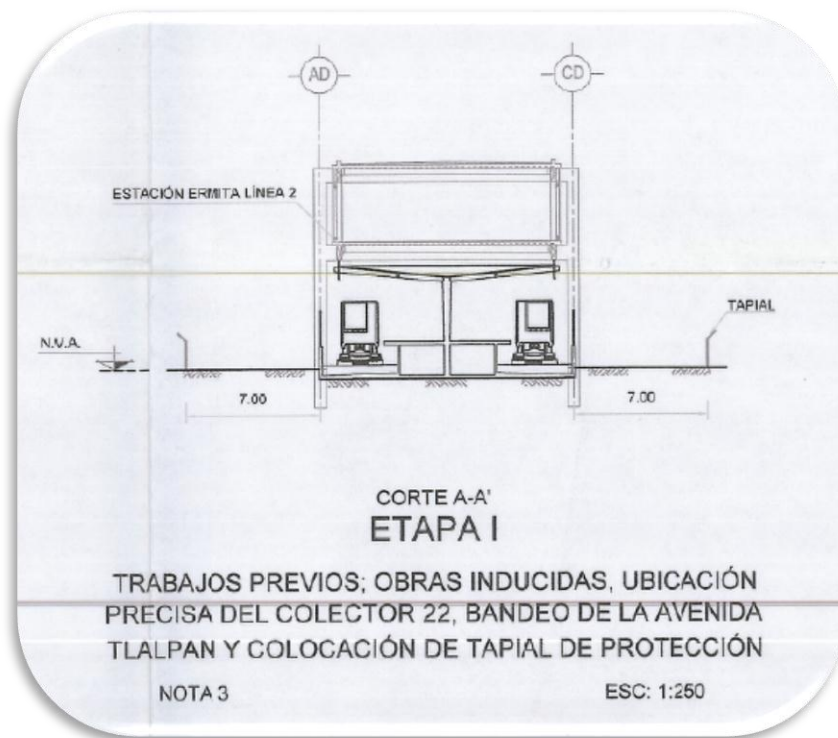


Fig. 23 Etapa I. Proceso Constructivo

4.2 Etapa II. Demolición de Guarnición, Jardinera, Trazo y Nivelación.

- Demolición de guarnición y jardinea. Se demolió la guarnición de la estación Ermita de Línea 2 y se demolieron las jardineras paralelas al trazo de la Avenida Tlalpan.



Fig. 24 Demolición de jardinera.

- Trazo y Nivelación. El trazo es el resultado de un análisis y estudio profundo de movilidad y captación de usuarios, además de todos los elementos implicados en la solución a los problemas generales por el diseño de dicha línea, entre otros y consiste en marcar sobre el terreno las medidas y ejes a seguir en la ejecución de los trabajos. La nivelación es fijar los niveles sobre los cuales se desplantará la construcción, para ello se necesita marcar las referencias correspondientes que permitan su clara identificación y seguimiento.

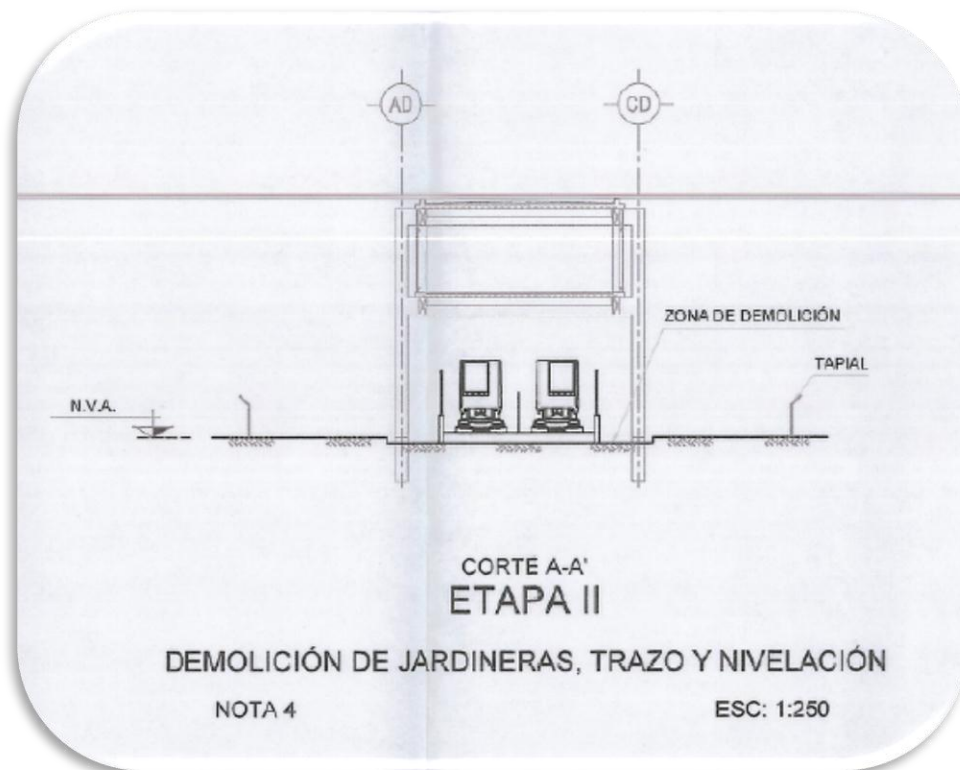


Fig. 25 Etapa II. Proceso Constructivo

4.3 Etapa III. Perforación Previa para el Hincado de Pilotes.

Se realizó una perforación previa en la capa superficial a una profundidad de 6.00m y a un diámetro de 0.30, esto con el objeto de atravesar rellenos y costra superficial que obstaculice el hincado de los pilotes durante los primeros metros del subsuelo. En el caso de las perforaciones previas adyacentes al colector 22, tendrán 2.53 m de diámetro y deberán realizarse a 7.00 m de profundidad esto para disminuir los posibles daños causados por la posterior hincada de pilotes.

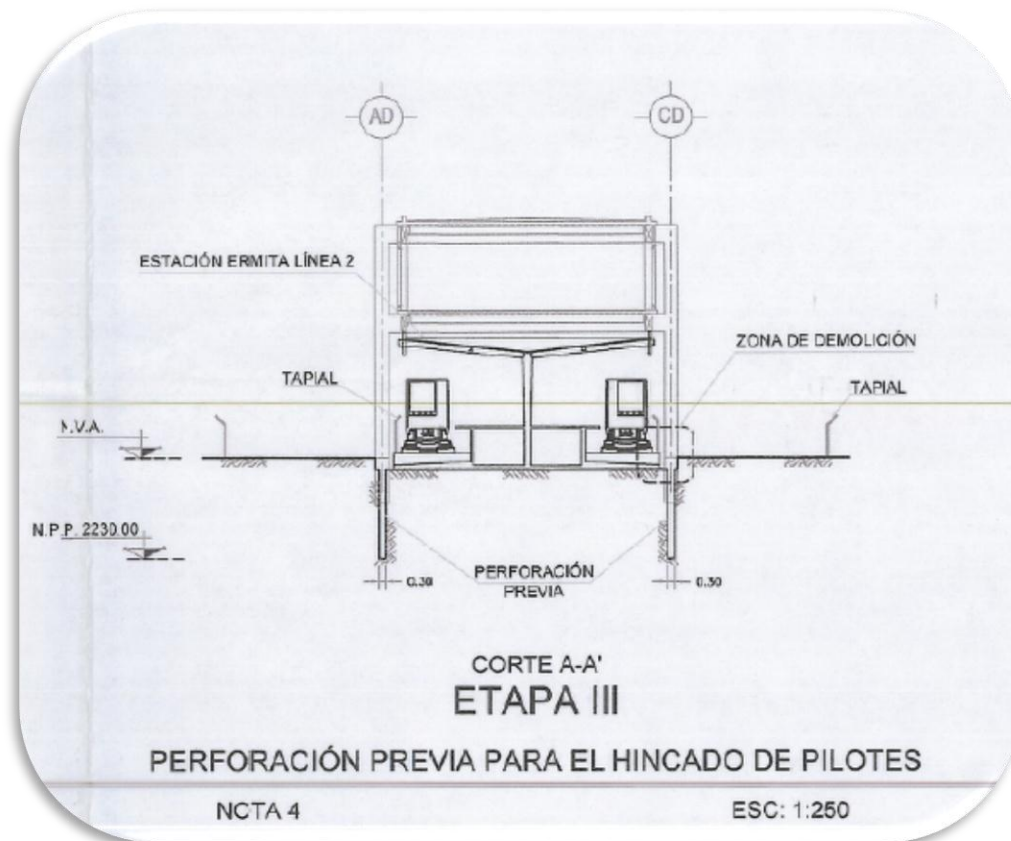


Fig. 26 Etapa III. Proceso Constructivo

4.4 Etapa IV. Hincado de Pilotes.

Se denomina pilote a un elemento constructivo utilizado para cimentación de obras, que permite trasladar las cargas hasta un estrato resistente del suelo, cuando este se encuentra a una profundidad tal que hace inviable, técnica o económicamente, una cimentación más convencional mediante zapatas o losas.

Tiene forma de columna colocada en vertical en el interior del terreno sobre la que se apoya el elemento que le trasmite las cargas y que trasmite la carga al terreno por rozamiento del fuste con el terreno, apoyando la punta en capas más resistentes o por ambos métodos a la vez.

4.4.1 Características de los Pilotes.

Se utilizaron 146 pilotes de fricción de punta penetrante, con una sección transversal cuadrada de 0.40 m de lado y con una longitud de la cabeza hasta la punta de 16.70 m. Con un sistema hidráulico para el hincado de los pilotes (Sistema Chiflón).

4.4.2 Materiales

Concreto estructural.....	$f'c= 300 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo (varillas #3).....	$f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo (varillas #4).....	$f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo (varillas #8).....	$f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$
Tubo de Inyección.....	De 2" galvanizado 10 a 20 kg/cm^2
Tubo de alivio.....	PVC de 2"

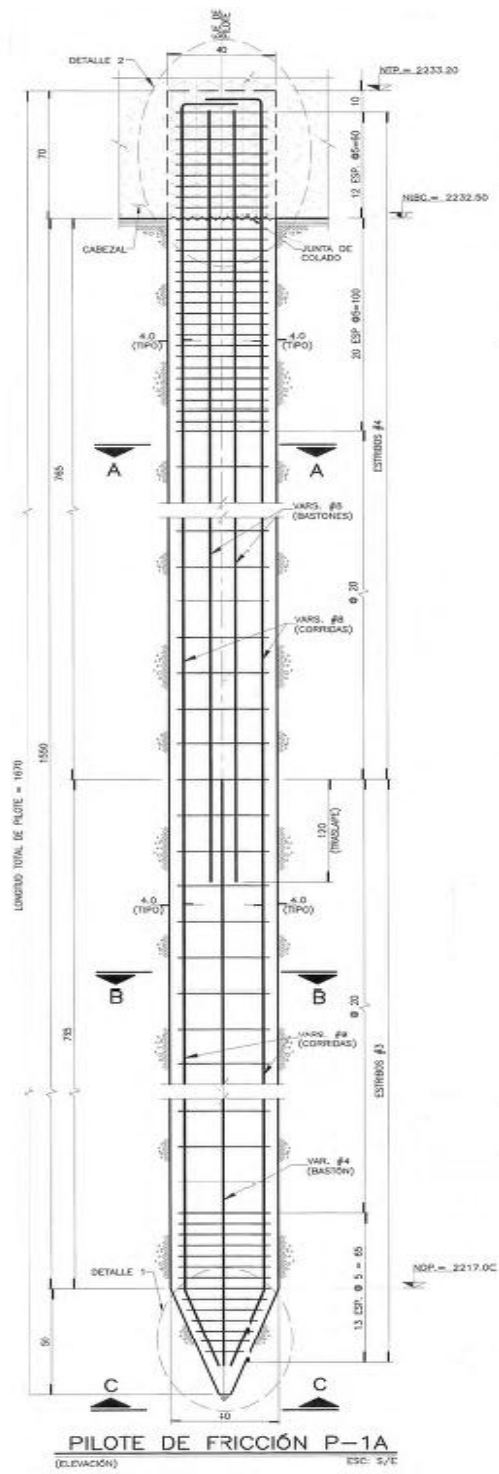


Fig. 27 Elevación pilote de fricción, detalles de armado.

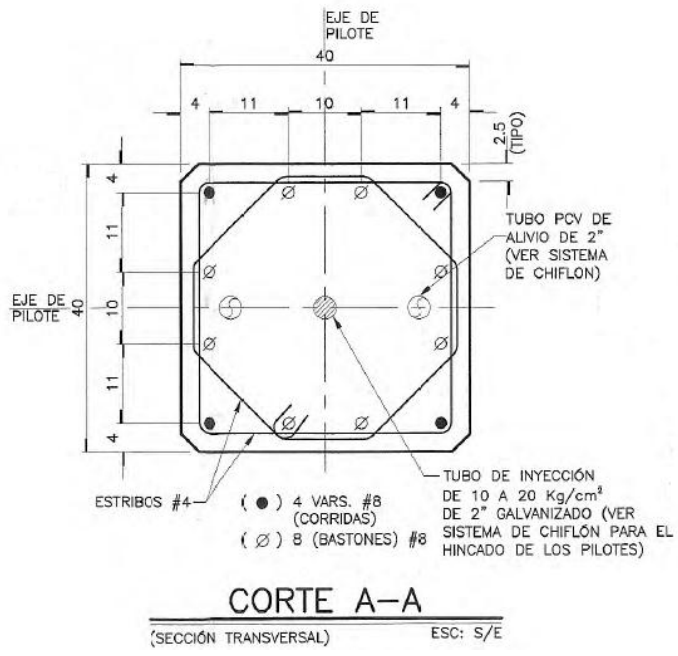


Fig. 28 Sección transversal pilote de fricción corte A-A.

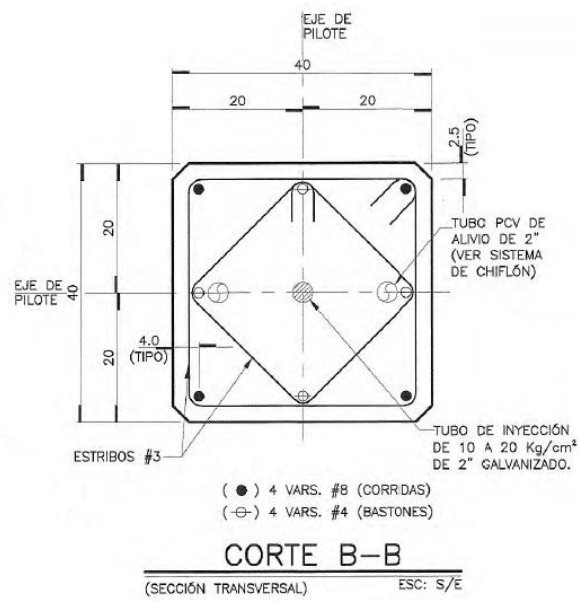
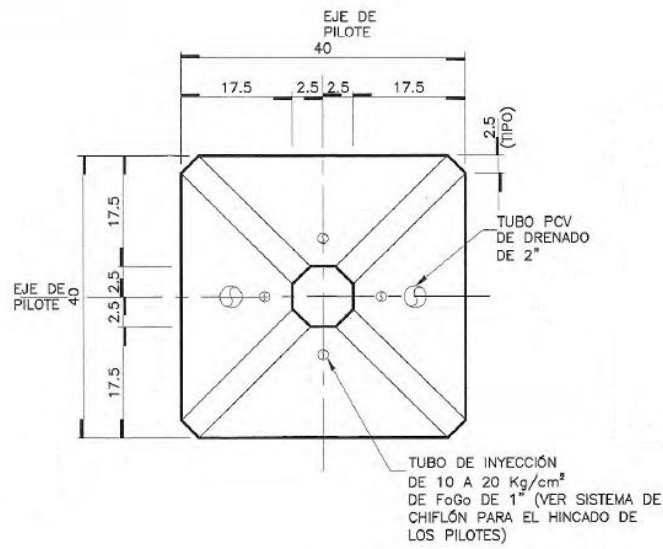


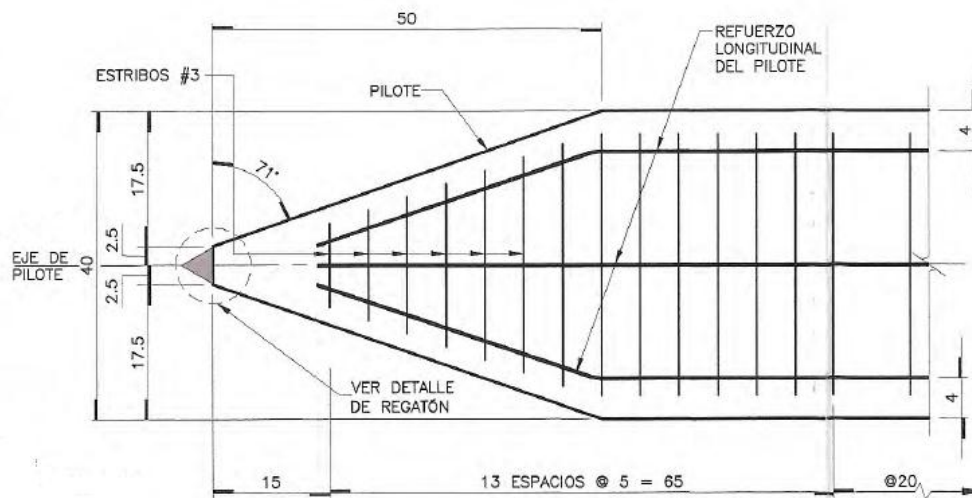
Fig. 29 Sección transversal pilote de fricción corte B-B.



VISTA C-C

ESC: S/E

Fig. 30 Sección transversal pilote de fricción corte C-C.



DETALLE 1

(PUNTA PENETRANTE)

ESC: S/E

Fig. 31 Detalle punta penetrante.

4.4.3 Hincado de Pilotes Mediante el Sistema Chiflón.

4.4.3.1 Sistema Chiflón.

Este procedimiento se utiliza para hincar pilotes en suelos granulares, el hincado se lleva a cabo mediante un sistema hidráulico, el sistema consta en inyectar agua a una presión de 10 a 20 kg/cm^2 por un tubo de 2" de diámetro, que tiene una boquilla de la mitad del mismo y que se encuentra ubicado dentro del pilote de concreto. La finalidad de la inyección del agua es erosionar la zona del frente de penetración y se extraiga parte del suelo por arrastre junto con al agua que asciende a la superficie por otro tubo de alivio de 2" de diámetro que también se encuentra dentro del pilote.

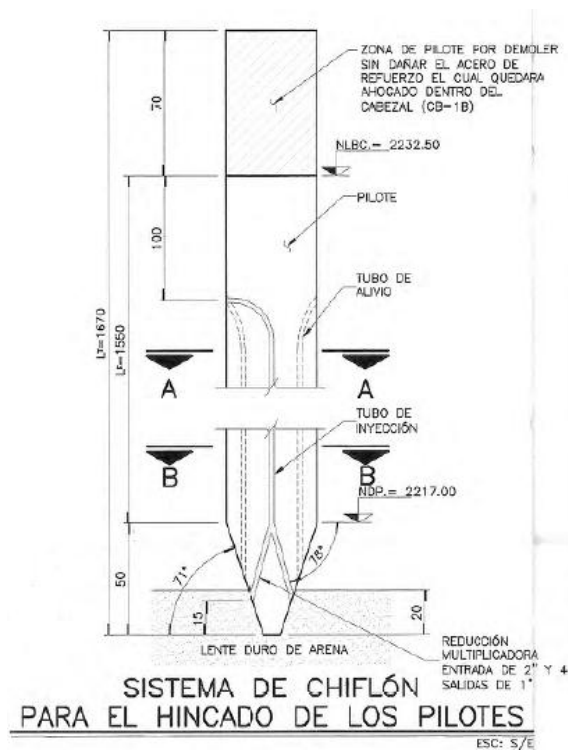


Fig. 32 Sistema Chiflón.

4.4.3.2 Consideraciones para el Hincado de Pilotes.

- El nivel superior del pilote deberá corresponder al indicado en el proyecto estructural.
- La punta del pilote deberá quedar desplantada en la elevación 2217.00 msnm.
- El equipo de hincado deberá estar libre de excentricidades o juego en el cabezal.
- El desplome no deberá exceder de $1/250$ de H, donde "H" es la longitud de la pila.
- Se utilizarán piloteadoras con un martillo de impacto hidráulico modelo JUNTAN HHK55, con una energía máxima de impacto de 74 KNM.
- La altura de caída debe ser de entre 50-150 mm y un peso total de 9 ton.
- La tolerancia máxima de desplazamiento horizontal de la cabeza de los pilotes hincados no deberá ser mayor a 0.20 m.

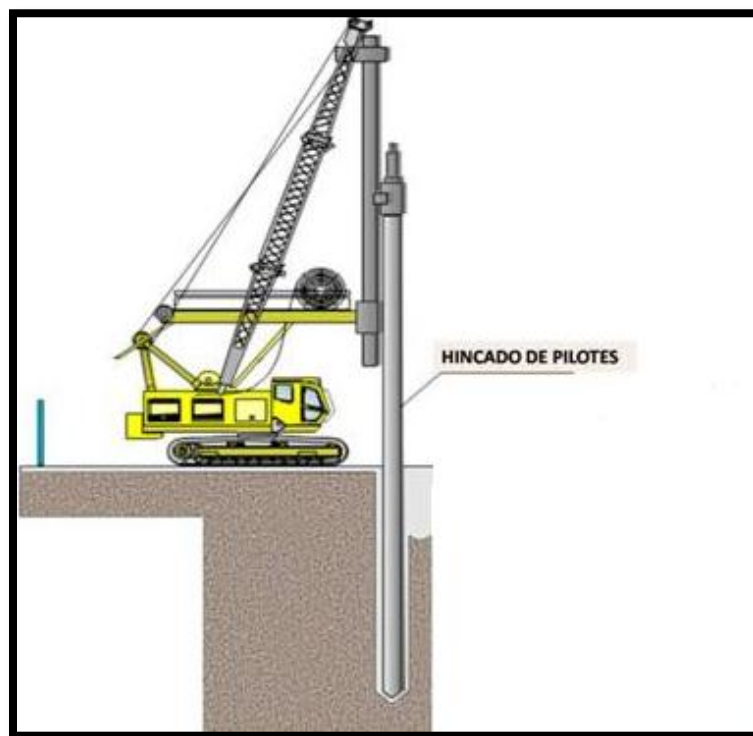


Fig. 33 Representación de Piloteadora usada.

4.4.3.3 Procedimiento de Hincado Mediante Sistema Chiflón.

La estratigrafía del lugar indica que se tienen tres lentes arenosos cuyo espesor es aproximadamente 50cm y cuya ubicación es 10.00 m, 13.80 m y 19.70 m de profundidad. Se estima que los pilotes atravesaran los 2 primeros lentes arenosos, por lo que cada pilote cuenta con un sistema chiflón para que en dado caso, por cuestiones de dureza de dichos lentes arenosos no se pueda profundizar en el hincado de los pilotes se activara el sistema chiflón.

Cuando el pilote alcance los estratos duros deberá implementar el sistema chiflón:

- El pilote deberá hincarse 20 cm dentro de la capa dura de arena.
- Suspender la hinca y activar el sistema chiflón con una presión de 10 a 20 kg/cm². Durante 10 a 15 min. Hasta que la arena retorne a la superficie a través del tubo de alivio.
- Reanudar el proceso de hincado hasta el rebote.
- Repetir la operación de chifloneo y ajustar el tiempo de ejecución conforme lo demande el pilote en obra.
- Esta operación se repetirá hasta atravesar cada uno de los lentes duros de arena intercalados en la masa del suelo.
- Cabe mencionar que este sistema de chiflón no interfiere con el acero de refuerzo.

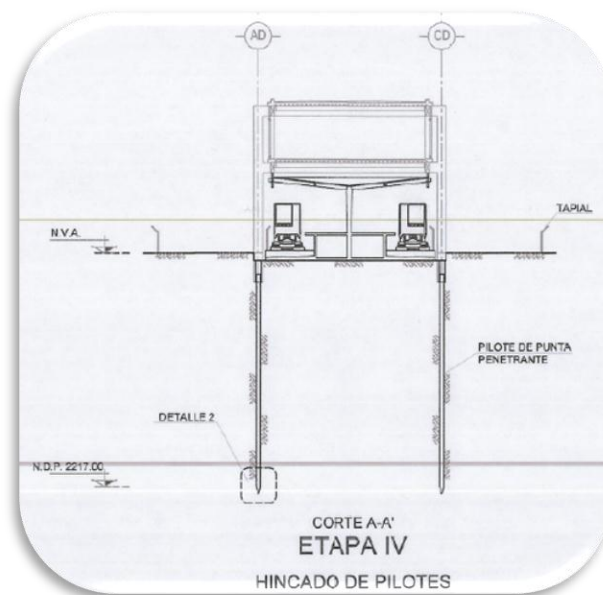


Fig. 34 Etapa IV Proceso Constructivo.

4.4.4 Distribución de Pilotes a lo Largo de la Pasarela.

4.4.4.1 Módulos 1 y 2

Entre estos dos módulos suman un total de 36 pilotes distribuidos de la siguiente manera:

- Módulo 1 y 2. Cuenta con 18 pilotes por eje, lo que hace un total de 36 pilotes.
- La profundidad de desplante de los pilotes es de 17.5 m
- La carga por punta es de 5.9 t.
- Número de estratos 12.0
- Nivel de capa dura 19.5 m

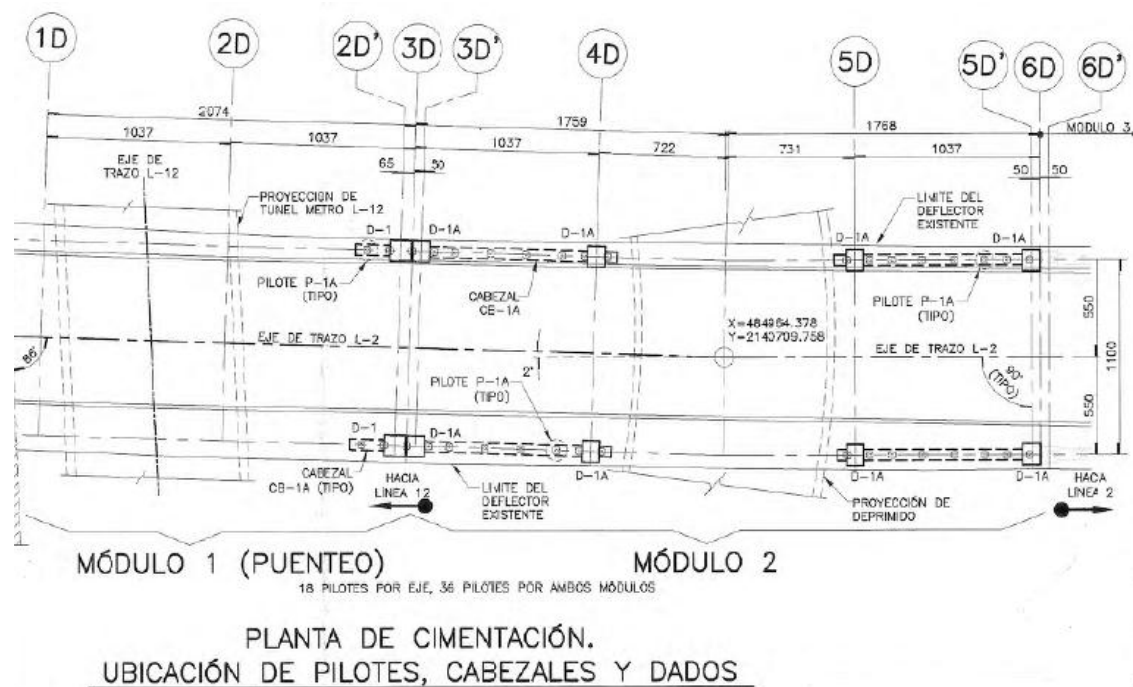


Fig. 35 Ubicación de pilotes módulo 1 y 2.

4.4.4.2 Módulo 3

En este módulos se encuentran un total de 22 pilotes en total distribuidos de la siguiente manera:

- Módulo 3. Cuenta con 11 pilotes por eje, lo que hace un total de 22 pilotes.
- La profundidad de desplante de los pilotes es de 17.5 m
- La carga por punta es de 5.9 t.
- Número de estratos 12.0
- Nivel de capa dura 19.5 m.

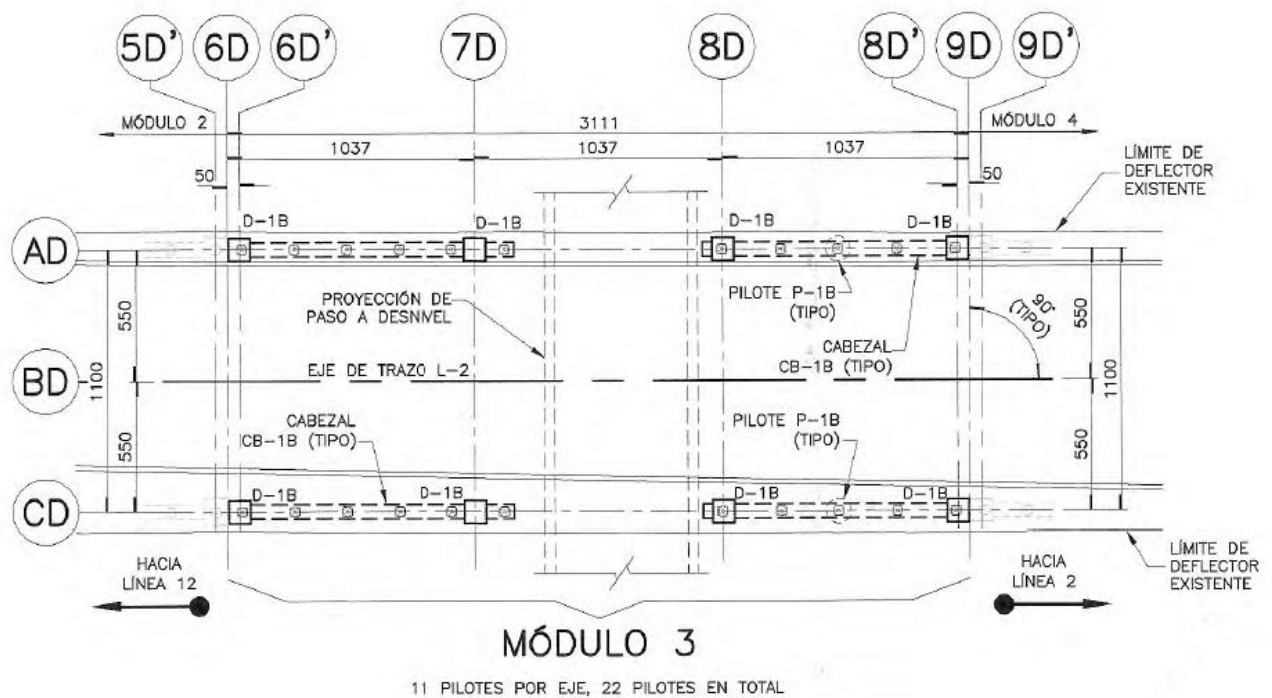


Fig. 36 Ubicación de pilotes módulo 3

4.4.4.3 Módulo 4, 5, 6 y 7

Entre estos dos módulos suman un total de 88 pilotes distribuidos de la siguiente manera:

- Módulo 4. Cuenta con 11 pilotes por eje, lo que hace un total de 22 pilotes.
- Módulo 5. Cuenta con 11 pilotes por eje, lo que hace un total de 22 pilotes.
- Módulo 6. Cuenta con 11 pilotes por eje, lo que hace un total de 22 pilotes.
- Módulo 7. Cuenta con 11 pilotes por eje, lo que hace un total de 22 pilotes.
- La profundidad de desplante de los pilotes es de 17.5 m.
- La carga por punta es de 5.9 t.
- Número de estratos 12.
- Nivel de capa dura 19.5 m.

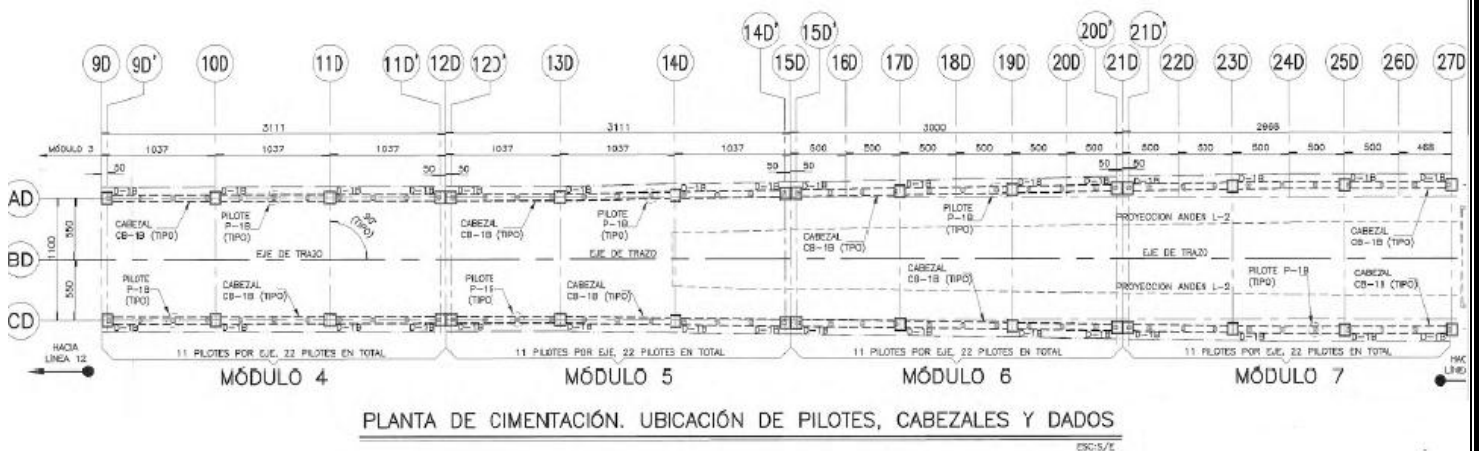


Fig. 37 Ubicación de pilotes módulos 4, 5, 6 y 7.

4.5 Etapa V. Excavación Local en Avances Limitados y Descabece de Pilotes.

4.5.1 Excavación en Avances Limitados

En este punto se presenta la secuencia de excavación para los siete módulos en los que se divide la pasarela, como trabajos preliminares se tuvo que haber concluido con la demolición de los elementos estructurales que interfieran con la excavación tales como jardineras y guarnición.

La excavación se hará en avances limitados, los taludes de avances se realizaron en relación 2:1 (vertical: horizontal). El nivel máximo de excavación deberá ser de 2232.50 msnm.

Los cortes verticales se protegerán con concreto lanzado, el cual se acompañó de una malla electrosoldada como acero de refuerzo. Además se contó con un sistema de ademando de refuerzo a partir de tablonces a cada 2.00m y dos líneas de puntales colocando el primer nivel a 0.50 m de profundidad y el segundo a 1.50 m.

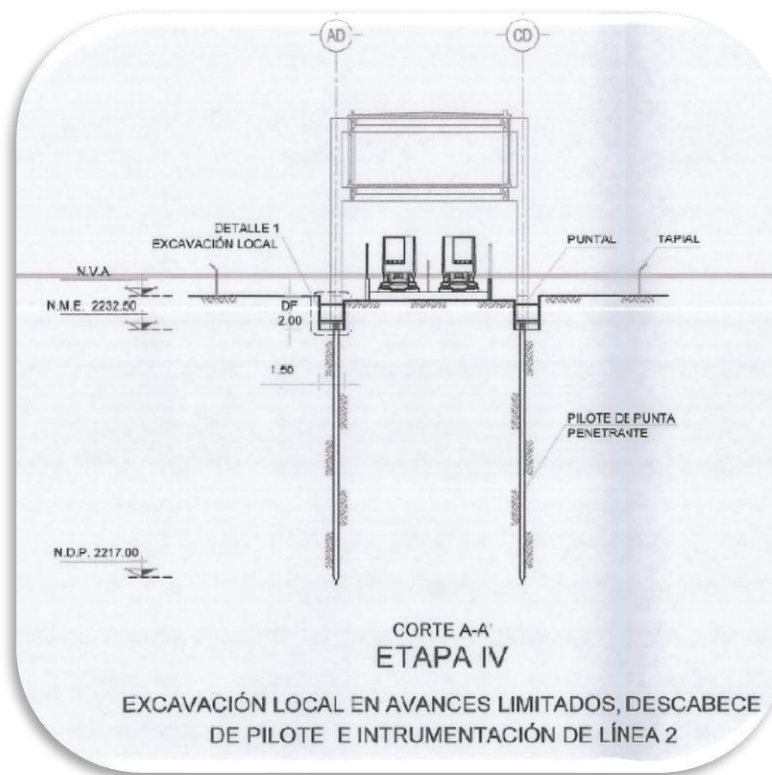


Fig. 38 Etapa IV Proceso Constructivo.

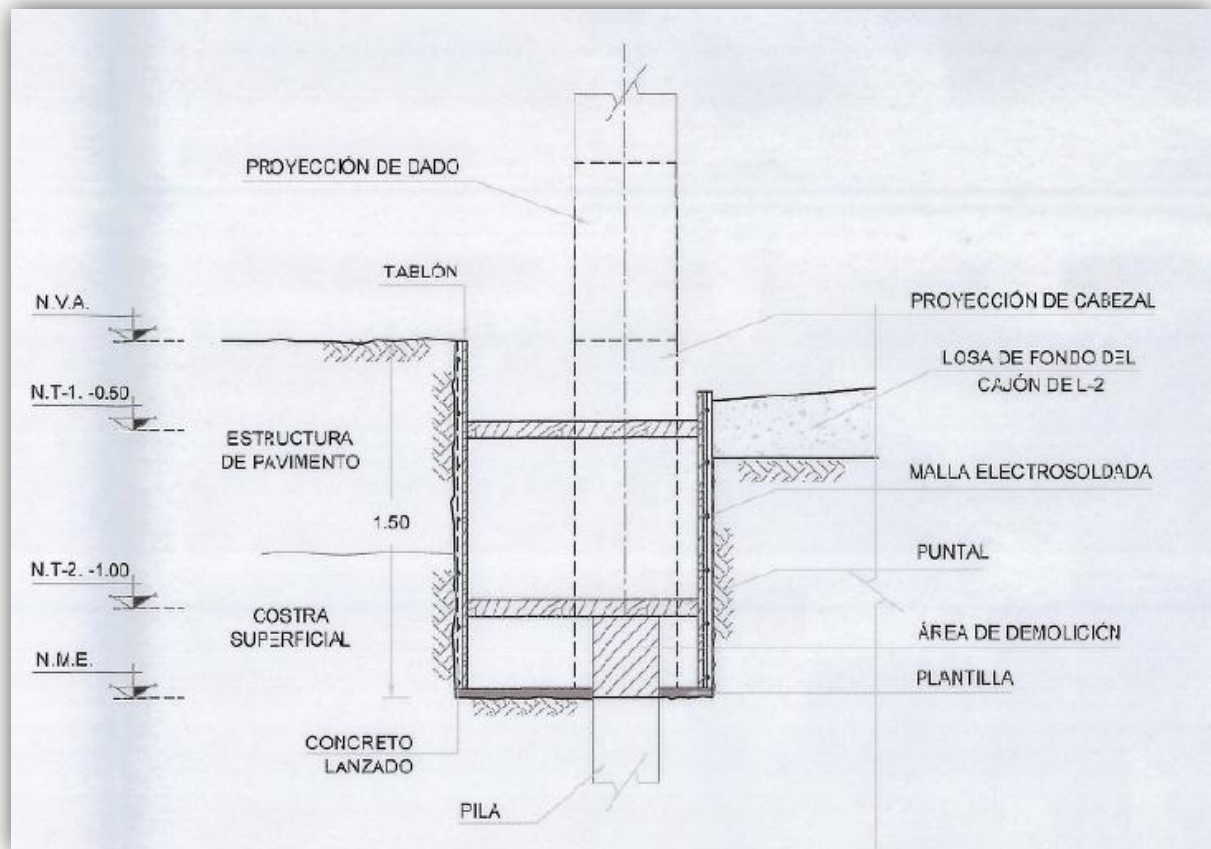


Fig. 39 Sistema de ademando en excavación.

Como condición necesaria para abrir un nuevo avance de excavación, es necesario que el concreto lanzado del avance anterior haya fraguado lo cual sucedió en un transcurso de entre 6 a 8 horas después de que se aplicación.

También se tuvo que implementar un sistema de instrumentación con líneas de colimación adyacentes a las instalaciones de línea 2 del metro, con el objetivo de monitorear cualquier irregularidad que se presente durante los trabajos de excavación y construcción relacionados a la pasarela de correspondencia correspondiente a la línea 12 del metro.

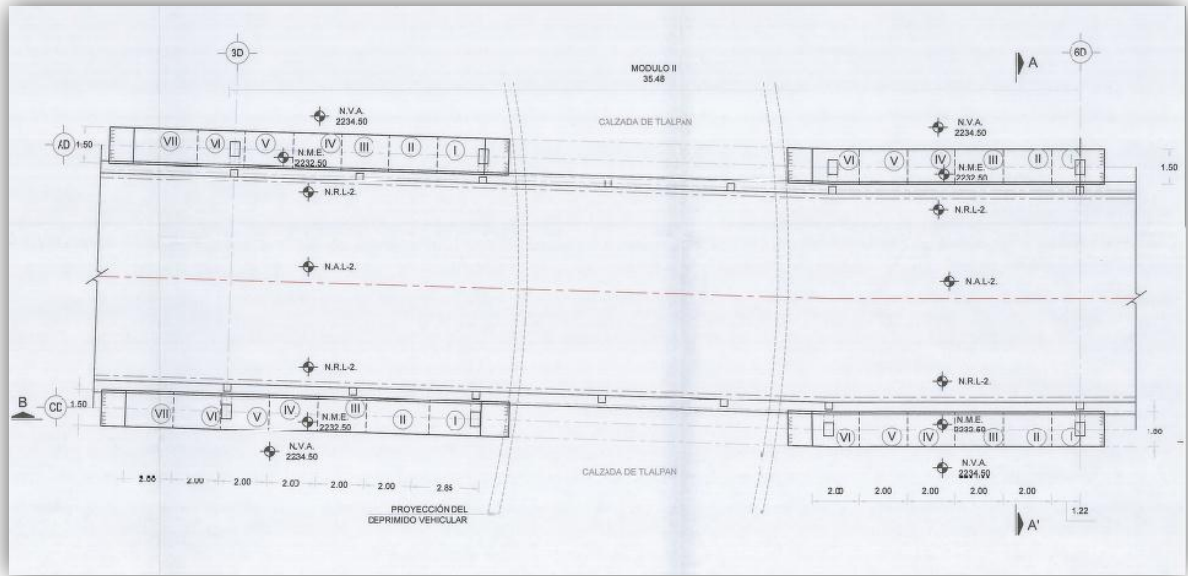


Fig.40 Planta de Secuencia de Excavación Tipo Módulo II y III

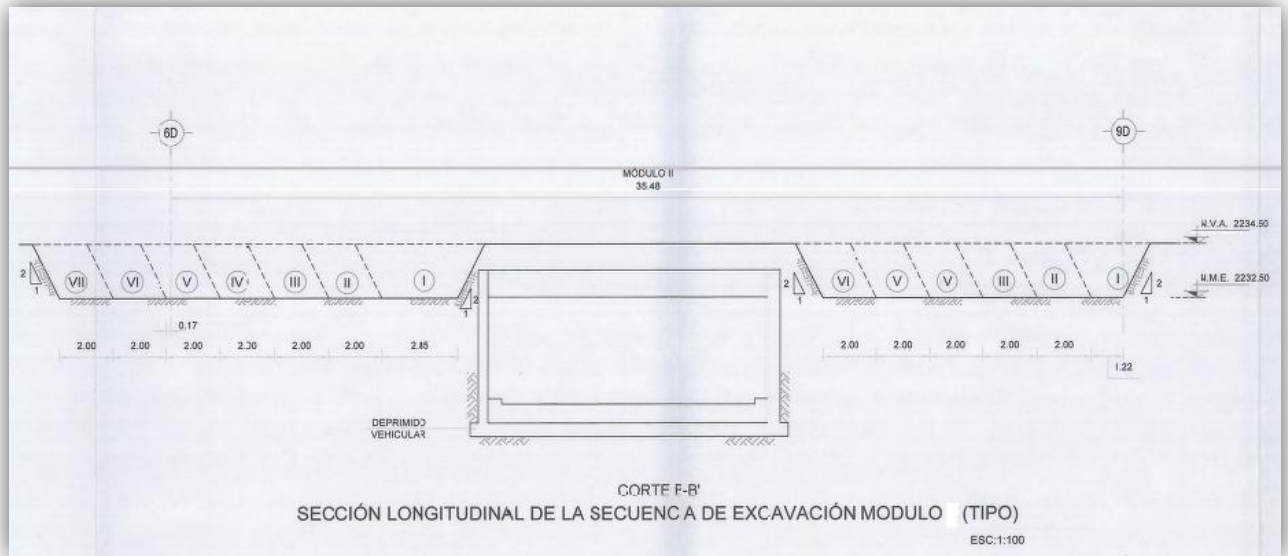


Fig. 41 Sección Longitudinal Secuencia de Excavación Tipo Modulo II y III.

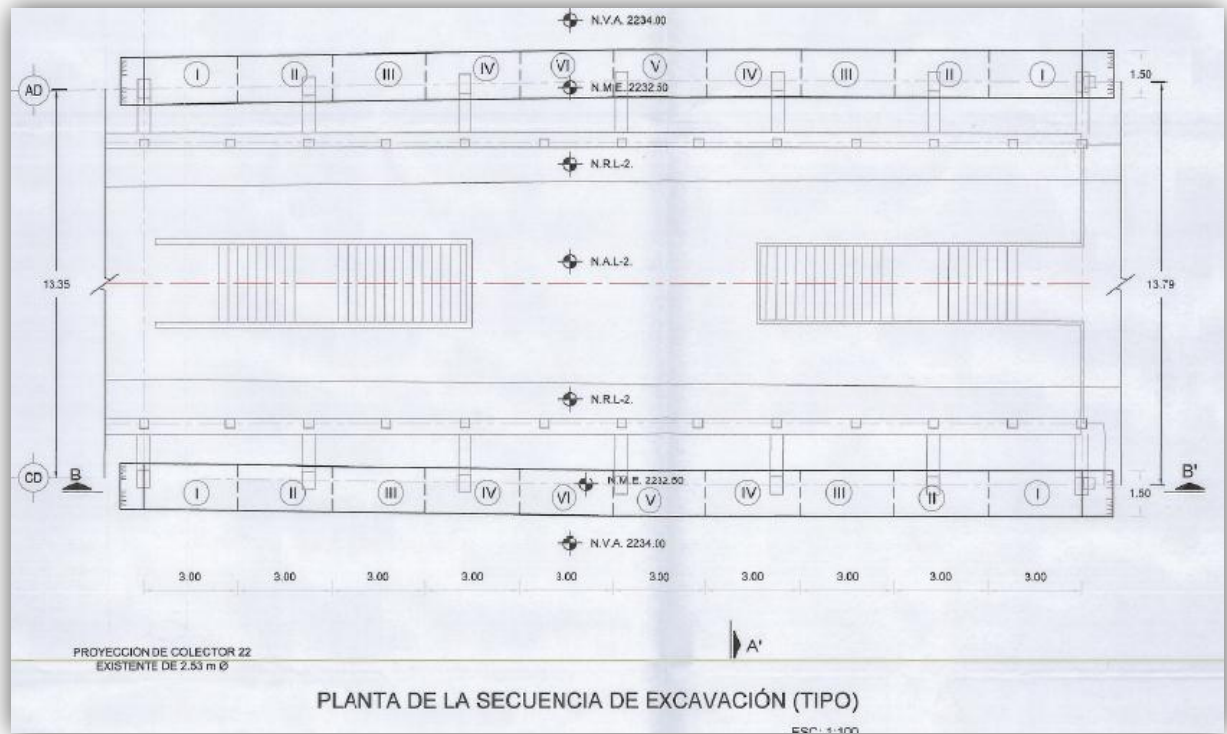


Fig. 42 Planta de Secuencia de Excavación Tipo Módulo IV, V, VI y VII

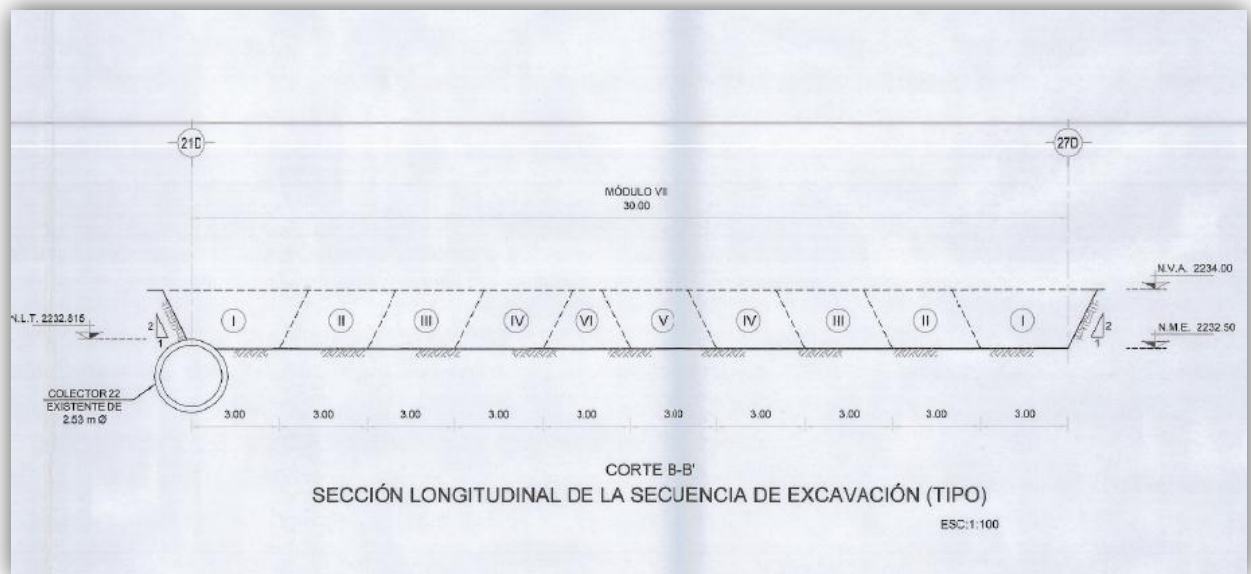


Fig. 43 Sección Longitudinal de la Secuencia de Excavación Tipo. Módulo IV, V, VI y VII.

4.5.2 Descabece de Pilotes.

Conforme se excavo se llevó a cabo el descabece de pilotes consiste en que, con ayuda de un martillo hidráulico demoler la cabeza del pilote a la altura requerida por el proyecto que en este caso es de 70 cm dejando el armado en perfecto estado para unir el acero de refuerzo de este con el de la trabe longitudinal, que recogerá y unirá los pilotes. Este procedimiento se llevó a cabo conforme se fue excavando.

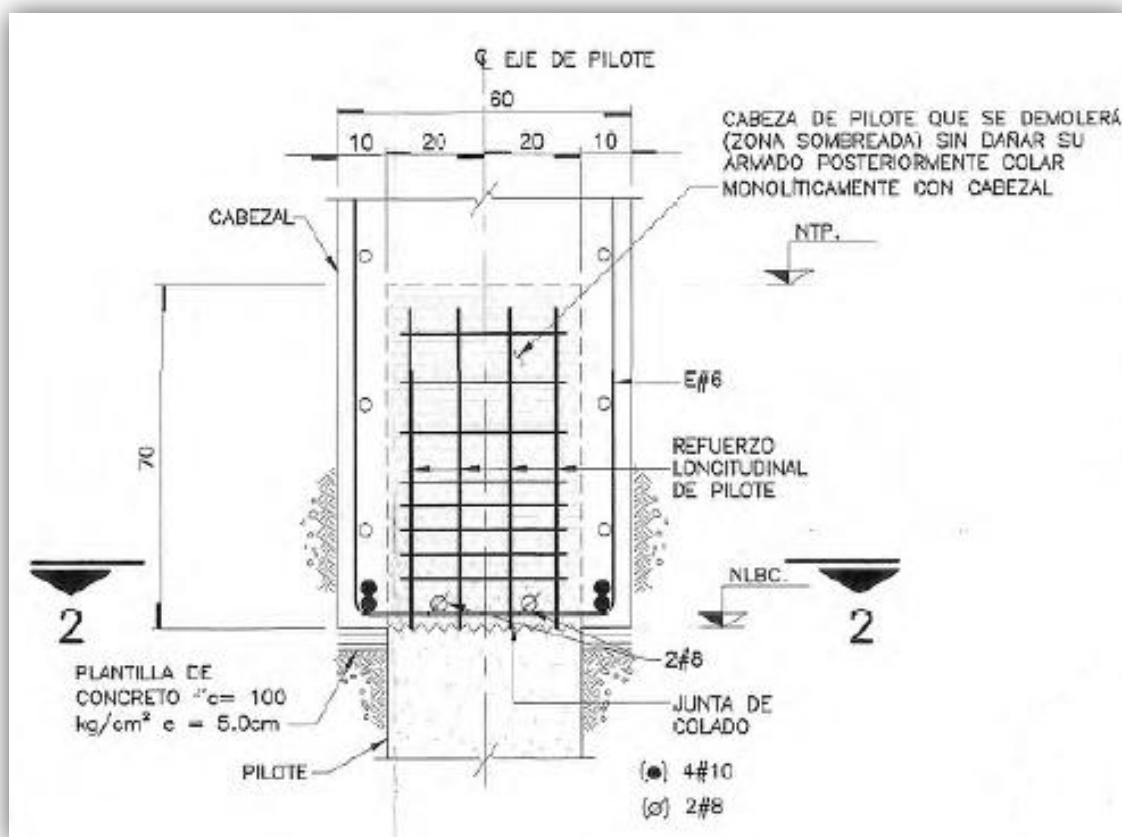


Fig. 44 Corte Descabece de Pilotes

4.6 Etapa VI. Construcción de Traveses y Dados.

Como ya se mencionó anteriormente la cimentación adoptada es a base de pilotes de punta penetrante, los cuales serán recogidos en la parte superior por una trabe longitudinal de concreto y su función es repartir la carga de la estructura metálica que se montara posteriormente.

Mientras que para el montaje de la estructura metálica se construyeron dados de cimentación sobre los cuales se montaran las columnas metálicas. Estos cuentan con una altura y un armado distinto al de la trabe, ya que sobre estos se atornillaran y anclaran las placas base a las cuales se encierran soldadas las columnas metálicas que dan cuerpo a la pasarela de correspondencia.

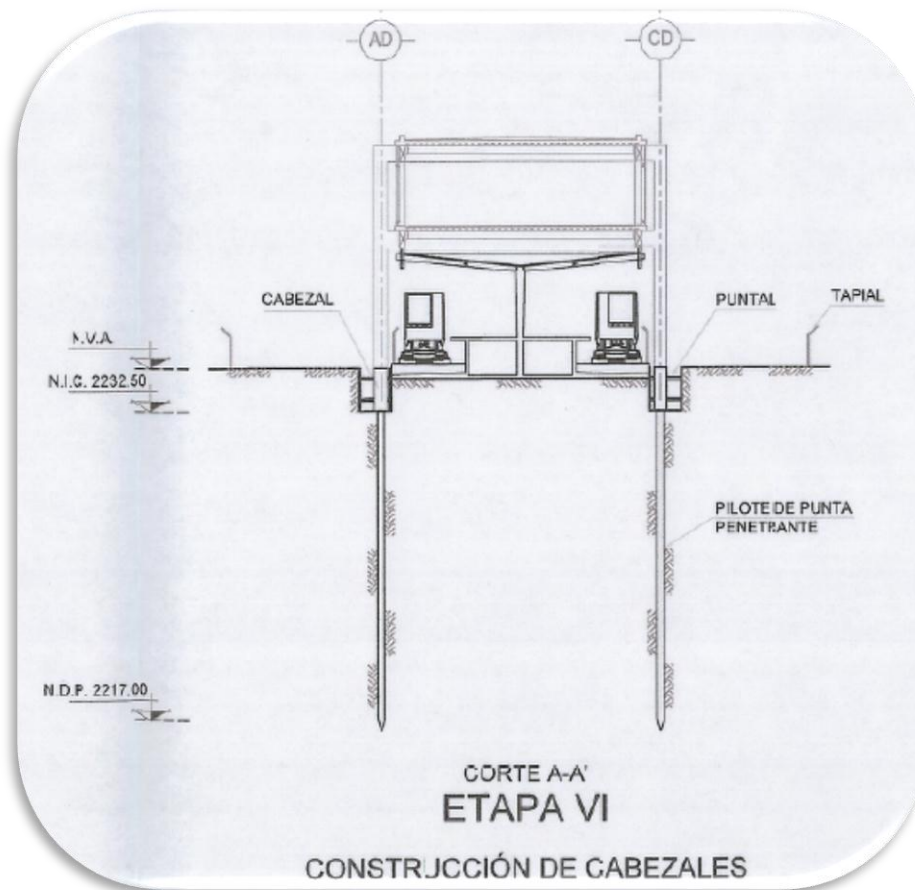


Fig. 45 Etapa VI Proceso Constructivo.

4.6.1 Características Geométricas de Trabes y Dados

- Tanto las trabes y los dados quedaran desplantadas en la elevación 2232.50 msnm.
- La longitud de las trabes varía a lo largo de la pasarela en relación a la cantidad de pilotes que una.
- El peralte de las trabes esta entre 1.50 m y 2.00m según el modulo, mientras que el tamaño de su base es constante en todos los módulos y es de 60 cm.
- Los dados de cimentación cuentan con una sección transversal de 0.90x0.90m, 1.20x1.20m y 1.10x0.98m según el módulo.
- El peralte de los dados de cimentación puede variar de 2.66, 2.21 y 3.00m según el modulo.

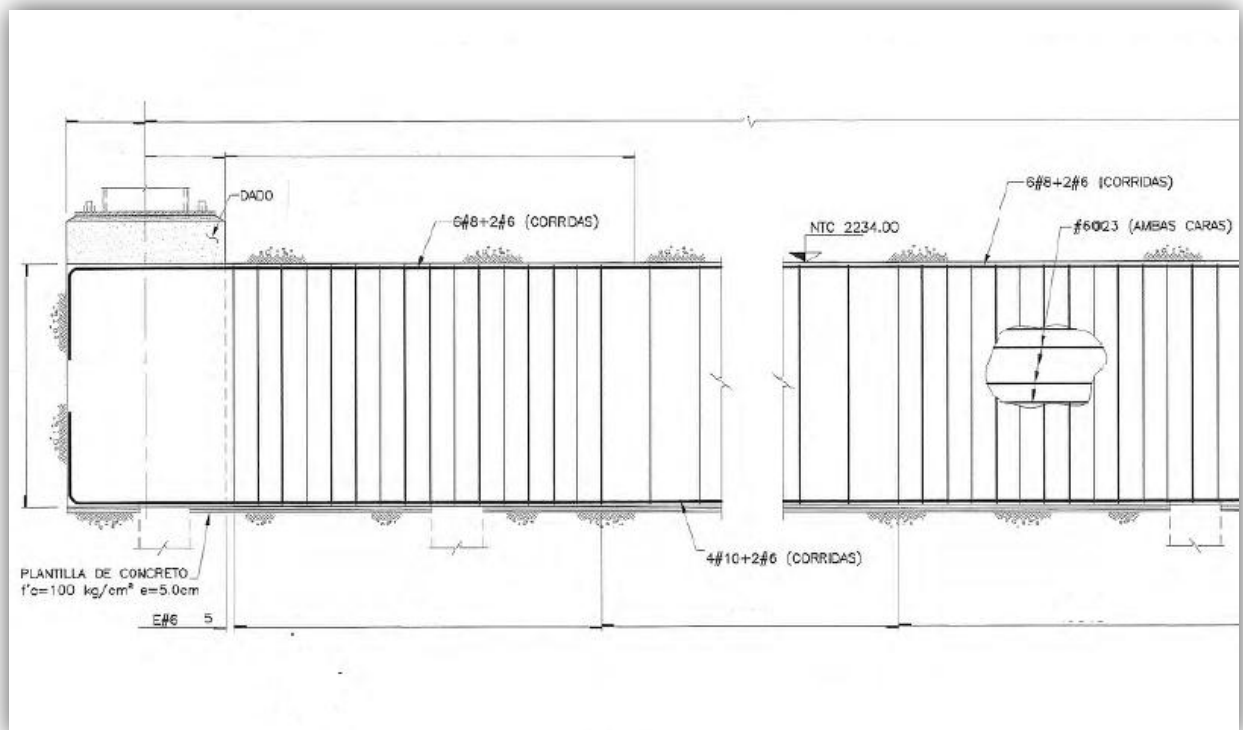


Fig. 46 Corte de Trabe Tipo

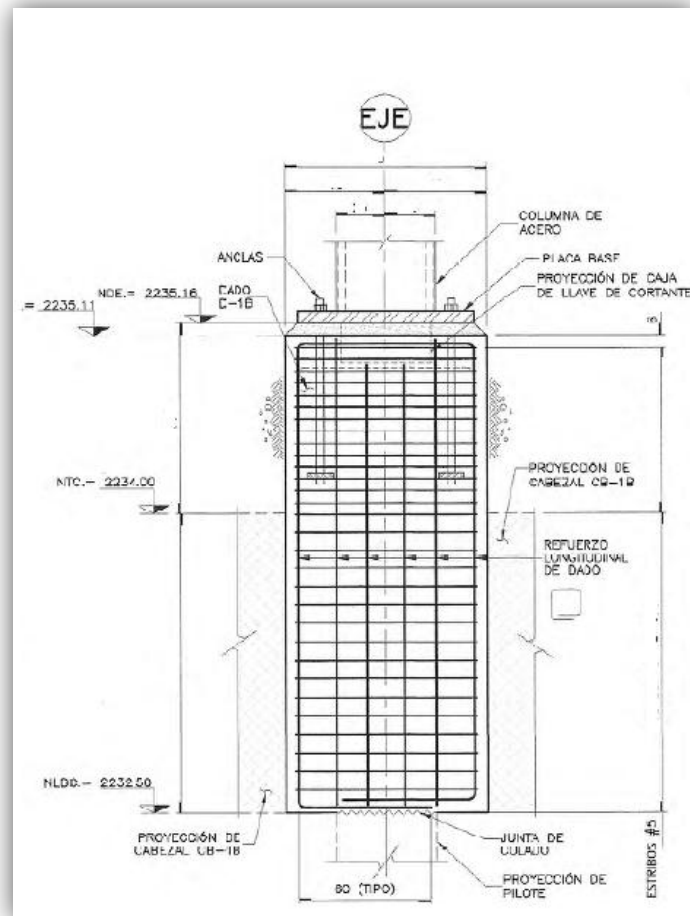


Fig. 47 Corte de Dado Tipo.

4.6.2 Materiales

Concreto estructural.....	$f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo (varillas #4).....	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo (varillas #6).....	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo (varillas #5).....	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Acero de refuerzo (varillas #8).....	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Placas base.....	Acero A-36 y $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$
Anclas.....	Acero ASTM A-490 y $f_u = 10550 \text{ kg/cm}^2$
Tuercas tipo hexagonal pesada.....	Acero ASTM A-536
Rondanas Planas Tipo "B"	Acero ASTM F-436

4.6.3 Elevación de Traveses y Dados a lo largo de la Pasarela.

4.6.3.1 Módulos 1 y 2

Por debajo del módulo 2 se encuentra el deprimido de Eje 8 por tanto, contarán con 4 secciones de trabe (2 por eje), que unen a 36 pilotes, cuenta con 8 dados de cimentación (4 por eje), los cuales soportarán la misma cantidad de columnas a lo largo de estos dos módulos. La profundidad de desplante de la trabe es de 2.00m

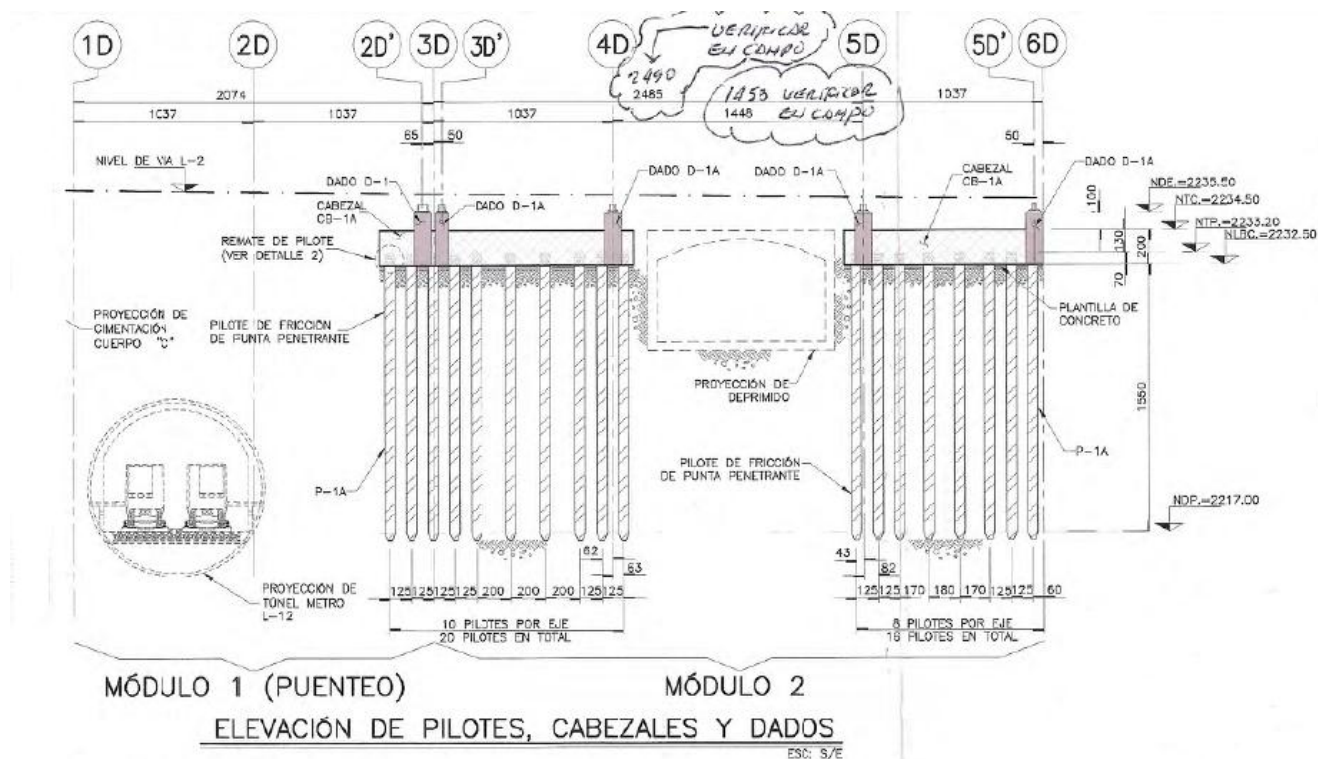


Fig. 48 Elevación Traveses y Dados, Módulos 1 y 2.

4.6.3.2 Módulo 3

Por debajo de este módulo se encuentra un paso a desnivel por tanto contará con 4 secciones de trabe (2 por eje), que unen a 22 pilotes, cuenta con 8 dados de cimentación (4 por eje), los cuales soportarán la misma cantidad de columnas a lo largo del módulo. La profundidad de desplante de la trabe es de 1.5m

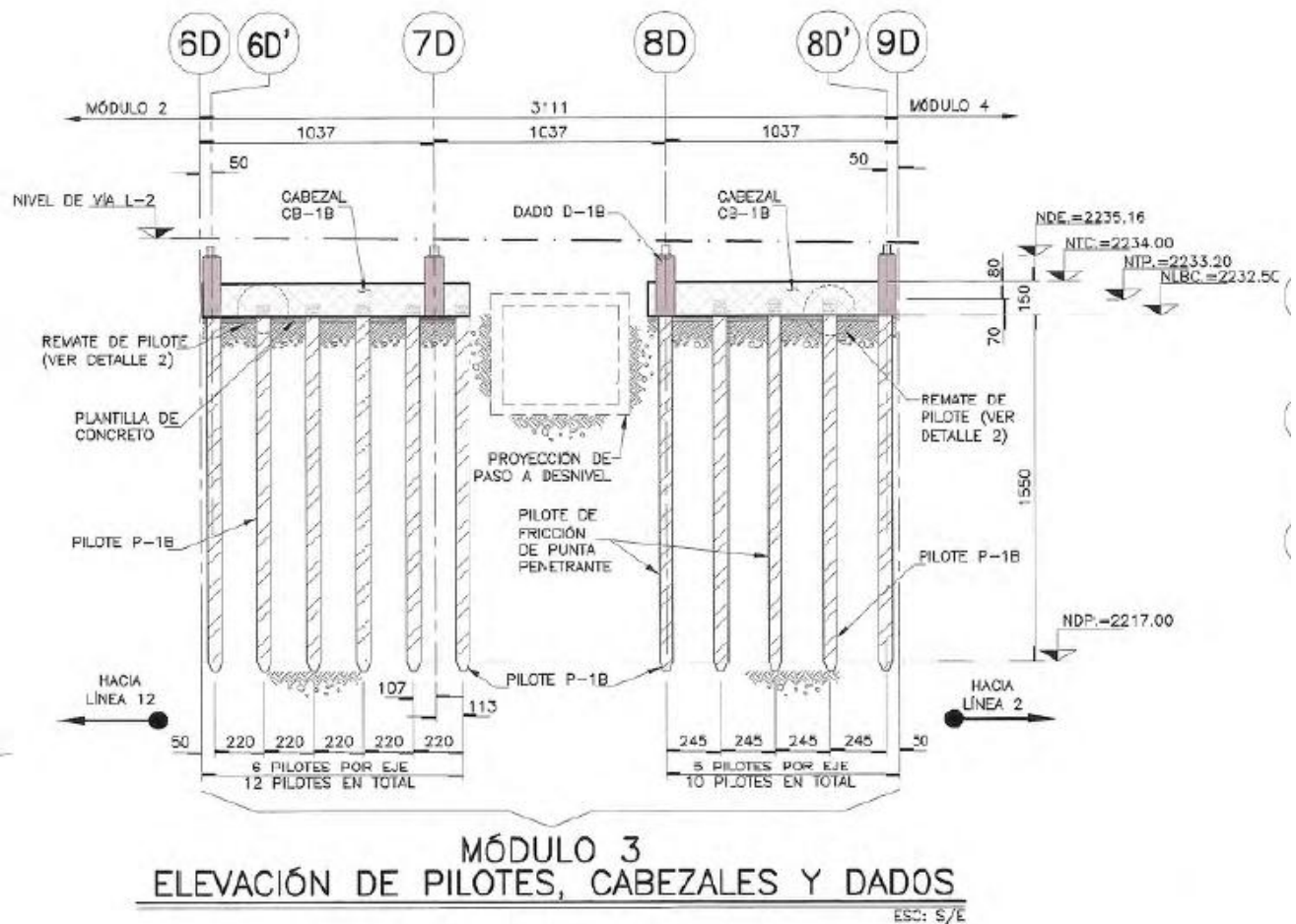


Fig. 49 Elevación Traves y Dados, Módulo 3

4.6.3.3 Módulos 4, 5, 6 y 7.

Estos módulos no se ven interrumpidos en su cimentación por tanto aquí contamos con la sección más larga de trabe, esta cuenta con una medida de 121.90m (por eje), que unen a un total de 88 pilotes (44 por eje), mientras que a lo largo de esta se encuentran 32 dados de cimentación (16 por eje), los cuales soportaran la misma cantidad de columnas a lo largo de estos cuatro módulos. La profundidad de desplante de la trabe es de 1.5m

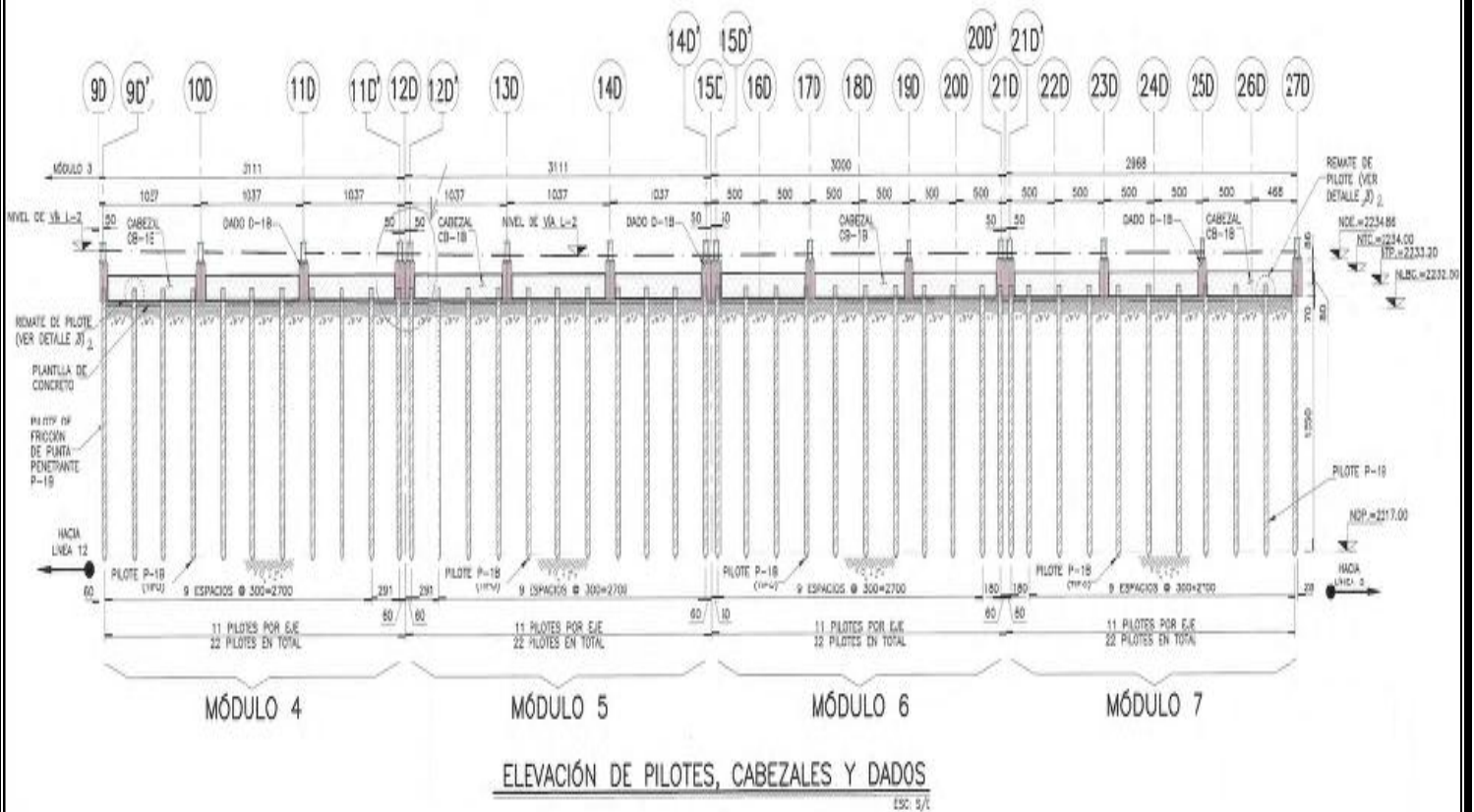


Fig. 50 Elevación Traves y Dados, Módulos 4, 5, 6 y 7

4.7 Etapa VII. Relleno de Excavación y Restitución de Pavimentos.

Una vez que concluyo la construcción de la trabe a lo largo de la pasarela y esta adquirió el 80% de su resistencia, la excavación deberá ser rellena con un fluido el cual sebera tener la siguiente dosificación en peso: agua 76%, cemento 16% y bentonita, así mismo se deberá restituir la estructura del pavimento.

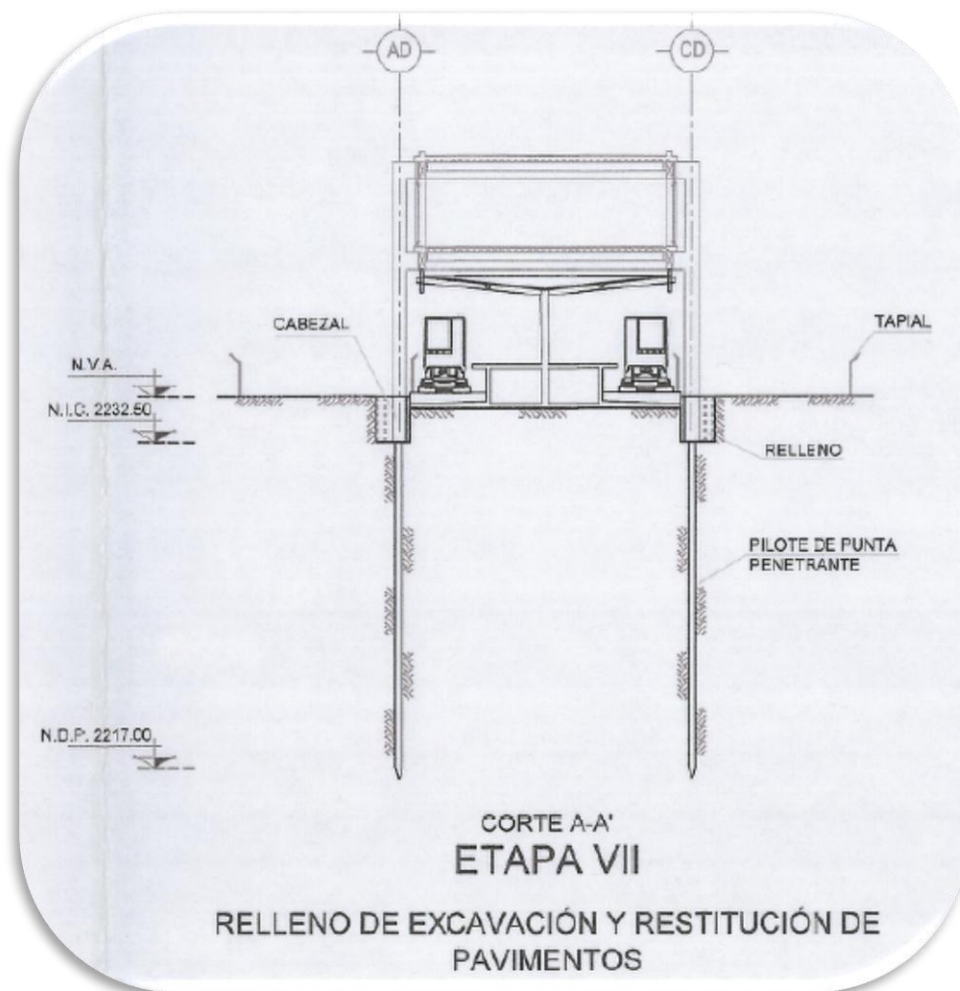


Fig. 51 Etapa VII. Proceso Constructivo.

4.8 Etapa VIII. Montaje de Estructura Metálica.

4.8.1 Generalidades

Las estructuras metálicas constituyen un sistema constructivo muy difundido y se elige por sus ventajas en plazos de construcción, relación costo de mano de obra – costo de materiales, financiamiento, etc.

Las estructuras metálicas poseen una gran capacidad de resistente por el empleo del acero: Esto le confiere la posibilidad de lograr soluciones de gran envergadura, como cubrir grandes claros, cargas importantes y diseños especiales.

Al ser piezas prefabricadas y con medios de unión de gran flexibilidad, se acortan los plazos de construcción significativamente.

Podemos denominar como estructura metálica al conjunto de elementos metálicos (columnas, traveses, conexiones), que constituyen el esqueleto de un edificio.

La superestructura de la pasarela como ya se mencionó anteriormente está constituida por marcos rígidos que tiene como apoyos principales columnas de acero. Cuenta con un sistema de piso (pasarela y cubierta) a base de losacero apoyada sobre traveses principales de acero.

La superestructura se desplantara en placas base las cuales por medio de un apoyo especial evita la trasmisión de momentos excesivos a la cimentación.

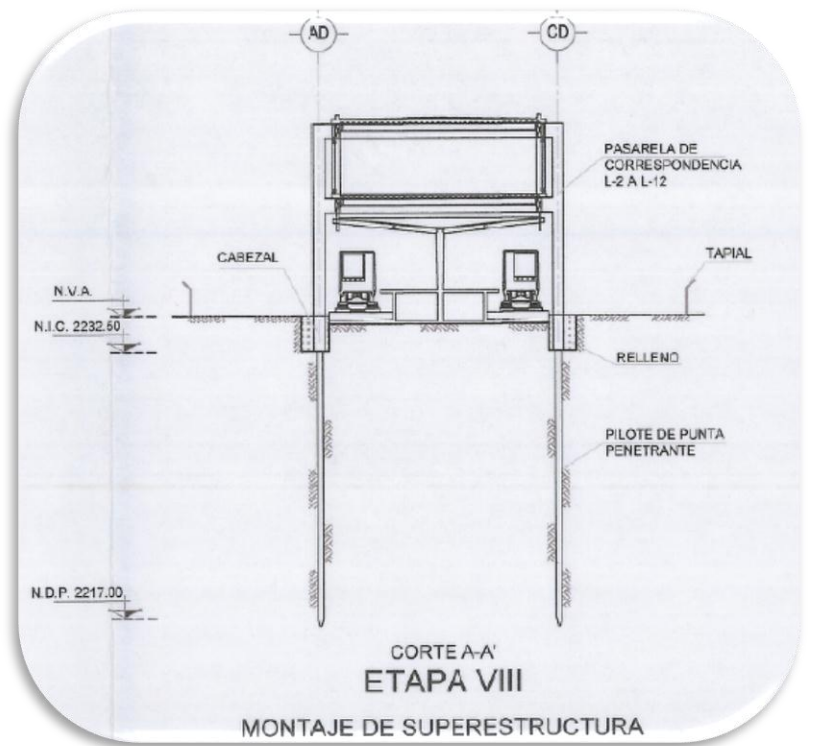


Fig. 52 Etapa VIII Proceso Constructivo



Fig. 53 Proyección virtual de estructura metálica.

4.8.2 Procedimiento de Montaje de la Estructura.

- En los planos de la construcción están representados gráficamente los elementos estructurales con sus debidas cotas en milímetros, especificando el tipo de perfil empleado, las disposiciones del armado, las uniones correspondientes; de manera que a partir de esta documentación se puede ejecutar el montaje en la obra.
- En los planos se encuentra detalladamente la secuencia de trabajo, así como el detalle de todas las conexiones y soldaduras a lo largo de la pasarela.
- Para iniciar el montaje de la estructura de deben tener concluidas las obras civiles, es decir los anclajes sobre los cuales se fijaran las bases de la estructura.
- Se debe checar en la obra que cada perforación así como la alineación y nivelación de las placas base se encuentren en su lugar y que se ajusten a la medida de los tornillos que unirán al dado de cimentación con la columna para evitar retrasos en el programa de montaje.
- El montaje se hizo con toda precaución para evitar la introducción de esfuerzos residuales por efecto de malacates, tornillos o de soldadura en las juntas, no se montó ninguna pieza que se encontrara deformada por efectos de golpes durante el montaje.
- A la estructura metálica se le aplicó una protección anticorrosiva.
- Con ayuda de una grúa estructural se realizó la secuencia de montaje de la siguiente manera:

- I) Se comenzó montando las columnas principales y las travesas principales formando así marcos a lo largo de la pasarela, verificando su alineamiento su verticalidad.

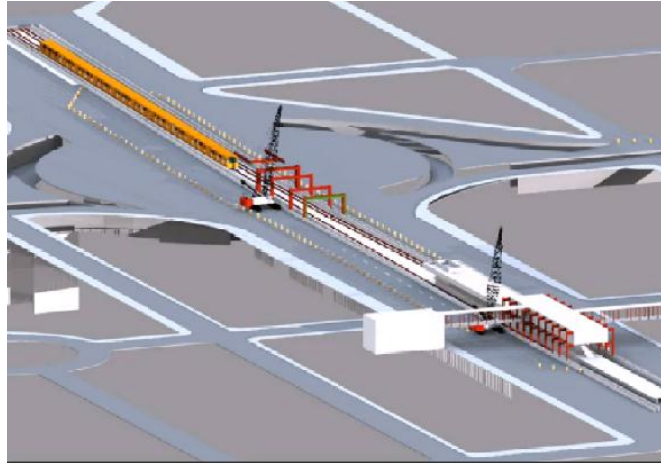


Fig54. Montaje de columnas y travesas principales.

- II) Como paso subsecuente se realizó el montaje de las travesas longitudinales principales que unen a cada marco.



Fig. 55 Montaje de travesas longitudinales.

- III) Montaje de traveses secundarios que ayudan a soportar el sistema de piso de la pasarela.



Fig. 56 Montaje de traveses principales.

- IV) Colocación del sistema de piso a base de losa cero.



Fig. 57 Colocación de sistema de entripiso.

- V) Montaje de columnas secundarias y travesas transversales a nivel de losa de pasarela.



Fig. 58 Montaje de columnas secundarias y travesas transversales a nivel de losa de azotea.

- VI) Montaje de travesas longitudinales a nivel azotea que unieron los marcos montados anteriormente.



Fig. 59 Montaje de travesas longitudinales a nivel azotea.

- VII) Montaje de travesas transversales que ayudan a soportar el sistema de piso a nivel azotea.



Fig. 60 Montaje de travesas transversales a nivel azotea

- VIII) Colocación de loza de azotea.



Fig. 61 Colocación de loza en azotea.

4.8.3 Características de la Estructura Metálica a lo Largo de la Pasarela.

4.8.3.1 Módulo 1

- El acero utilizado para los perfiles estructurales y placas será: ASTM A-36, $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.
- La designación de los perfiles corresponde a la del manual IMCA (Instituto Mexicano de la construcción en acero).
- El módulo 1 cuenta con un claro de 20.74 m
- Al encontrarse apoyado en el cuerpo "C" de la pasarela solo cuenta con 2 columnas principales K-1, atornilladas a los dados de cimentación.
- 12 Columnas secundarias K-2 a nivel pasarela.
- 14 Columnas secundarias sección K-3 a nivel pasarela.
- 4 Secciones de trabe principal longitudinal v-1, de 20.74 m cada una, 2 a nivel pasarela y 2 a nivel azotea, en un extremo se encuentran simplemente apoyadas en el cuerpo "C", mientras que en el otro extremo cuentan con una conexión articulada con el módulo 2.
- 5 Secciones de trabe principal transversal v-1, de 9 m cada una, 2 a nivel pasarela y 3 a nivel azotea, conectadas a momento cada una a las columnas principales.
- 1 Sección de trabe principal transversal v-2, de 10 m, a nivel azotea, conectada a momento a la columna principal.
- 11 Secciones de trabe secundaria transversal TS-1, de 9 m cada una, a nivel pasarela, conectadas a cortante a las trabes principales longitudinales.
- 10 Secciones de trabe secundaria transversal TS-2, de 9 m cada una, a nivel azotea, conectadas a cortante a las trabes principales longitudinales.



Fig. 62 Simbología.

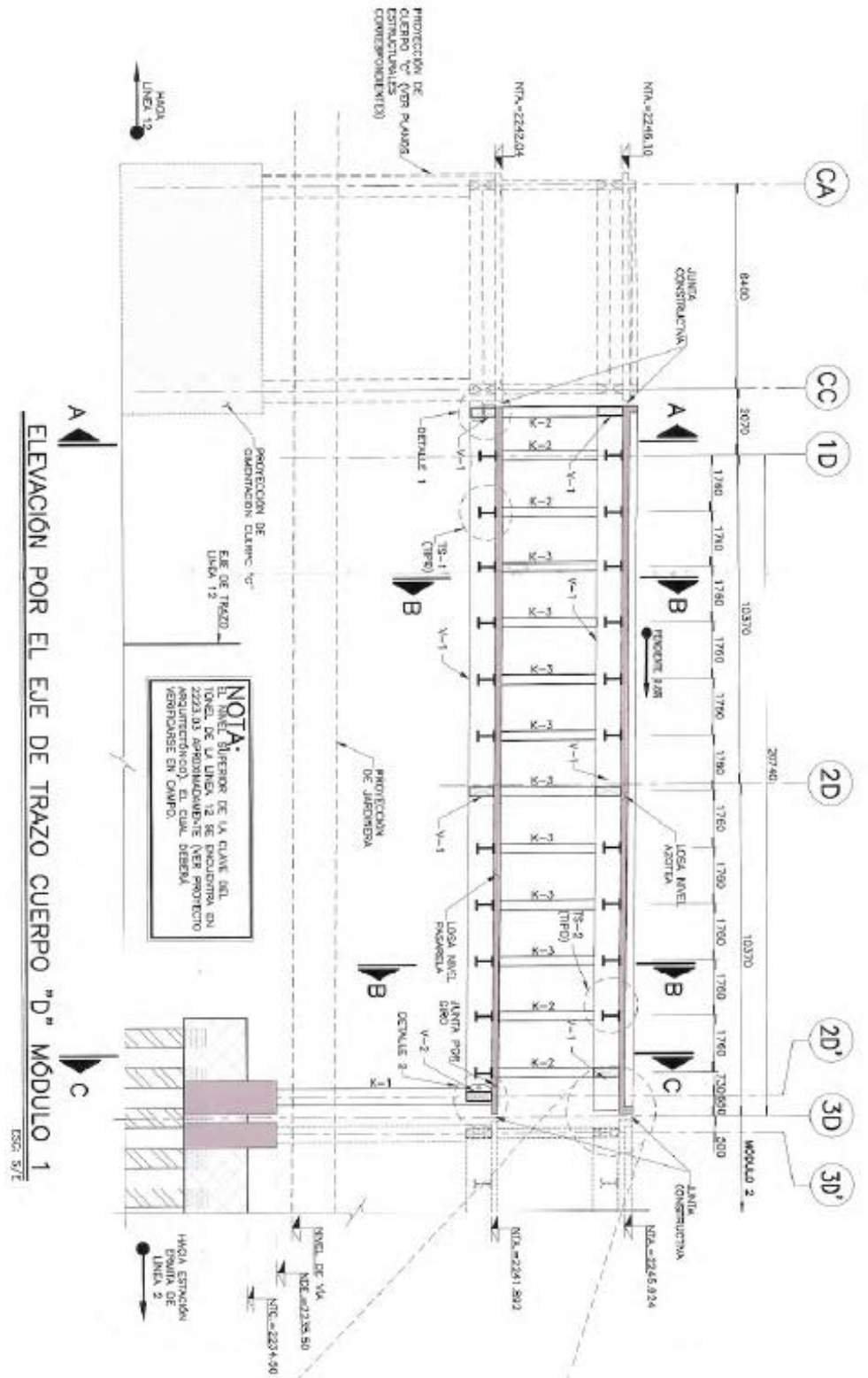
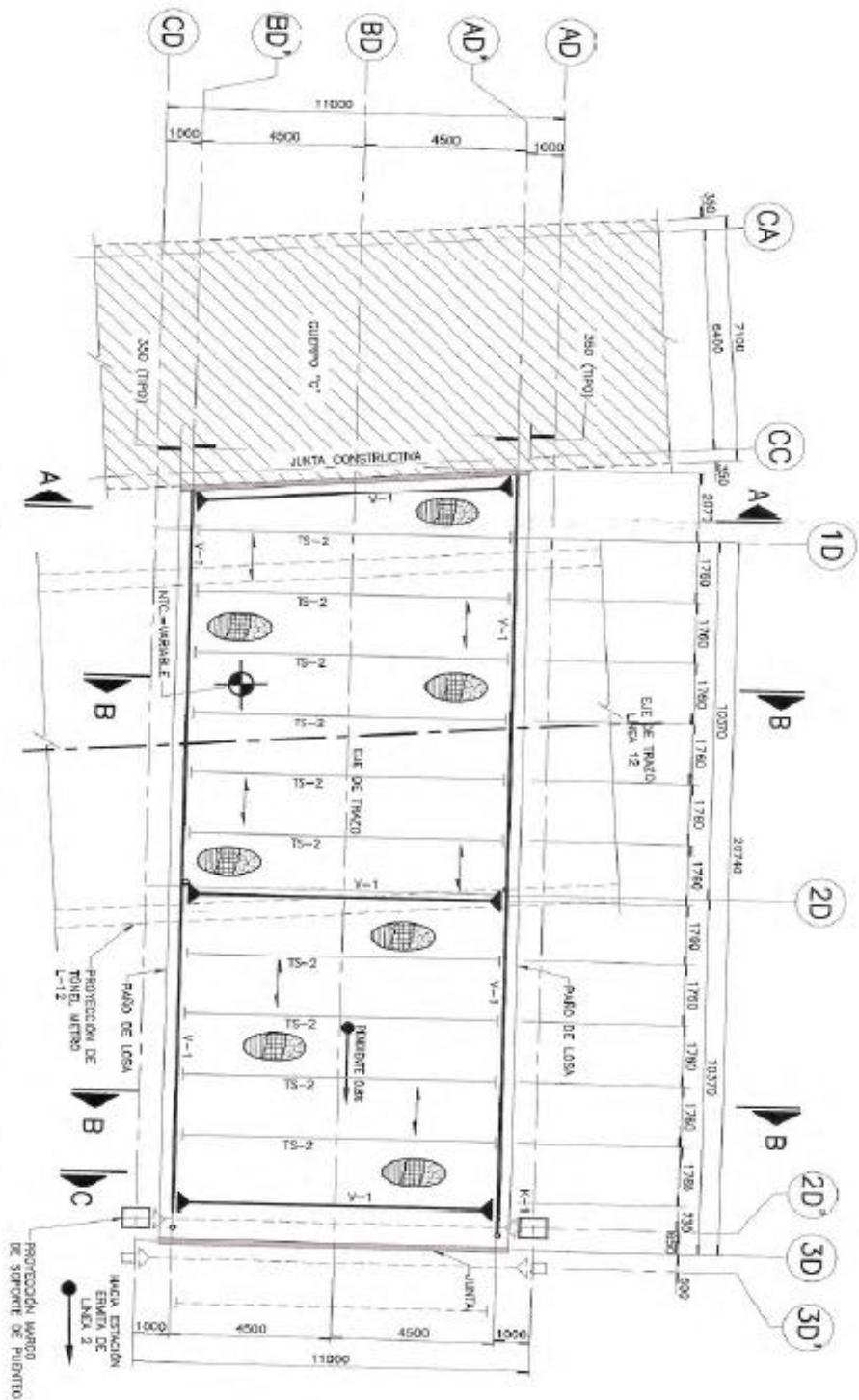


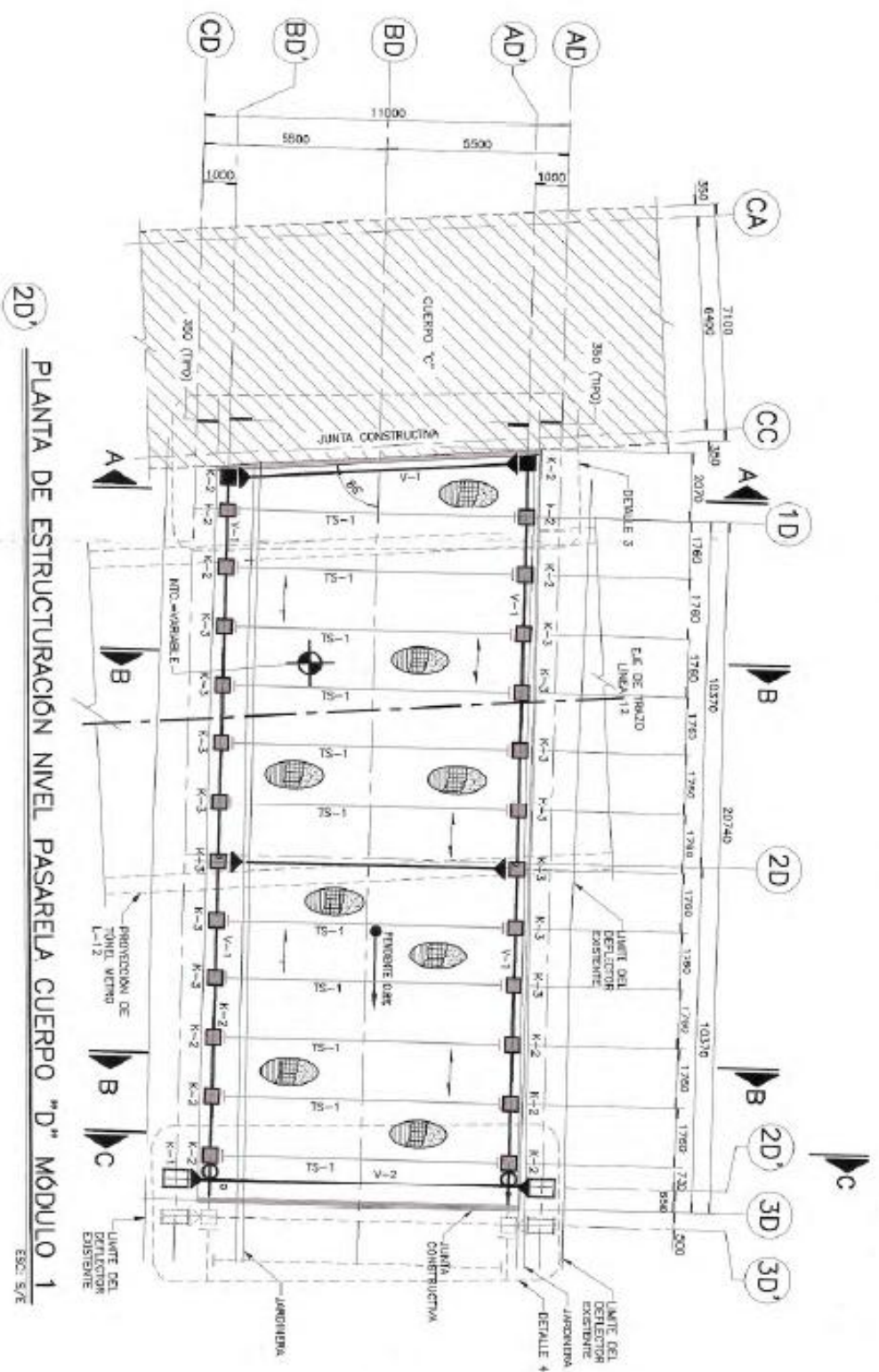
Fig. 63 Elevación de estructura metálica módulo 1



PLANTA DE ESTRUCTURACIÓN NIVEL AZOTEA CUERPO "D" MÓDULO 1

ESC.: 5/8

Fig. 64 Planta de estructuración nivel azotea módulo 1



2D' PLANTA DE ESTRUCTURACIÓN NIVEL PASARELA CUERPO "D" MÓDULO 1
 ESC. 5/8

Fig. 65 Planta de estructuración nivel pasarela módulo 1.

4.8.3.1.1 Perfiles Módulo 1

TABLA DE PERFILES COLUMNAS Y TRABES (PERFIL DE 4 PLACAS SOLDADAS)							
SECCIÓN	MARCA	b cm	h cm	ed cm	ep cm	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
1-1	K-1	80	80	2.54	3.2	618	EJE MAYOR ORIENTADO EN SENTIDO LONGITUDINAL
2-2	K-2	30	35	1.9	3.2	236	EJE MAYOR ORIENTADO EN SENTIDO LONGITUDINAL
3-3	K-3	30	30	1.0	1.6	118	EJE MAYOR ORIENTADO EN SENTIDO LONGITUDINAL
4-4	V-1	30	80	0.8	1.0	298	-
	V-2	30	80	1.27	3.2	297	-
	AR-1	30	80	1.27	1.27	214	-

TABLA DE PERFILES SECUNDARIOS					
ELEMENTO	MARCA	SÍMBOLO	DESIGNACIÓN	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
TRABES SECUNDARIAS	TS-1	I	IR 356 X 71.4	71.4	-
	TS-2	I	IR 254 X 38.5	38.5	-

Fig. 66 Tabla de Perfiles columnas y trabes

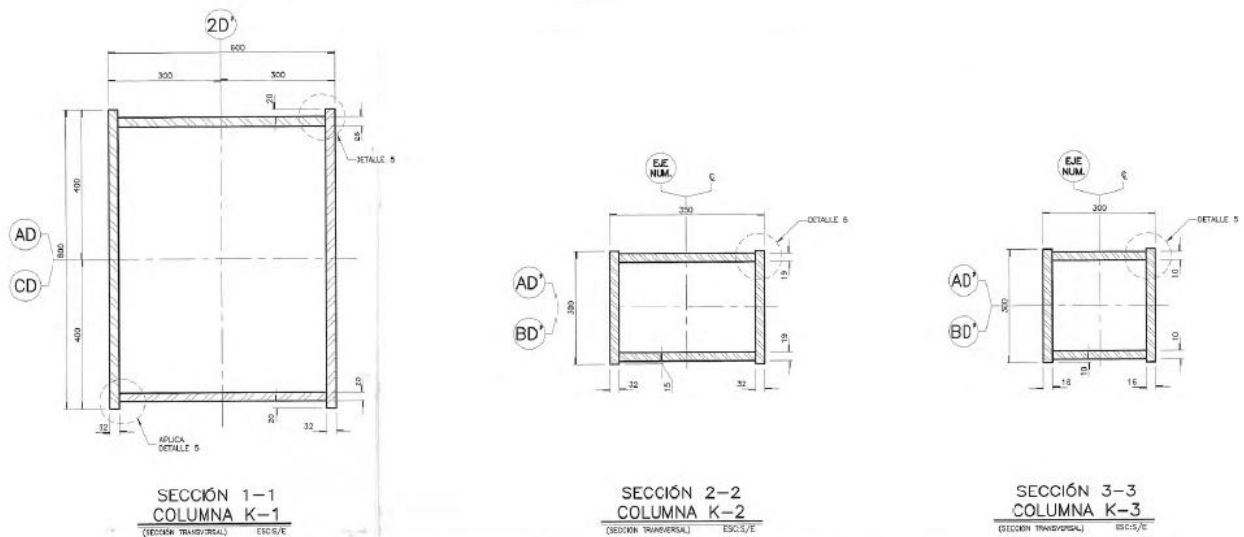


Fig. 67 Sección columnas tipo cajón. Columnas Principales K-1, Secundarias K-2 y K-3.

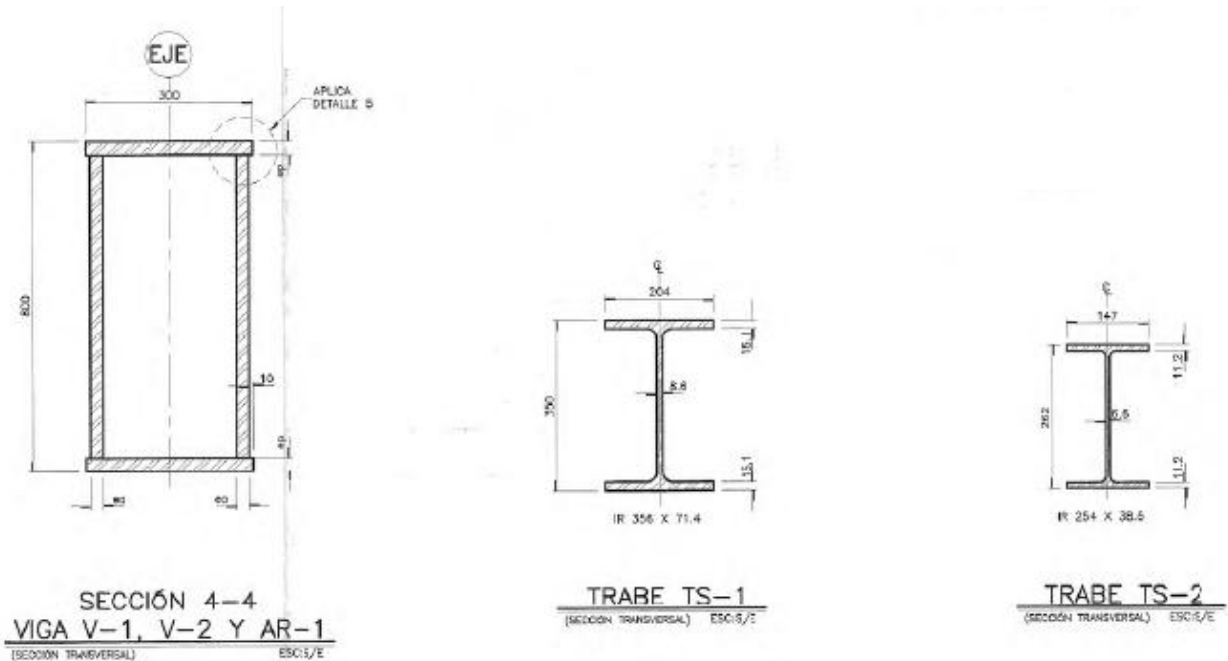


Fig. 68 Sección traveses tipo cajón principales longitudinales y transversales v-1, v-2, trabe secundarias trasversales perfil IR TS-1 y Trabe TS-2

4.8.3.2 Módulo 2

- El acero utilizado para los perfiles estructurales y placas será: ASTM A-36, $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.
- La designación de los perfiles corresponde a la del manual IMCA (Instituto Mexicano de la construcción en acero).
- El módulo 2 cuenta con un claro de 35.51 m
- El módulo se encuentra apoyado sobre 8 columnas principales C-1A, a nivel de pasarela, atornilladas a los dados de cimentación.
- 8 Columnas principales C-6 a nivel de azotea.
- 8 Columnas secundarias C-4 a nivel pasarela.
- 8 Columnas secundarias sección C-5 a nivel pasarela.
- 4 Secciones de trabe principal longitudinal TP-4 de 10.37 m cada una, a nivel pasarela, en un extremo se encuentran conectadas a momento mientras que en el otro se encuentran conectadas a cortante.

- 2 Secciones de trabe principal longitudinal TP-3 de 14.77 m cada una, a nivel de pasarela, en sus dos extremos conectadas a momento.
- 6 Secciones de trabe principal longitudinal TP-6 a nivel azotea, 4 secciones de 10.37 m conectadas en un extremo a momento y en el otro a cortante, 2 secciones de 14.77 m conectadas a momentos en ambos lados.
- 4 Secciones de trabe principal transversal TP-1, de 9 m cada una, a nivel pasarela, conectadas a momento a las columnas principales.
- 4 Sección de trabe principal transversal TP-5, de 9.70 m cada una, a nivel azotea, conectadas a momento a las columnas principales.
- 17 Secciones de trabe secundaria transversal TS-1 de 9 m cada una, a nivel pasarela, conectadas a cortante a la trabe principal longitudinal.
- 17 Secciones de trabe secundaria transversal TS-2 de 9 m cada una, a nivel azotea, conectadas a cortante a la trabe principal longitudinal.

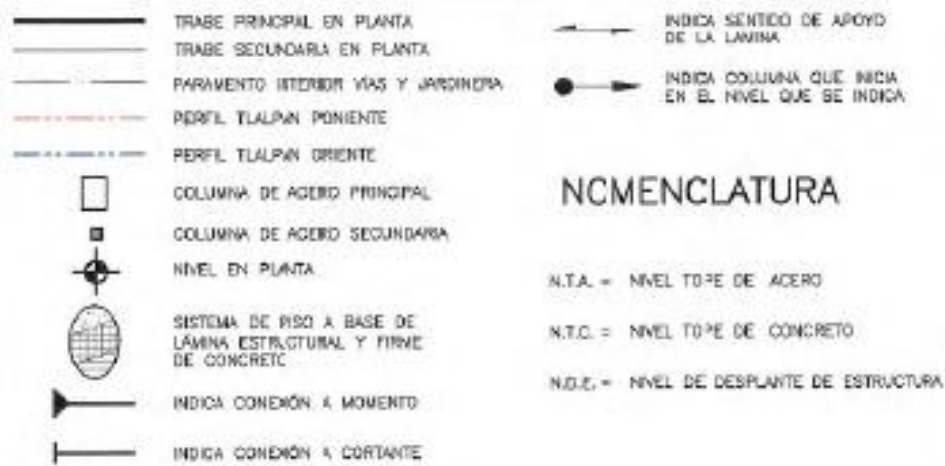


Fig. 69 Simbología.

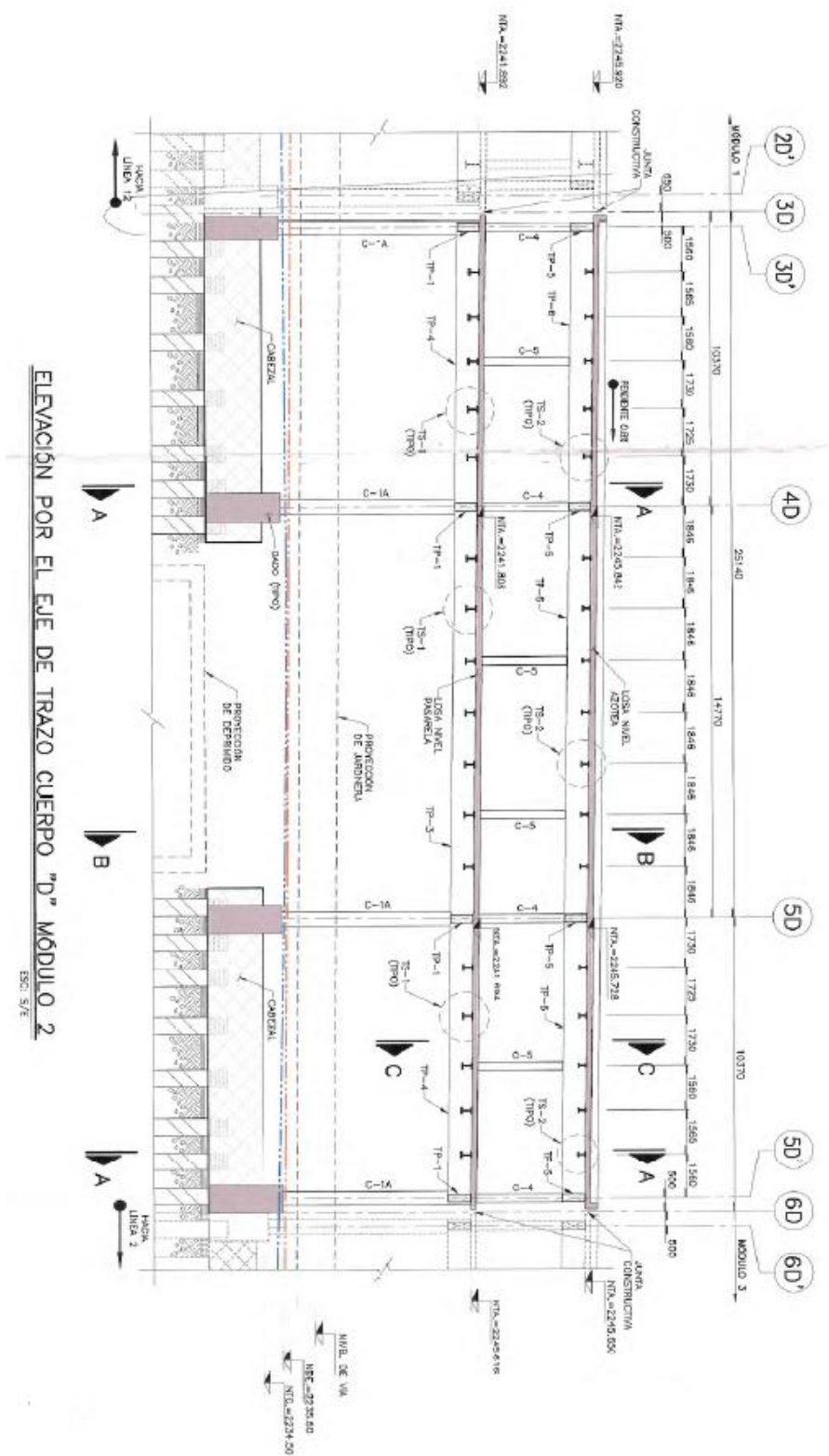


Fig. 70 Elevación de la estructura metálica módulo 2.

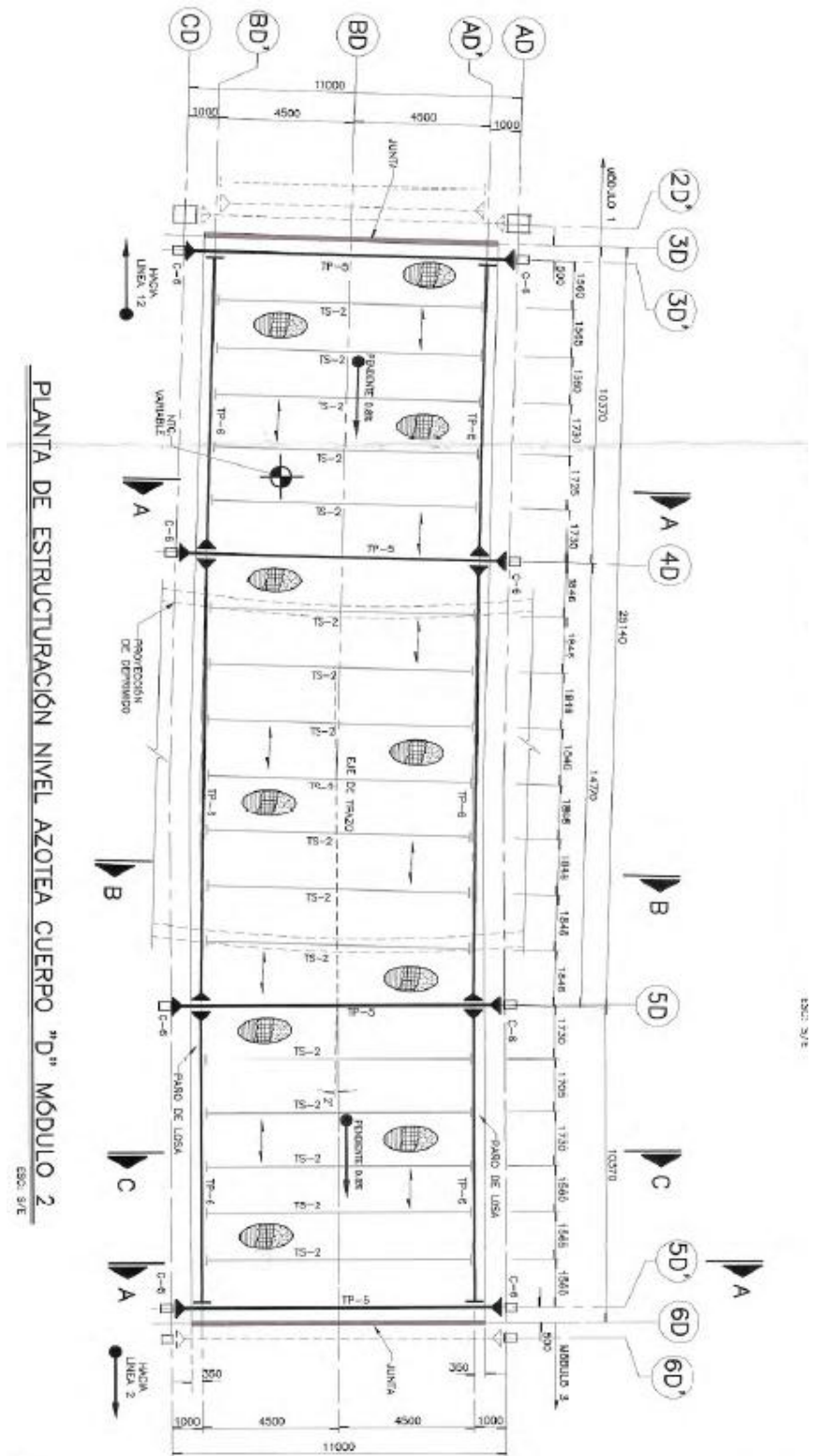


Fig.71 Planta de estructuración nivel azotea, módulo 2.

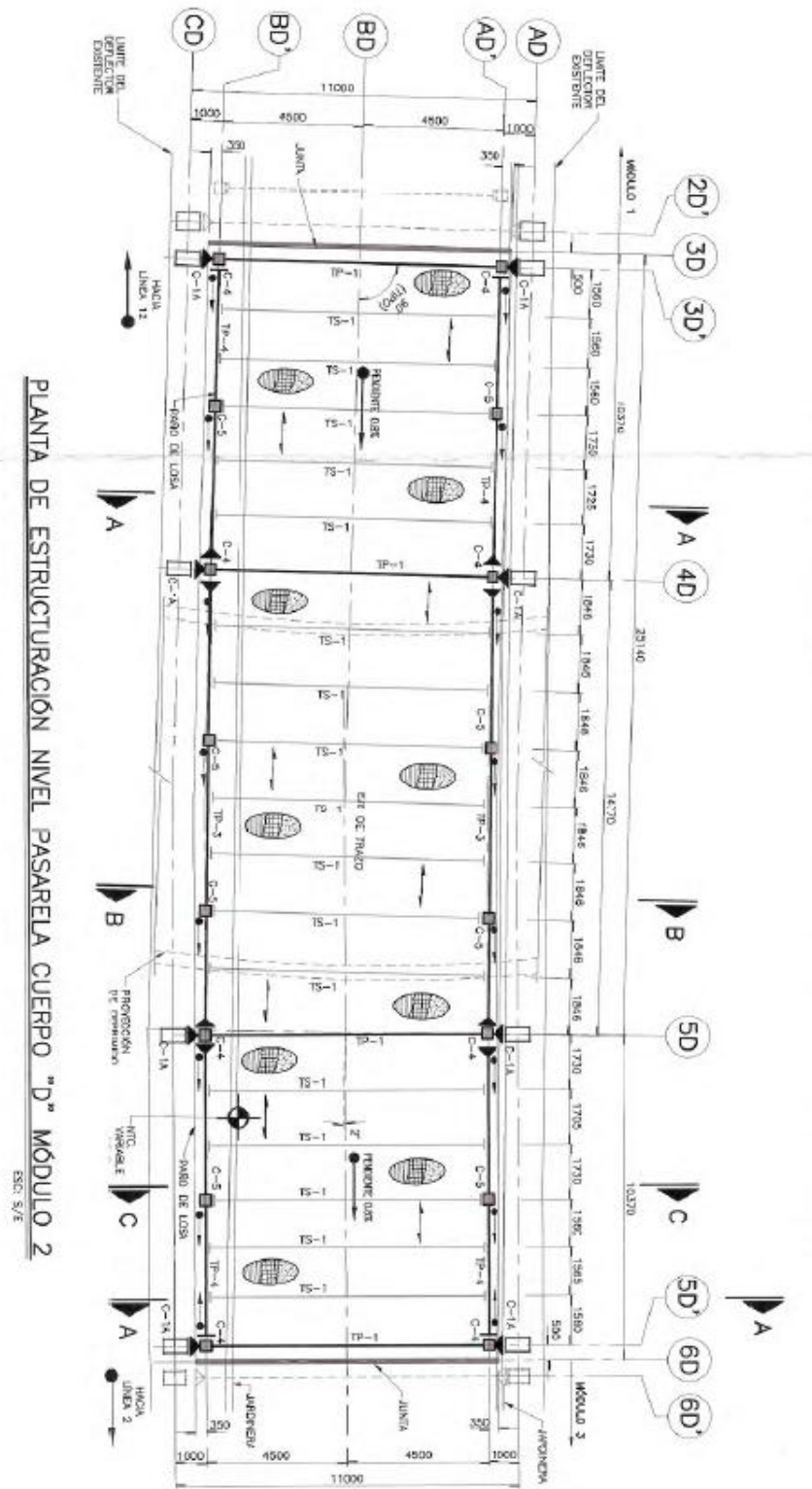


Fig. 72 Planta de estructuración nivel pasarela, módulo 2.

4.8.3.2.1 Perfiles Módulo 2

TABLA DE PERFILES COLUMNAS Y TRABES (PERFIL DE 4 PLACAS SOLDADAS)							
SECCIÓN	MARCA	b cm	h cm	ra cm	rs cm	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
1-1	C-1A	50	80	3.54	2.54	498	-
2-2	C-4	30	30	1	1.27	100	-
	C-5	30	30	1	1	91	-
3-3	TP-1	30	80	1.27	1.9	242	-
	TP-3	30	80	1	1.27	181	-
	TP-4	30	80	0.8	1	145	-
4-4	C-5	30	40	1.27	1.9	162	-
5-5	TP-5	30	80	0.8	1.27	157	-
	TP-6	30	80	0.8	1.0	145	-

TABLA DE PERFILES SECUNDARIOS					
ELEMENTO	MARCA	SIMBOLO	DESIGNACIÓN	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
TRABES SECUNDARIAS	TS-1	I	IR 356 X 71.4	71.4	-
	TS-2	I	IR 254 X 38.5	38.5	-

Fig. 73 Tabla de perfiles columnas y trabes.

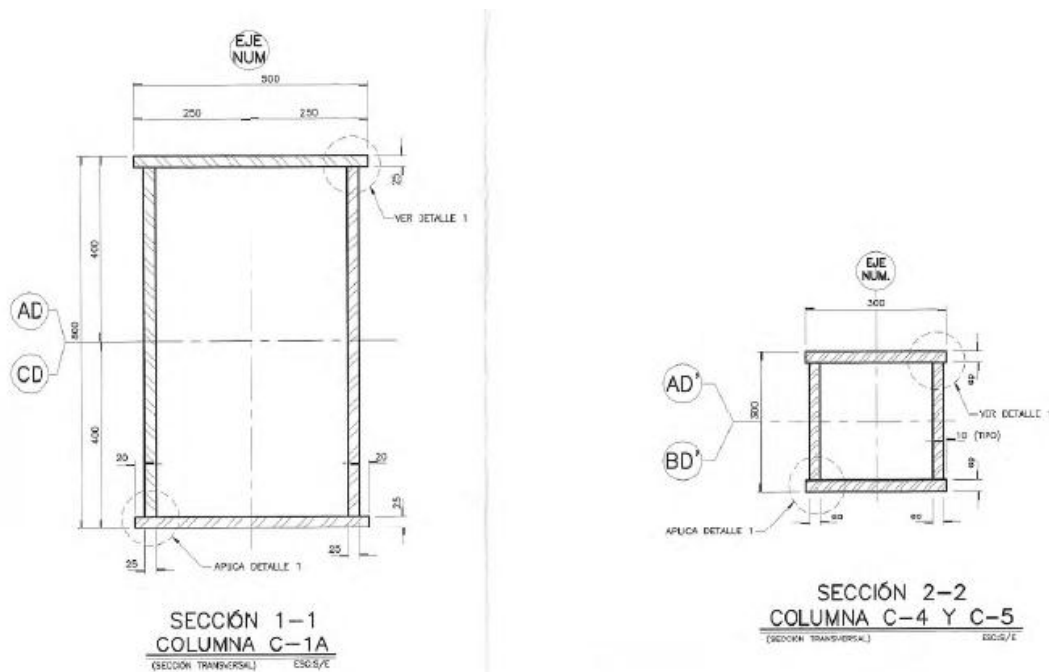


Fig. 74 Sección de columnas tipo cajón principales C-1A, secundarias c-4 y c-5.

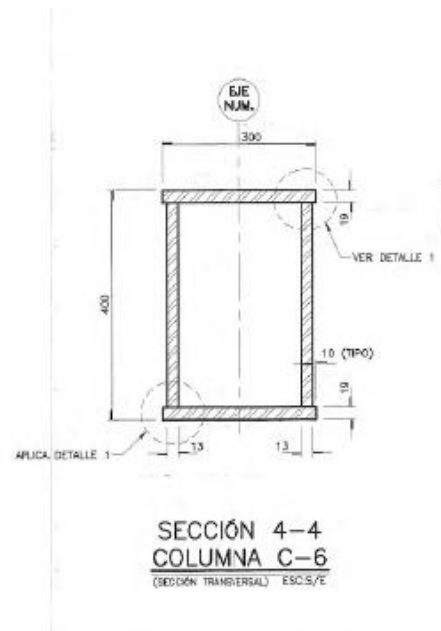


Fig. 75 Sección de columna tipo cajón principal C-6.

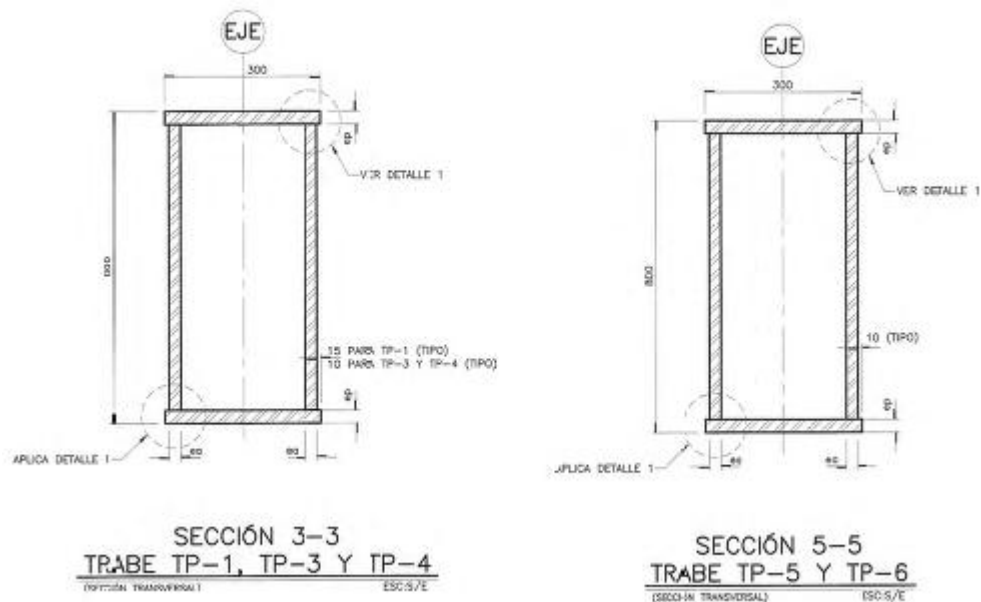


Fig. 76 Sección de traves principales longitudinales y transversales tipo cajón, TP-1, TP-3, TP-4, TP-5 y TP-6.

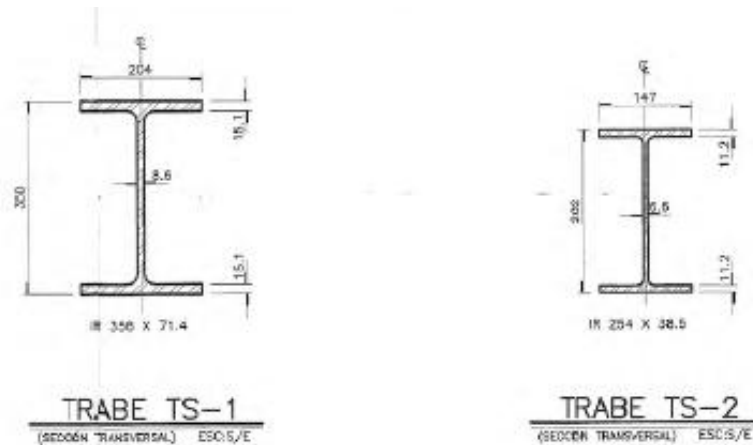


Fig. 77 Sección de travesas secundarias trasversales perfil IR TS-1 y Trabe TS-2

4.8.3.3 Módulo 3

- El acero utilizado para los perfiles estructurales y placas será: ASTM A-36, $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.
- La designación de los perfiles corresponde a la del manual IMCA (Instituto Mexicano de la construcción en acero).
- El módulo 3 cuenta con un claro de 31.11 m
- El módulo se encuentra apoyado sobre 8 columnas principales C-1B, a nivel de pasarela, atornilladas a los dados de cimentación.
- 8 Columnas principales C-6 a nivel de azotea.
- 8 Columnas secundarias C-4 a nivel pasarela.
- 6 Columnas secundarias sección C-5 a nivel pasarela.
- 6 Secciones de trabe principal longitudinal TP-4 de 10.37 m cada una, a nivel pasarela, 4 se encuentran en un extremo conectadas a momento mientras que en el otro se encuentran conectadas a cortante y 2 se encuentran conectadas a momento en sus dos extremos.
- 6 Secciones de trabe principal longitudinal TP-6, de 10.37m cada una, a nivel azotea, 4 conectadas en un extremo a momento y en el otro a cortante, 2 secciones conectadas a momentos en ambos lados.
- 4 Secciones de trabe principal trasversal TP-1, de 9 m cada una, a nivel pasarela, conectadas a momento a las columnas principales.

- 4 Sección de trabe principal transversal TP-5, de 9.70 m cada una, a nivel azotea, conectadas a momento a las columnas principales.
- 15 Secciones de trabe secundaria transversal TS-1 de 9 m cada una, a nivel pasarela, conectadas a cortante a la trabe principal longitudinal.
- 15 Secciones de trabe secundaria trasversal TS-2 de 9 m cada una, a nivel azotea, conectadas a cortante a la trabe principal longitudinal.



Fig. 78 Simbología.

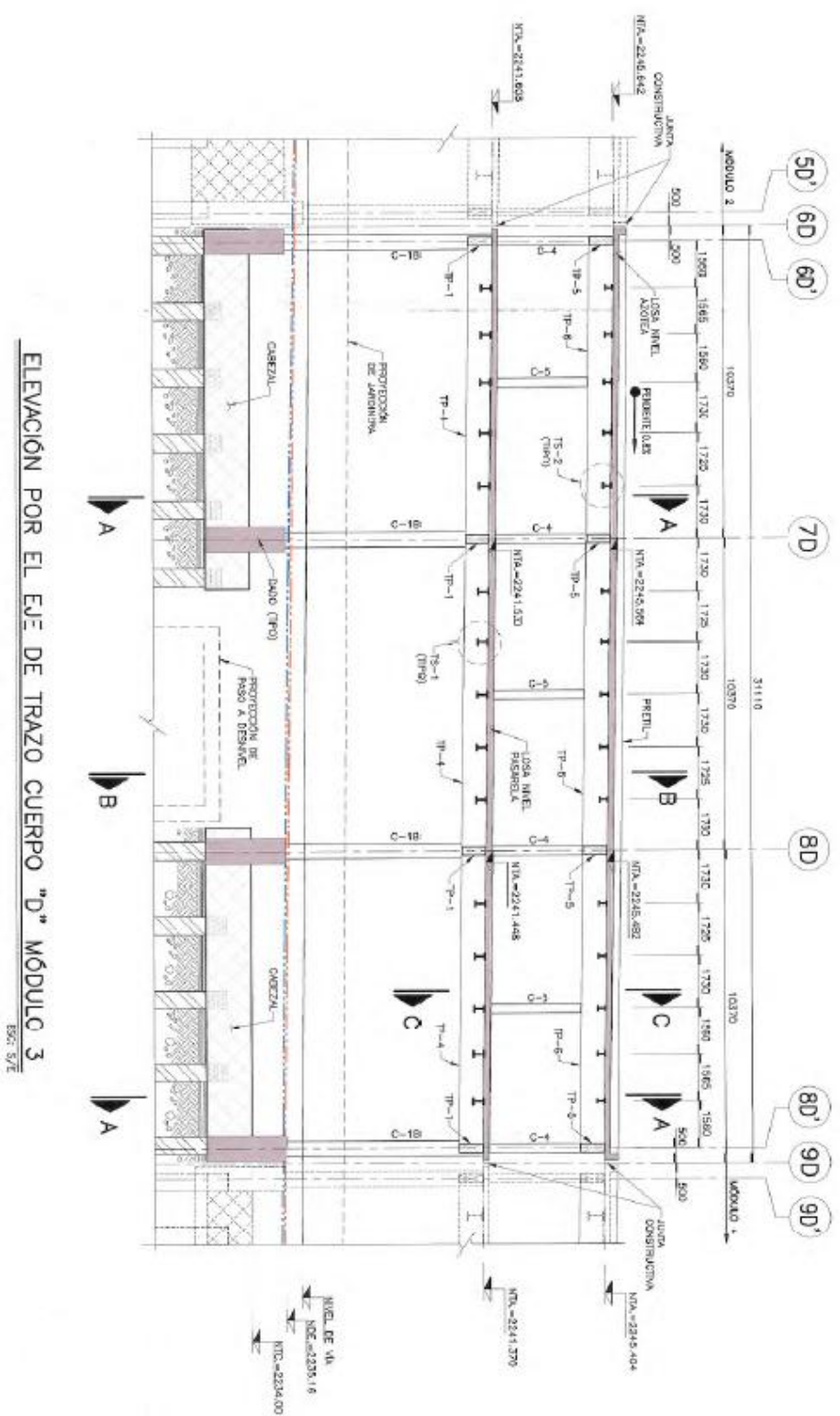


Fig.79 Elevación de la estructura metálica, módulo 3.

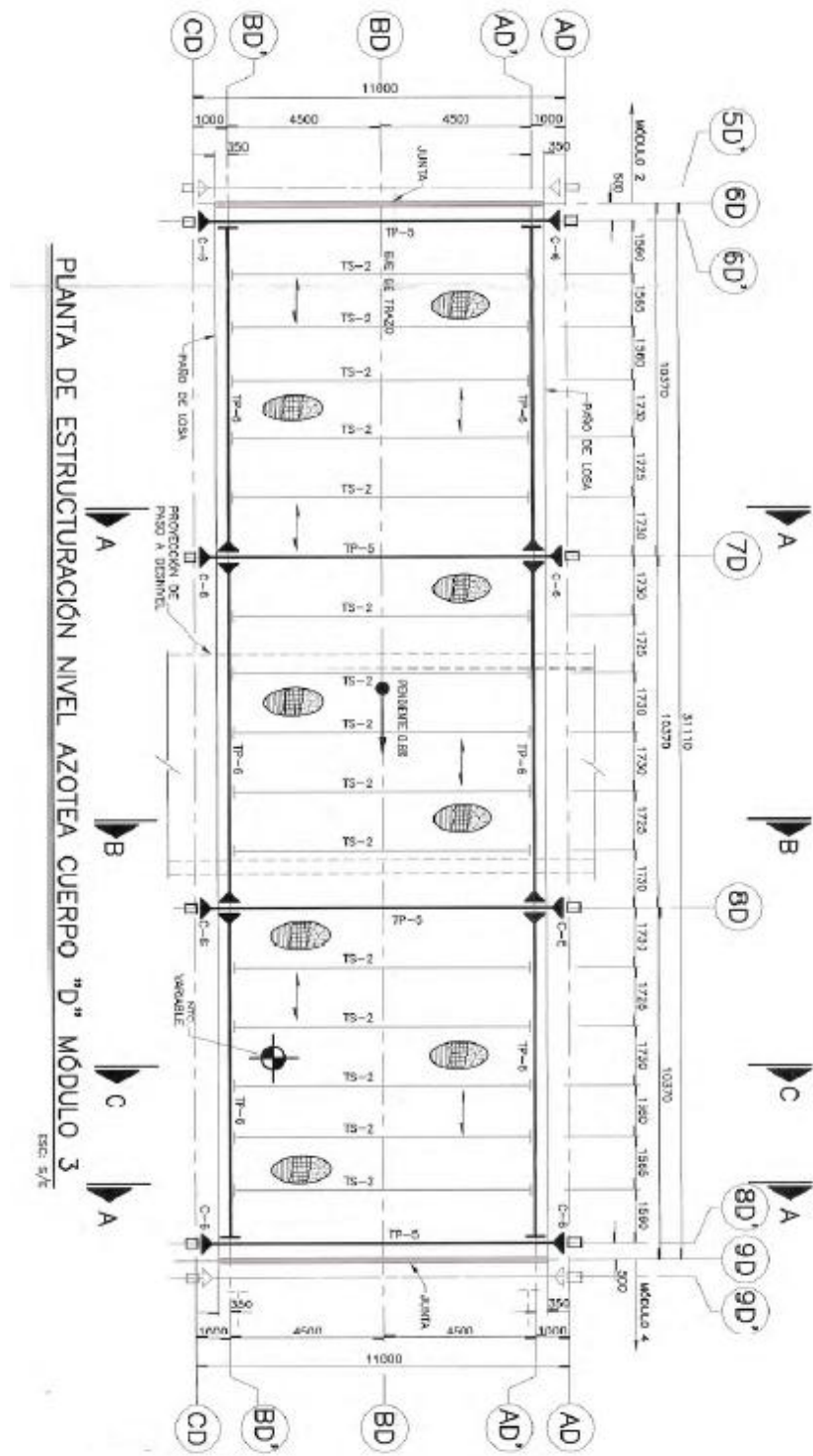


Fig. 80 Planta de estructuración nivel azotea, módulo 3.

4.8.3.3.1 Perfiles Módulo 3

TABLA DE PERFILES COLUMNAS Y TRABES (PERFIL DE 4 PLACAS SOLDADAS)							
SECCIÓN	MARCA	b cm	h cm	g ₁ cm	g ₂ cm	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
1-1	C-1B	50	70	2.54	2.54	458	-
2-2	C-4	30	30	1	1.27	100	-
	C-5	30	30	1	1	81	-
3-3	TP-1	30	80	1.27	1.9	342	-
	TP-4	30	80	0.8	1	145	-
4-4	C-6	30	40	1.27	1.9	162	-
5-5	TP-5	30	80	0.8	1.27	157	-
	TP-6	30	80	0.8	1.0	148	-

TABLA DE PERFILES SECUNDARIOS					
ELEMENTO	MARCA	SÍMBOLO	DESIGNACIÓN	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
TRABES SECUNDARIAS	TR-1	⌌	IR 366 X 71.4	71.4	-
	TS-2	⌌	IR 254 X 38.5	38.5	-

Fig. 82 Tabla de perfiles de columnas y trabes.

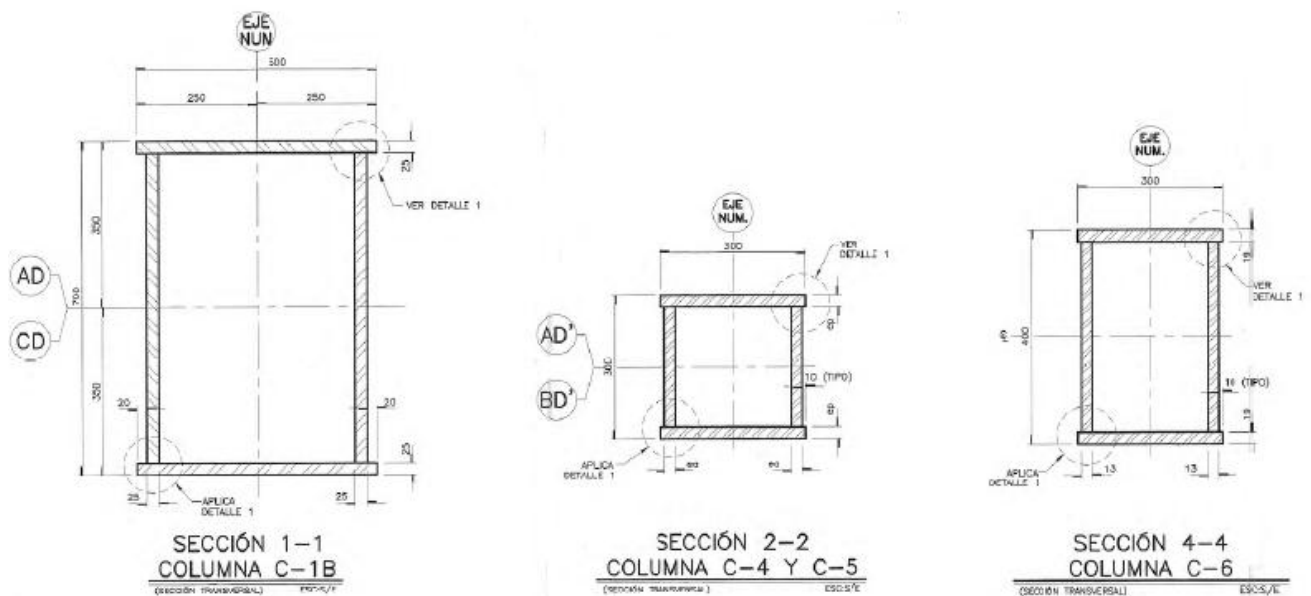


Fig. 83 Sección de columnas tipo cajón principales C-1B y c-6, secundarias c-4 y c-5.

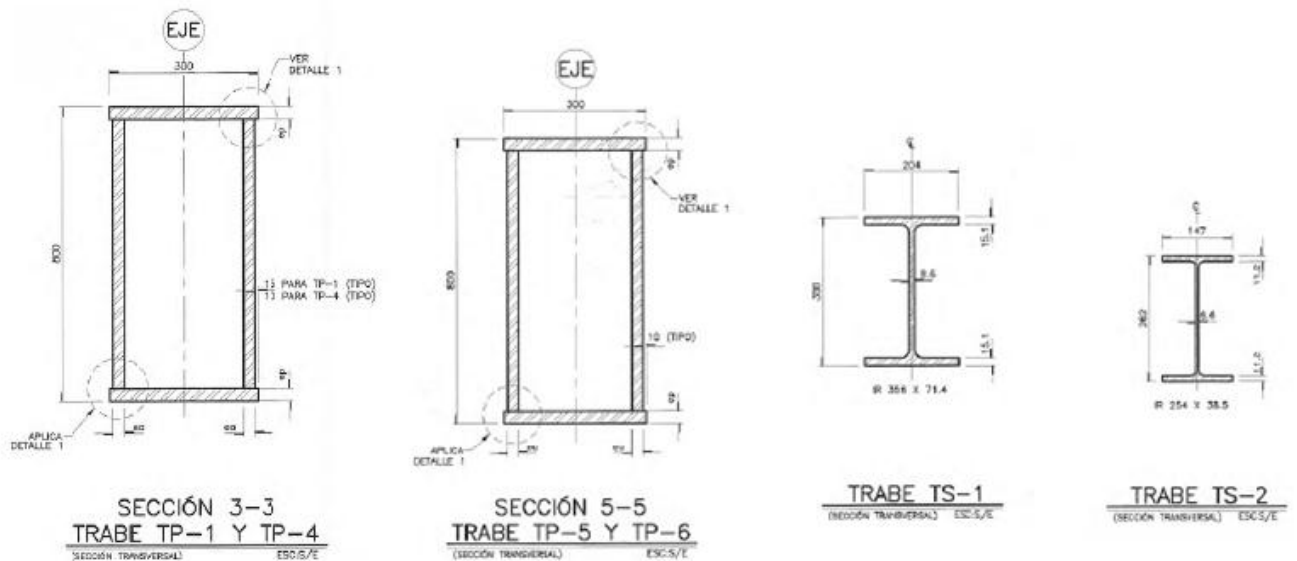


Fig. 84 Sección traveses tipo cajón longitudinales y transversales principales TP-1, TP-2, TP-5 y TP-6, traveses secundarios transversales perfil IR TS-1 y Traveses TS-2

4.8.3.4 Módulo 4

- El acero utilizado para los perfiles estructurales y placas será: ASTM A-36, $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.
- La designación de los perfiles corresponde a la del manual IMCA (Instituto Mexicano de la construcción en acero).
- El módulo 4 cuenta con un claro de 31.11 m
- El módulo se encuentra apoyado sobre 8 columnas principales C-1B, a nivel de pasarela, atornilladas a los dados de cimentación.
- 8 Columnas principales C-6 a nivel de azotea.
- 8 Columnas secundarias C-4 a nivel pasarela.
- 6 Columnas secundarias C-5 a nivel pasarela.
- 6 Secciones de trabe principal longitudinal TP-4 de 10.37 m cada una, a nivel pasarela, 4 se encuentran en un extremo conectadas a momento mientras que en el otro se encuentran conectadas a cortante y 2 se encuentran conectadas a momento en sus dos extremos.

- 6 Secciones de trabe principal longitudinal TP-6, de 10.37m cada una, a nivel azotea, 4 conectadas en un extremo a momento y en el otro a cortante, 2 secciones conectadas a momentos en ambos lados.
- 4 Secciones de trabe principal transversal TP-1, de 9 m cada una, a nivel pasarela, conectadas a momento a las columnas principales.
- 4 Sección de trabe principal transversal TP-5, de 10 m cada una, a nivel azotea, conectadas a momento a las columnas principales.
- 15 Secciones de trabe secundaria transversal TS-1 de 9 m cada una, a nivel pasarela, conectadas a cortante a la trabe principal longitudinal.
- 15 Secciones de trabe secundaria transversal TS-2 de 9 m cada una, a nivel azotea, conectadas a cortante a la trabe principal longitudinal.



Fig. 85 Simbología.

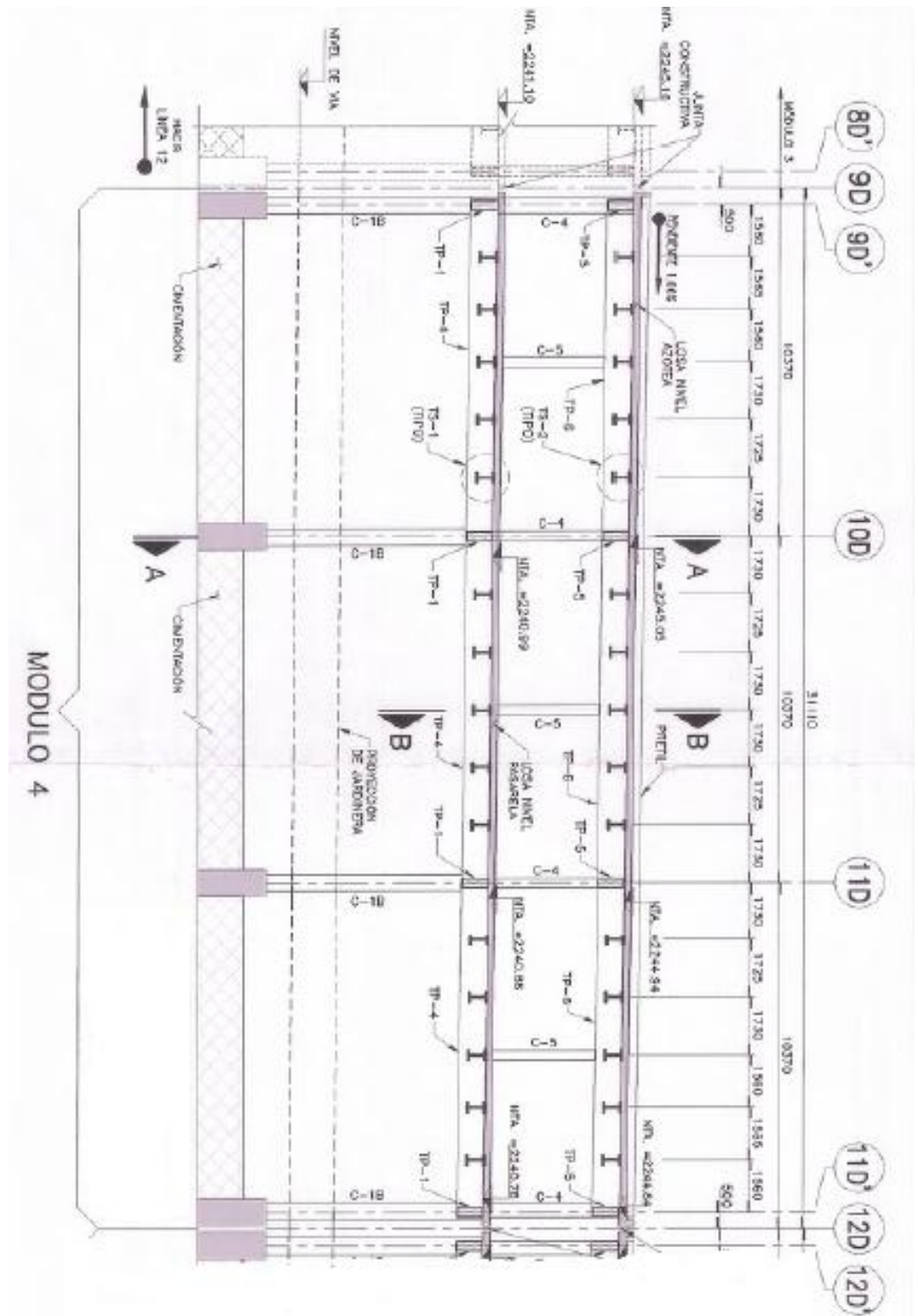


Fig. 86 Elevación de la estructura metálica, módulo 4.

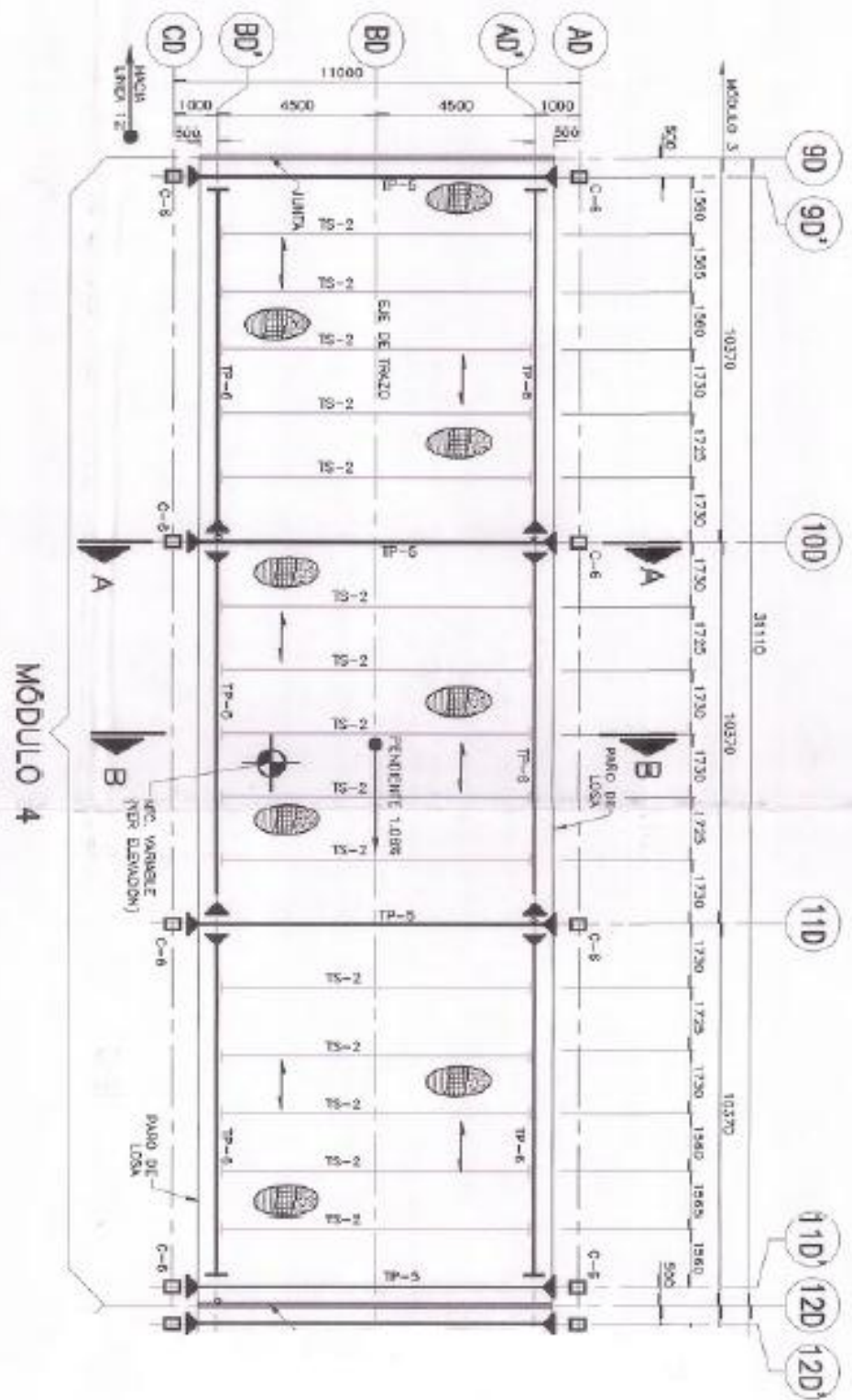


Fig. 87 Planta de estructuración nivel azotea, módulo 4.

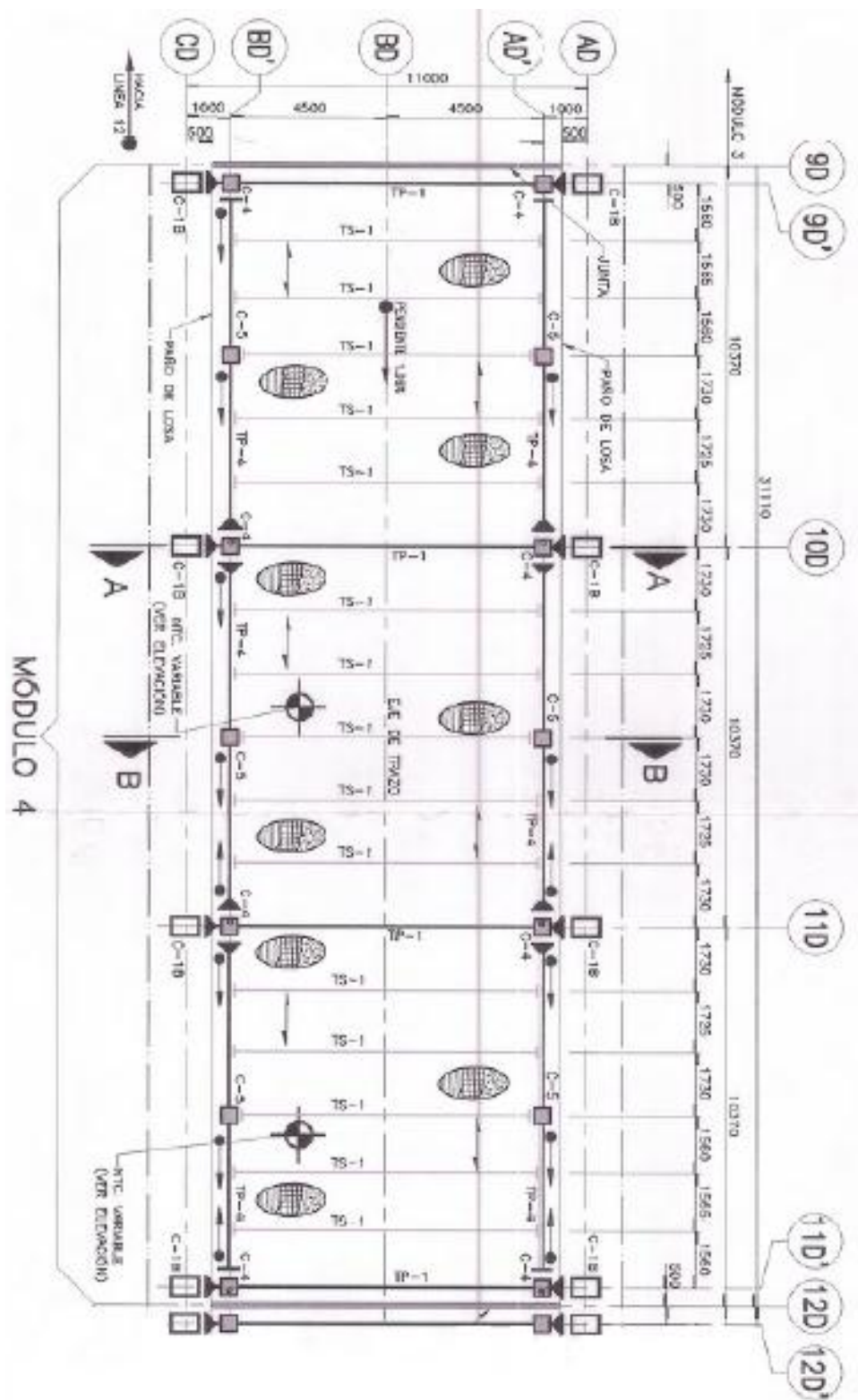


Fig. 88 Planta de estructuración nivel pasarela, módulo 4.

4.8.3.4.1 Perfiles Módulo 4

TABLA DE PERFILES COLUMNAS Y TRABES (PERFIL DE 4 PLACAS SOLDADAS)							
SECCIÓN	MARCA	b cm	h cm	ea cm	ep cm	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
1-1	C-1B	50	70	2.54	2.54	458	-
2-2	C-4	30	30	1	1.27	100	-
	C-5	30	30	1	1	91	-
3-3	TP-1	30	80	1.27	1.9	242	-
	TP-4	30	80	0.8	1	145	-
4-4	C-6	30	40	1.27	1.9	162	-
5-5	TP-5	30	80	0.8	1.27	157	-
	TP-6	30	80	0.8	1.0	145	-

TABLA DE PERFILES SECUNDARIOS					
ELEMENTO	MARCA	SÍMBOLO	DESIGNACIÓN	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
TRABES SECUNDARIAS	TS-1	I	IR 356 X 71.4	71.4	-
	TS-2	I	IR 254 X 38.5	38.5	-
	TS-3	I	IR 406 X 74.4	74.4	-

Fig. 89 Tabla de perfiles columnas y trabes.

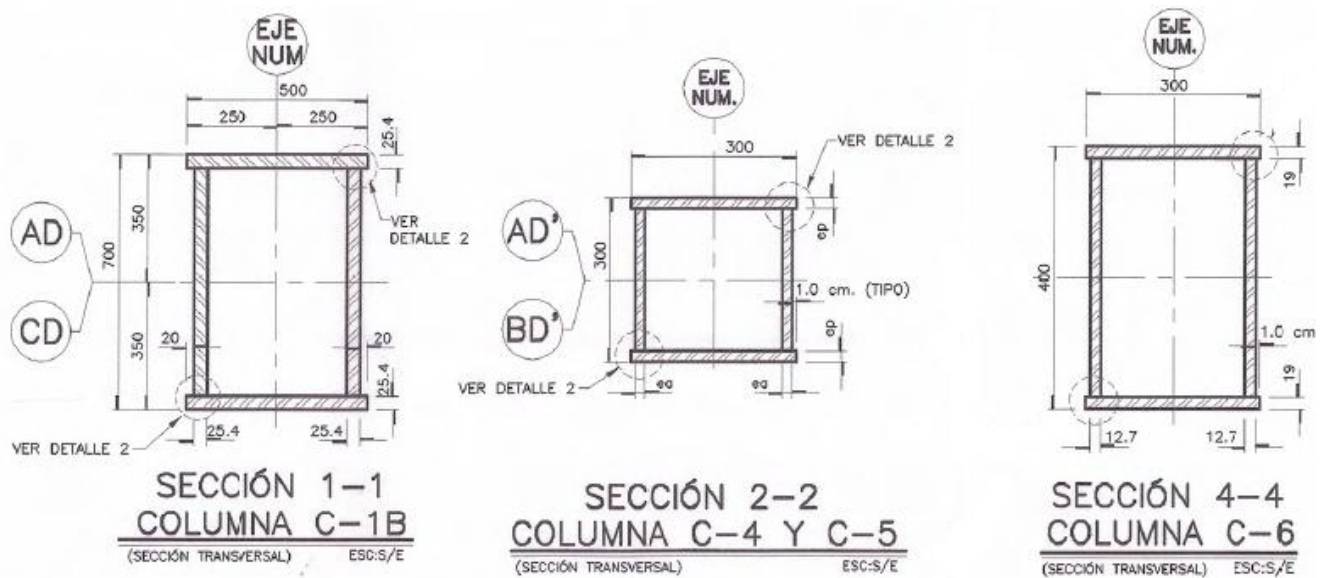


Fig. 90 Sección de columnas tipo cajón principales C-1B y c-6, secundarias c-4 y c-5

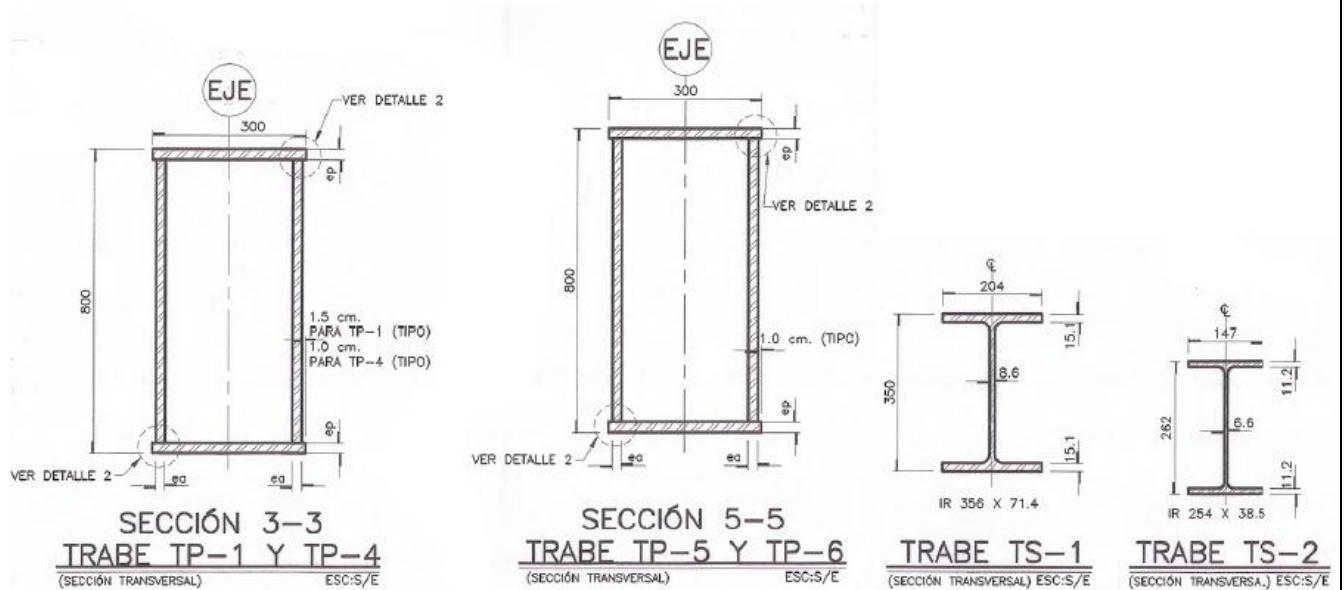


Fig. 91 Sección traveses tipo cajón longitudinales y transversales principales TP-1, TP-4, TP-5 y TP-5, traveses secundarias transversales perfil IR TS-1 y Trabe TS-2

4.8.3.5 Módulo 5

- El acero utilizado para los perfiles estructurales y placas será: ASTM A-36, $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.
- La designación de los perfiles corresponde a la del manual IMCA (Instituto Mexicano de la construcción en acero).
- El módulo 5 cuenta con un claro de 31.11 m
- El módulo se encuentra apoyado sobre 8 columnas principales C-1B, a nivel de pasarela, atornilladas a los dados de cimentación.
- 8 Columnas principales C-6 a nivel de azotea.
- 8 Columnas secundarias C-4 a nivel pasarela.
- 6 Columnas secundarias sección C-5 a nivel pasarela.
- 6 Secciones de trabe principal longitudinal TP-4 de 10.37 m cada una, a nivel pasarela, 4 se encuentran en un extremo conectadas a momento mientras que en el otro se encuentran conectadas a cortante y 2 se encuentran conectadas a momento en sus dos extremos.
- 6 Secciones de trabe principal longitudinal TP-6, de 10.37m cada una, a nivel azotea, 4 conectadas en un extremo a momento y en el otro a cortante, 2 secciones conectadas a momentos en ambos lados.

- 4 Secciones de trabe principal transversal TP-1, de 9 m cada una, a nivel pasarela, conectadas a momento a las columnas principales.
- 4 Sección de trabe principal transversal TP-5, de 10 m cada una, a nivel azotea, conectadas a momento a las columna principales.
- 15 Secciones de trabe secundaria transversal TS-1 de 9 m cada una, a nivel pasarela, conectadas a cortante a la trabe principal longitudinal.
- 15 Secciones de trabe secundaria transversal TS-2 de 9 m cada una, a nivel azotea, conectadas a cortante a la trabe principal longitudinal.



Fig. 92 Simbología.

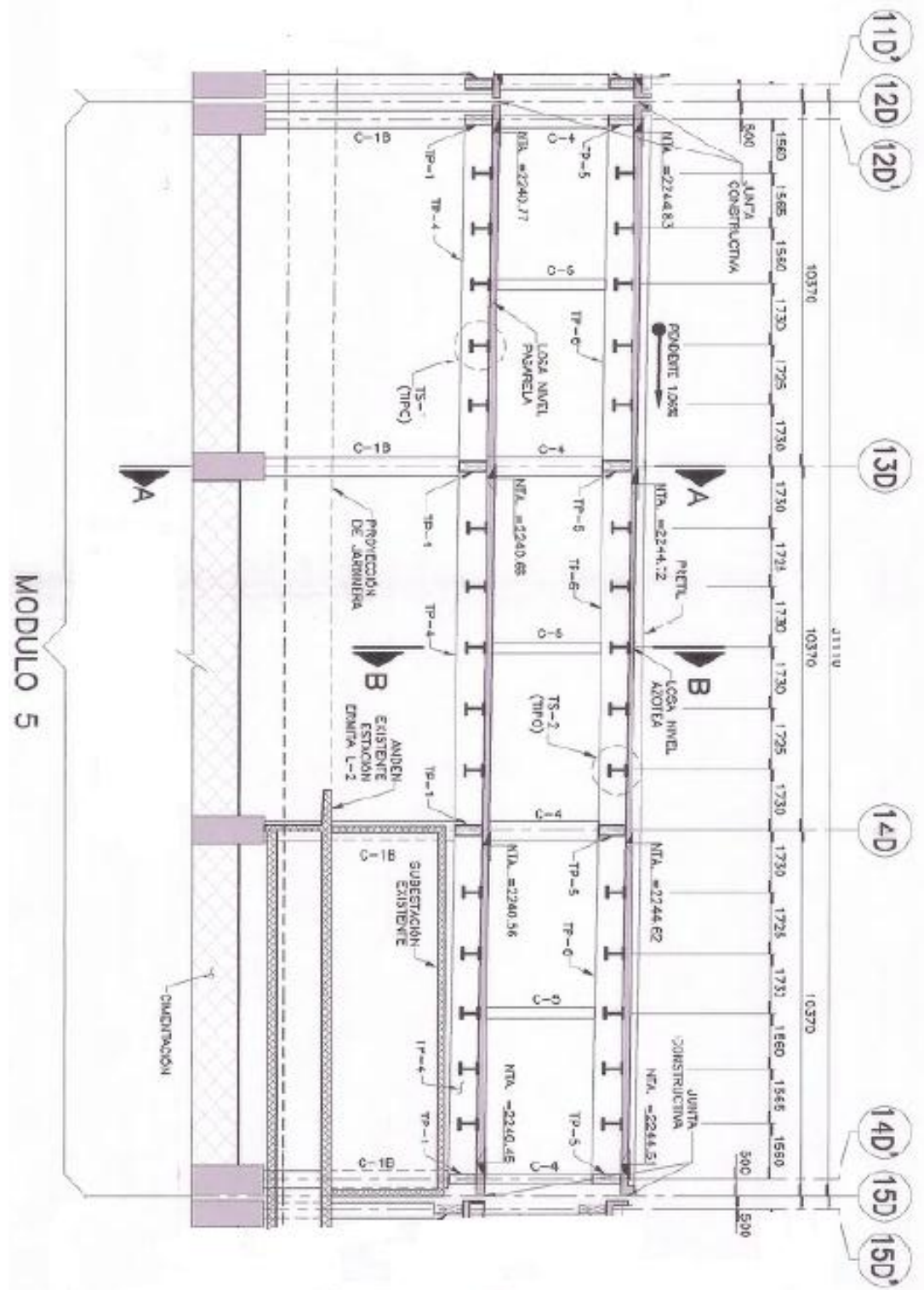


Fig. 93 Elevación de la estructura metálica, módulo 5.

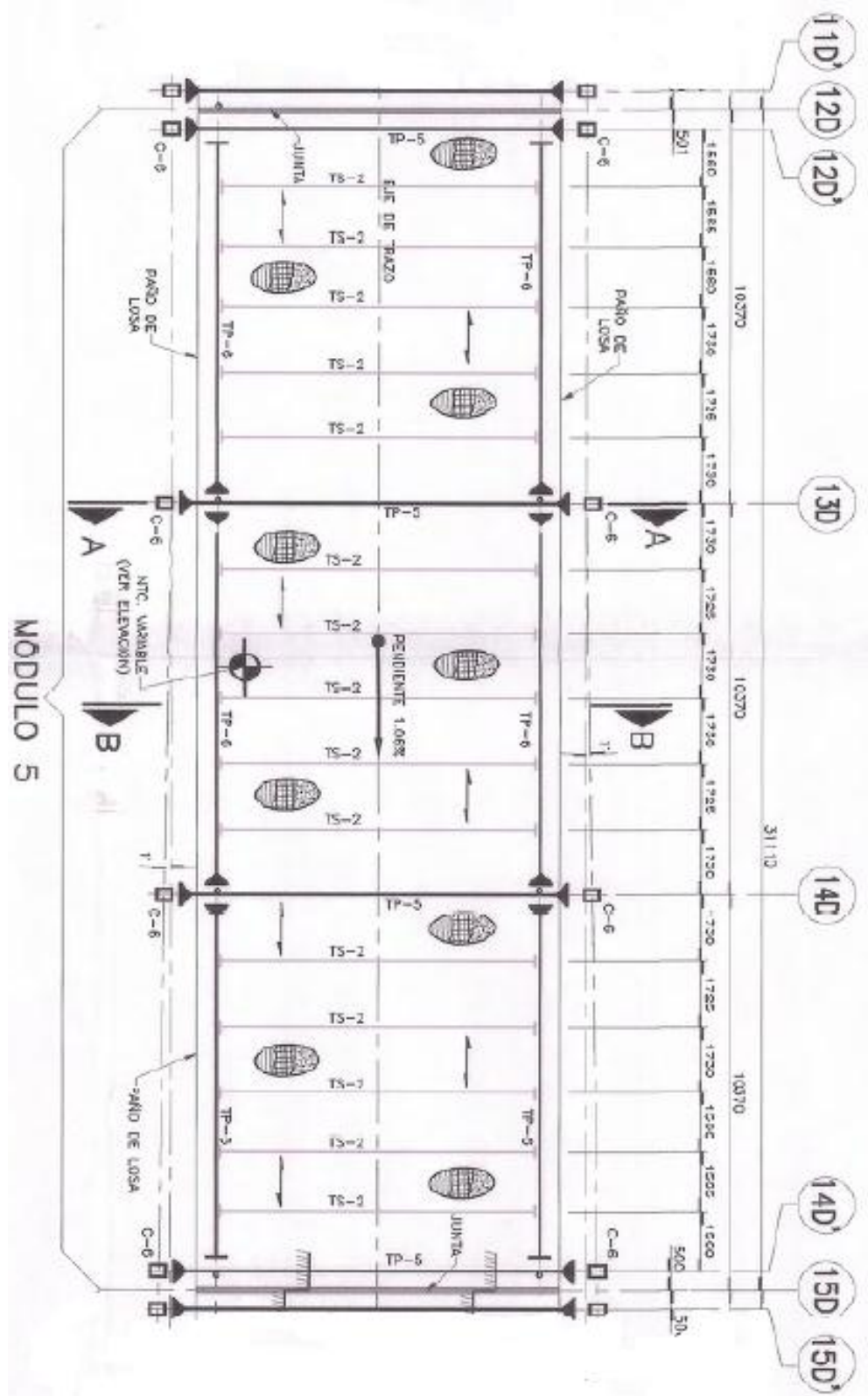


Fig. 94 Planta de estructuración nivel azotea, módulo 5.

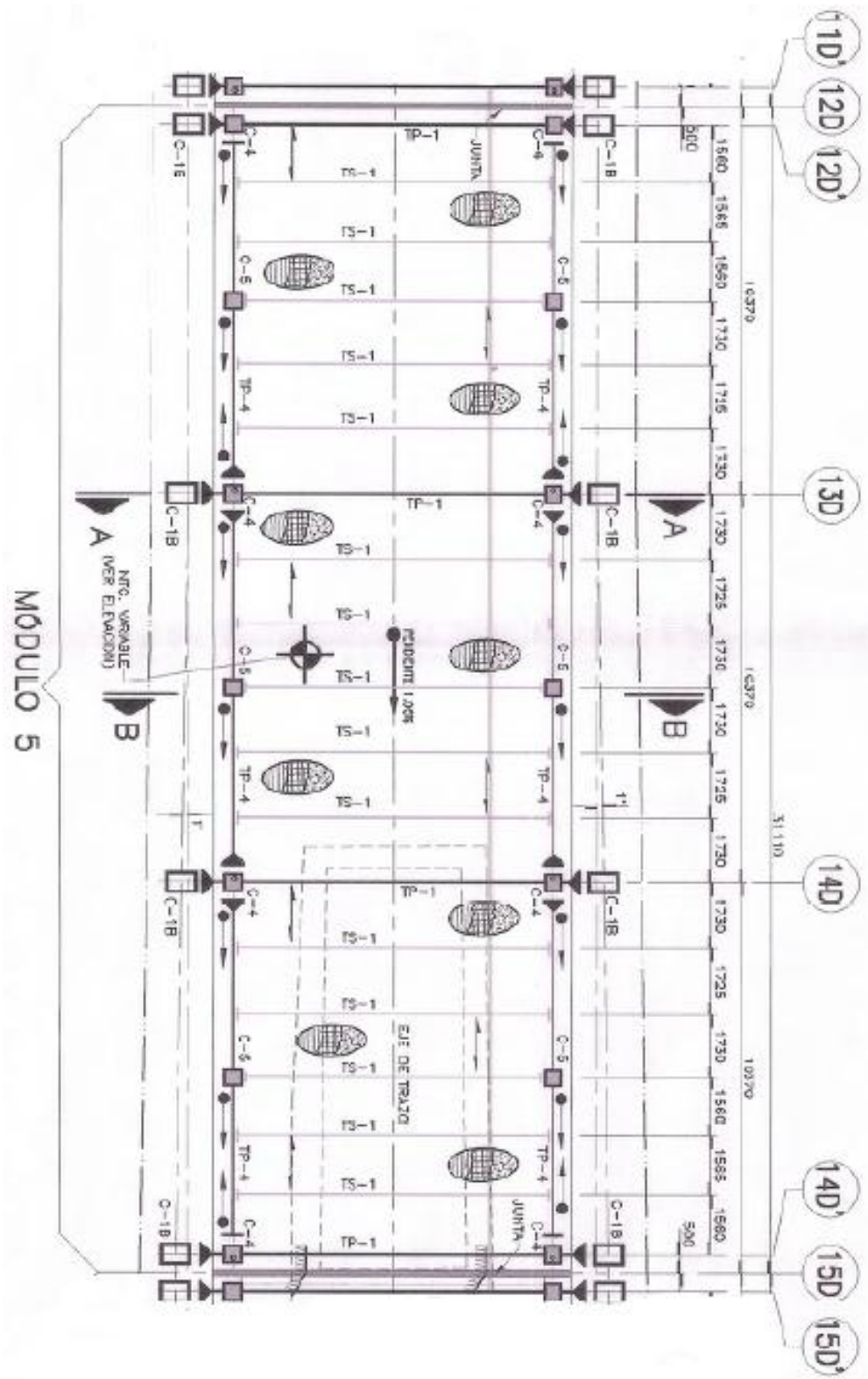


Fig. 95 Planta de estructuración nivel pasarela, módulo 5.

4.8.3.5.1 Perfiles Módulo 5

TABLA DE PERFILES COLUMNAS Y TRABES (PERFIL DE 4 PLACAS SOLDADAS)							
SECCIÓN	MARCA	b cm	h cm	ea cm	ep cm	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
1-1	C-1B	50	70	2.54	2.54	458	-
2-2	C-4	30	30	1	1.27	100	-
	C-5	30	30	1	1	91	-
3-3	TP-1	30	80	1.27	1.9	242	-
	TP-4	30	80	0.8	1	145	-
4-4	C-6	30	40	1.27	1.9	162	-
5-5	TP-5	30	80	0.8	1.27	157	-
	TP-6	30	80	0.8	1.0	145	-

TABLA DE PERFILES SECUNDARIOS					
ELEMENTO	MARCA	SÍMBOLO	DESIGNACIÓN	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
TRABES SECUNDARIAS	TS-1	I	IR 356 X 71.4	71.4	-
	TS-2	I	IR 254 X 38.5	38.5	-
	TS-3	I	IR 406 X 74.4	74.4	-

Fig. 96 Tabla de perfiles de comunas y trabes.

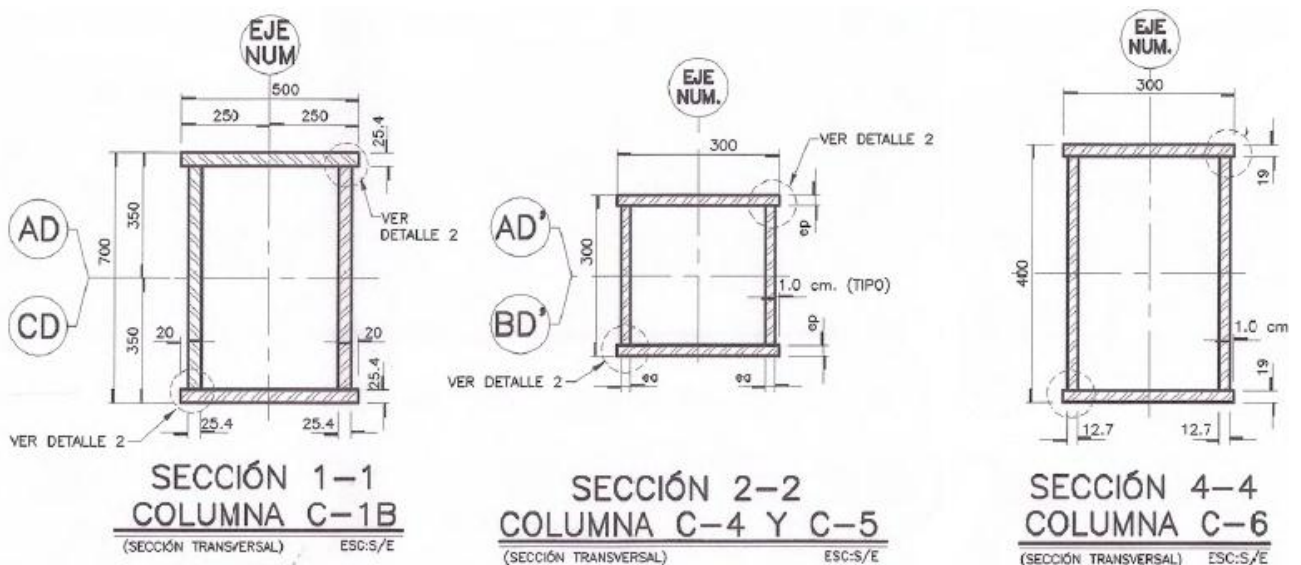


Fig. 97 Sección de columnas tipo cajón principales C-1B y c-6, secundarias c-4 y c-5.

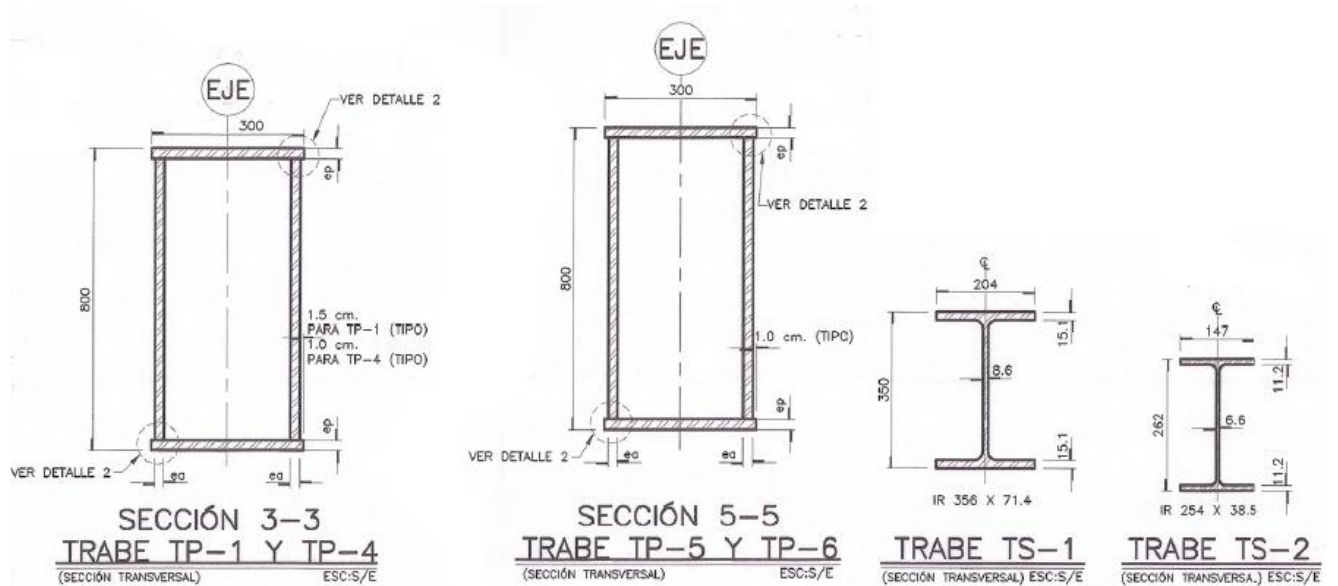


Fig. 98 Sección traveses tipo cajón longitudinales y transversales principales TP-1, TP-4, TP-5 y TP-5, traveses secundarias transversales perfil IR TS-1 y Traveses TS-2

4.8.3.6 Módulo 6

- El acero utilizado para los perfiles estructurales y placas será: ASTM A-36, $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.
- La designación de los perfiles corresponde a la del manual IMCA (Instituto Mexicano de la construcción en acero).
- El módulo 6 cuenta con un claro de 30.00 m
- El módulo se encuentra apoyado sobre 8 columnas principales C-1B, a nivel de pasarela, atornilladas a los dados de cimentación.
- 8 Columnas principales C-6 a nivel de azotea.
- 8 Columnas secundarias C-4 a nivel pasarela.
- 6 Columnas secundarias sección C-5 a nivel pasarela.
- 6 Secciones de traveses principal longitudinal TP-4 de 10.00 m cada una, a nivel pasarela, 4 se encuentran en un extremo conectadas a momento mientras que en el otro se encuentran conectadas a cortante y 2 se encuentran conectadas a momento en ambos extremos.
- 6 Secciones de traveses principal longitudinal TP-6, de 10.00m cada una, a nivel azotea, 4 conectadas en un extremo a momento y en el otro a cortante, 2 secciones conectadas a momento en ambos lados.
- 4 Secciones de traveses principal transversal TP-1, de 9 m cada una, a nivel pasarela, conectadas a momento a las columnas principales.

- 4 Secciones de trabe principal transversal TP-5, de 10 m cada una, a nivel azotea, conectadas a momento a las columnas principales.
- En este módulo se encuentra el elevador y las escaleras por tanto se tiene un vacío, se forma una cuadrícula a lo largo del módulo a nivel pasarela, con las secciones de trabe secundaria TS-3 colocadas longitudinalmente y conectadas a las traves principales transversales de la siguiente manera, 4 de ellas se encuentran conectadas en un extremo a cortante y en el otro a momento mientras que las otras 2 se encuentran conectadas a momento en ambos extremos, las traves secundarias TS-1 colocadas transversalmente se encuentran conectadas en ambos extremos a cortante.
- En este módulo se realiza una cuadrícula de trabe secundaria TS-2 ya que se encuentra ubicado el elevador y se tiene un vacío, en el resto del módulo se encuentra de igual manera que en los otros módulos, 12 secciones de trabe de 9m colocadas transversalmente, a nivel azotea, todas conectadas a cortante en ambos extremos a la trabe longitudinal principal.



Fig. 99 Simbología.

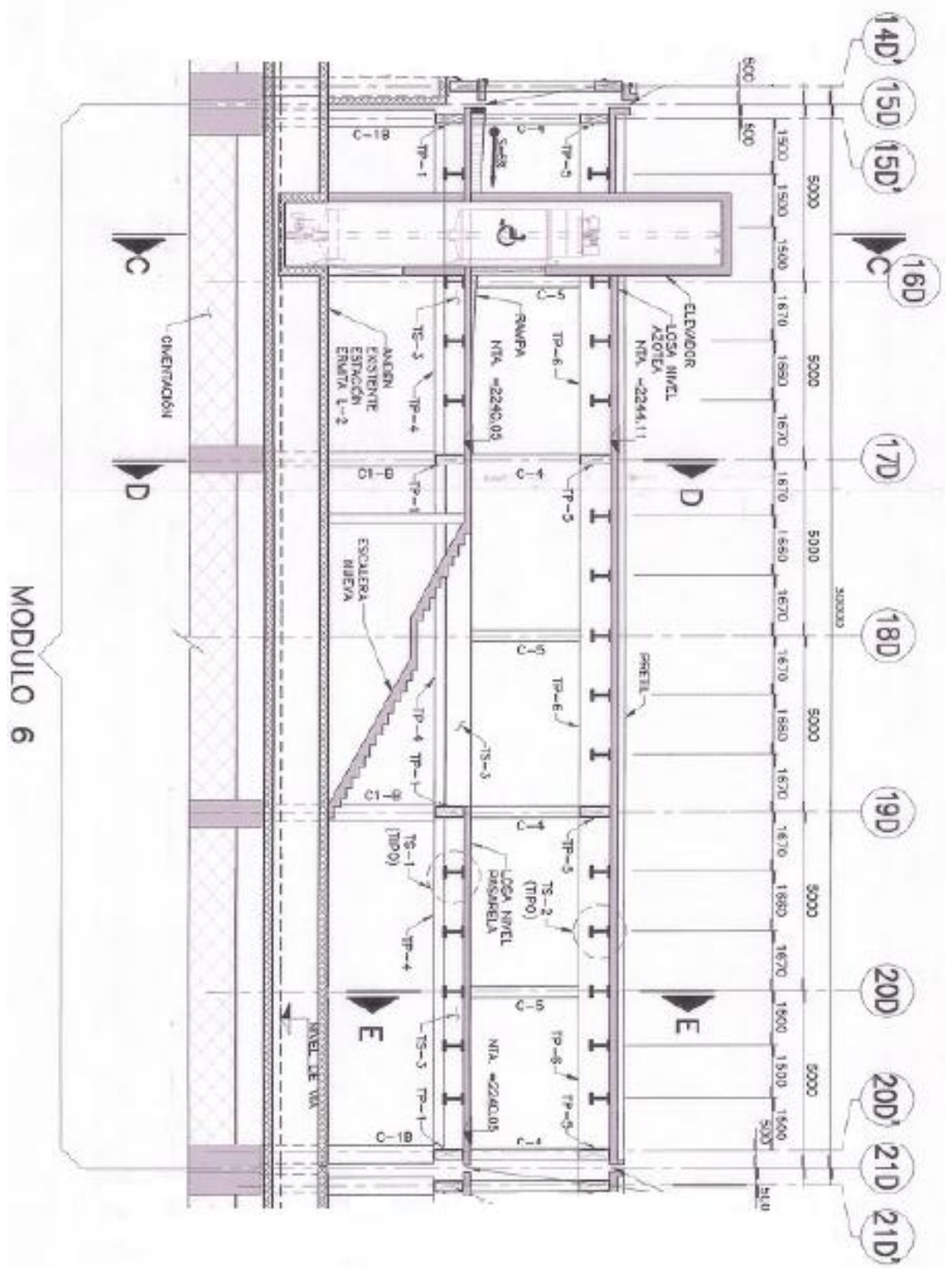


Fig. 100 Elevación de la estructura metálica, módulo 6.

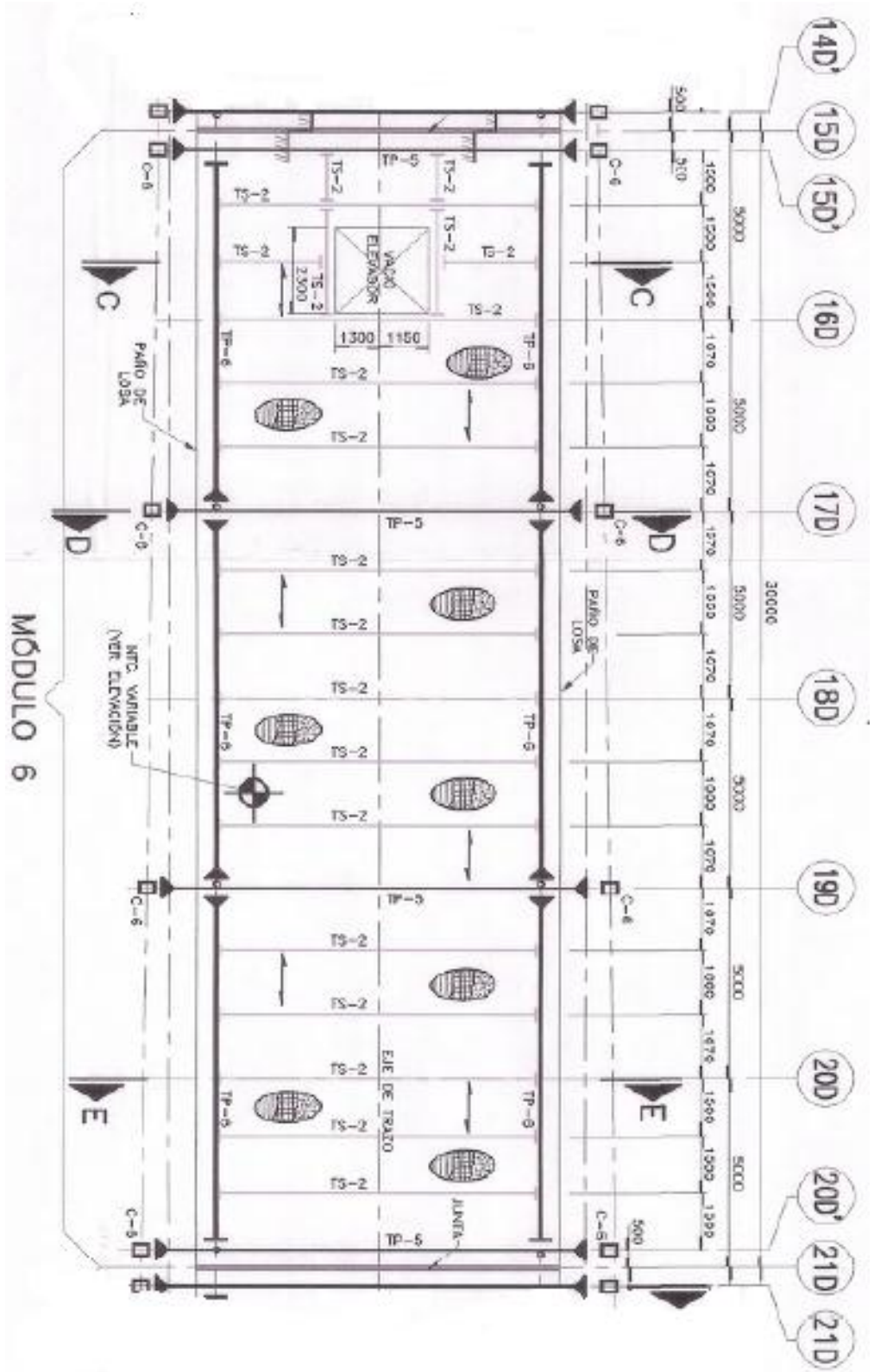


Fig. 101 Planta de estructuración nivel azotea, módulo 6.

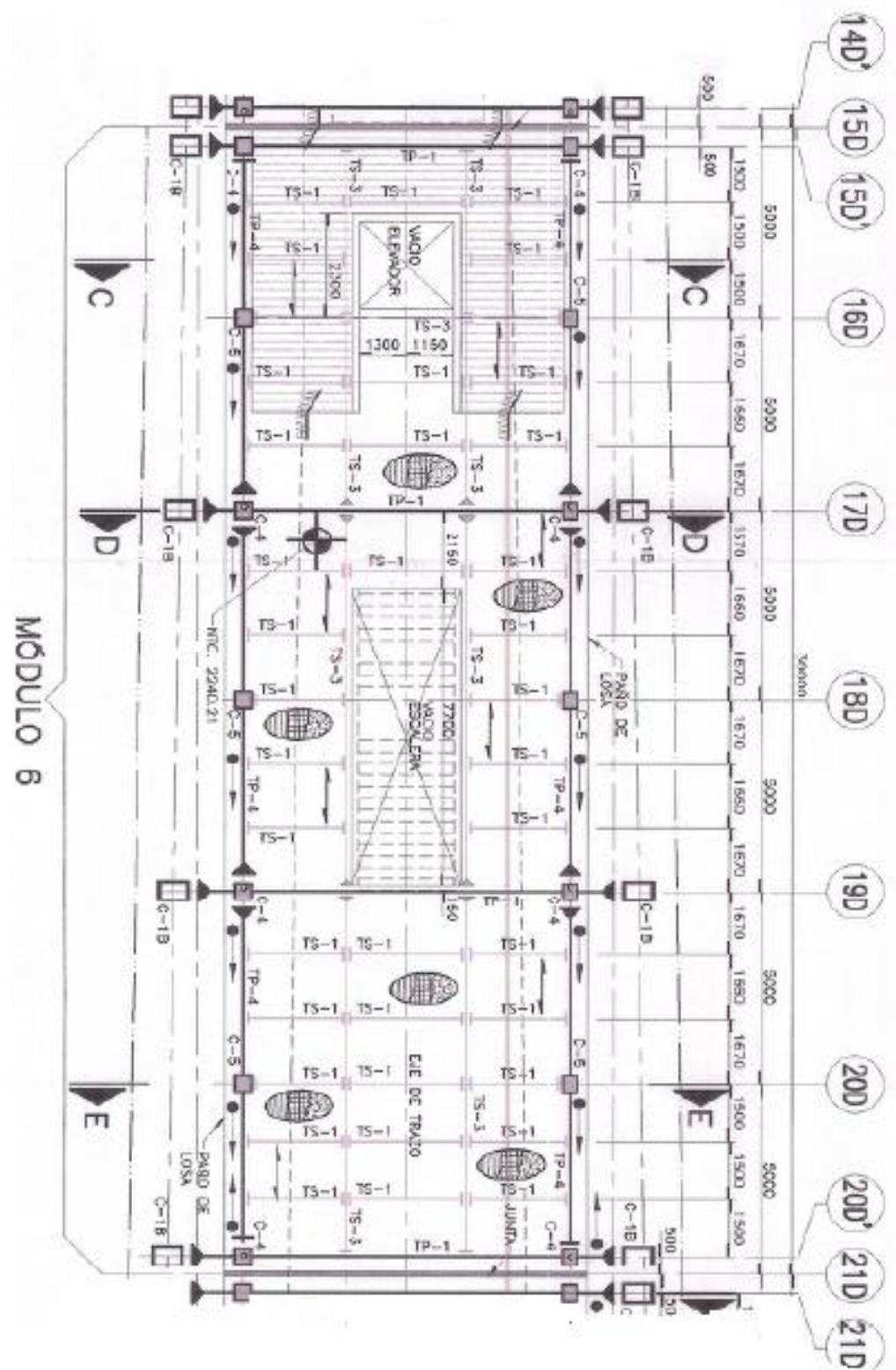


Fig. 102 Planta de estructuración nivel pasarela, módulo 6.

4.8.3.6.1 Perfiles Módulo 6

TABLA DE PERFILES COLUMNAS Y TRABES (PERFIL DE 4 PLACAS SOLDADAS)							
SECCIÓN	MARCA	b cm	h cm	ea cm	ep cm	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
1-1	C-1B	50	70	2.54	2.54	458	-
2-2	C-4	30	30	1	1.27	100	-
	C-5	30	30	1	1	91	-
3-3	TP-1	30	80	1.27	1.9	242	-
	TP-4	30	80	0.8	1	145	-
4-4	C-6	30	40	1.27	1.9	162	-
5-5	TP-5	30	80	0.8	1.27	157	-
	TP-6	30	80	0.8	1.0	145	-

TABLA DE PERFILES SECUNDARIOS					
ELEMENTO	MARCA	SÍMBOLO	DESIGNACIÓN	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
TRABES SECUNDARIAS	TS-1	I	IR 356 X 71.4	71.4	-
	TS-2	I	IR 254 X 38.5	38.5	-
	TS-3	I	IR 406 X 74.4	74.4	-

Fig. 103 Tabla de perfiles columnas y trabes.

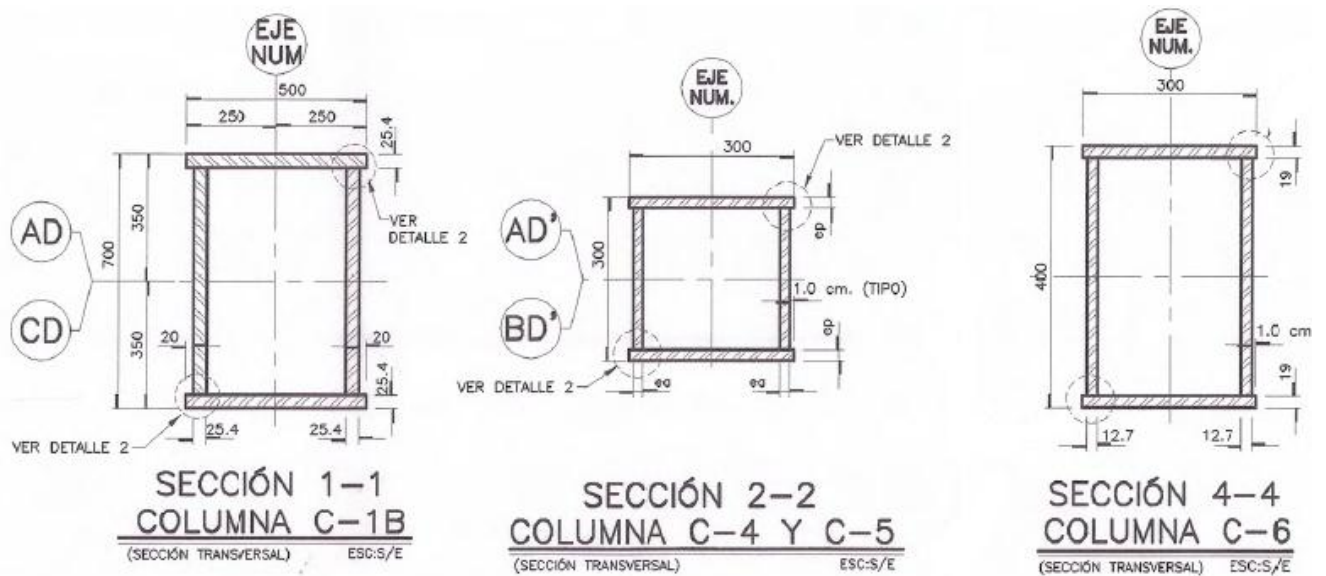


Fig. 104 Sección de columnas tipo cajón principales C-1B y c-6, secundarias c-4 y c-5.

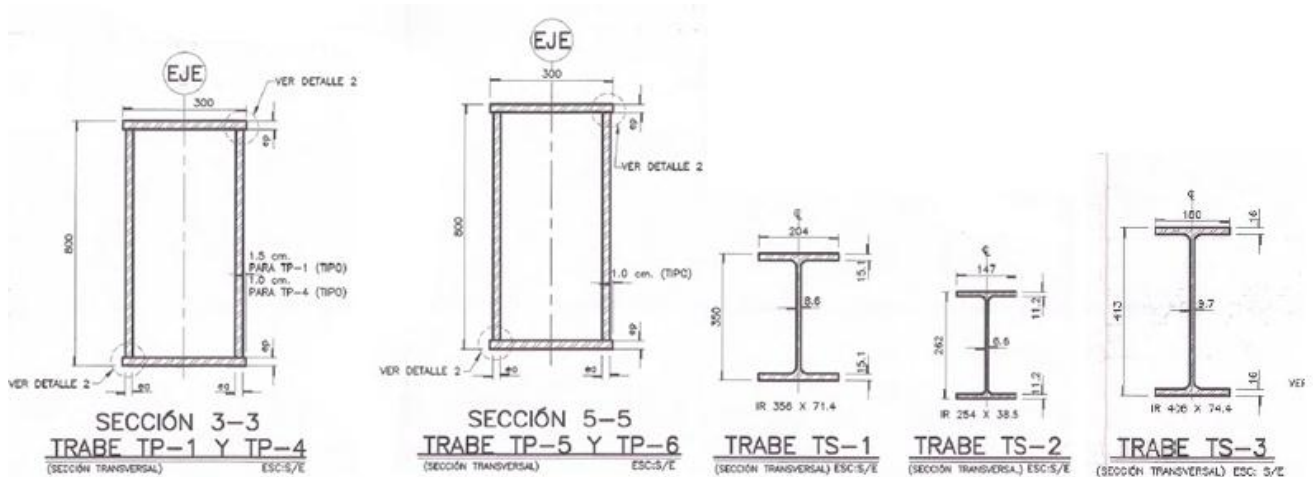


Fig. 105 Sección traveses tipo cajón longitudinales y transversales principales TP-1, TP-4, TP-5 y TP-6, traveses secundarios transversales perfil IR TS-1, Traveses TS-2 y TP-3.

4.8.3.7 Módulo 7

- El acero utilizado para los perfiles estructurales y placas será: ASTM A-36, $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.
- La designación de los perfiles corresponde a la del manual IMCA (Instituto Mexicano de la construcción en acero).
- El módulo 7 cuenta con un claro de 29.68 m
- El módulo se encuentra apoyado sobre 8 columnas principales C-1B, a nivel de pasarela, atornilladas a los dados de cimentación.
- 8 Columnas principales C-6 a nivel de azotea.
- 8 Columnas secundarias C-4 a nivel pasarela.
- 6 Columnas secundarias sección C-5 a nivel pasarela.
- 6 Secciones de traveses principales longitudinales TP-4, 5 de 10.00 m y una de 9.68 m, a nivel pasarela, 4 se encuentran en un extremo conectadas a momento mientras que en el otro se encuentran conectadas a cortante y 2 se encuentran conectadas a momento en sus dos extremos.
- 6 Secciones de traveses principales longitudinales TP-6, 5 de 10.00 m y una de 9.68 m, a nivel azotea, 4 conectadas en un extremo a momento y en el otro a cortante, 2 secciones conectadas a momentos en ambos lados.

- 4 Secciones de trabe principal transversal TP-1, de 9 m cada una, a nivel pasarela, conectadas a momento a las columnas principales.
- 4 Sección de trabe principal transversal TP-5, de 10 m cada una, a nivel azotea, conectadas a momento a las columnas principales.
- En este módulo se encuentran 2 secciones de escaleras, por tanto se tiene un vacío y se forma una cuadrícula a lo largo del módulo a nivel pasarela con las secciones de trabe secundaria TS-3 colocadas longitudinalmente y conectadas a las traves principales transversales de la siguiente manera, 4 de ellas se encuentran conectadas en un extremo a cortante y en el otro a momento mientras que las otras 2 se encuentran conectadas a momento en ambos extremos, la traves secundarias TS-1 colocadas transversalmente se encuentran conectadas en ambos extremos a cortante.
- 15 Secciones de trabe secundaria transversal TS-2 de 9 m cada una, a nivel azotea, conectadas a cortante a la trabe principal longitudinal.



Fig. 106 Simbología.

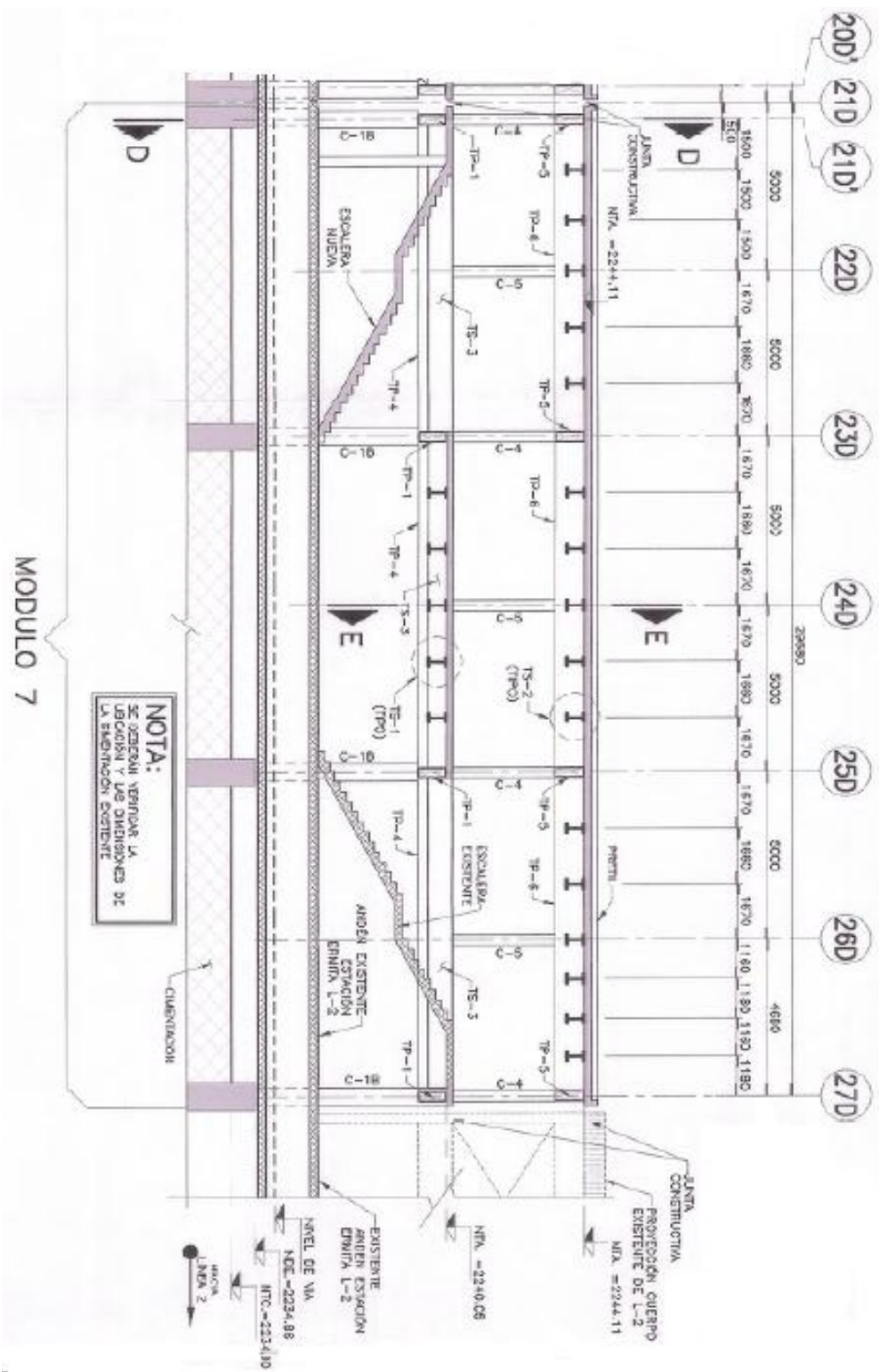


Fig. 107 Perfil de la estructura metálica, módulo 7.

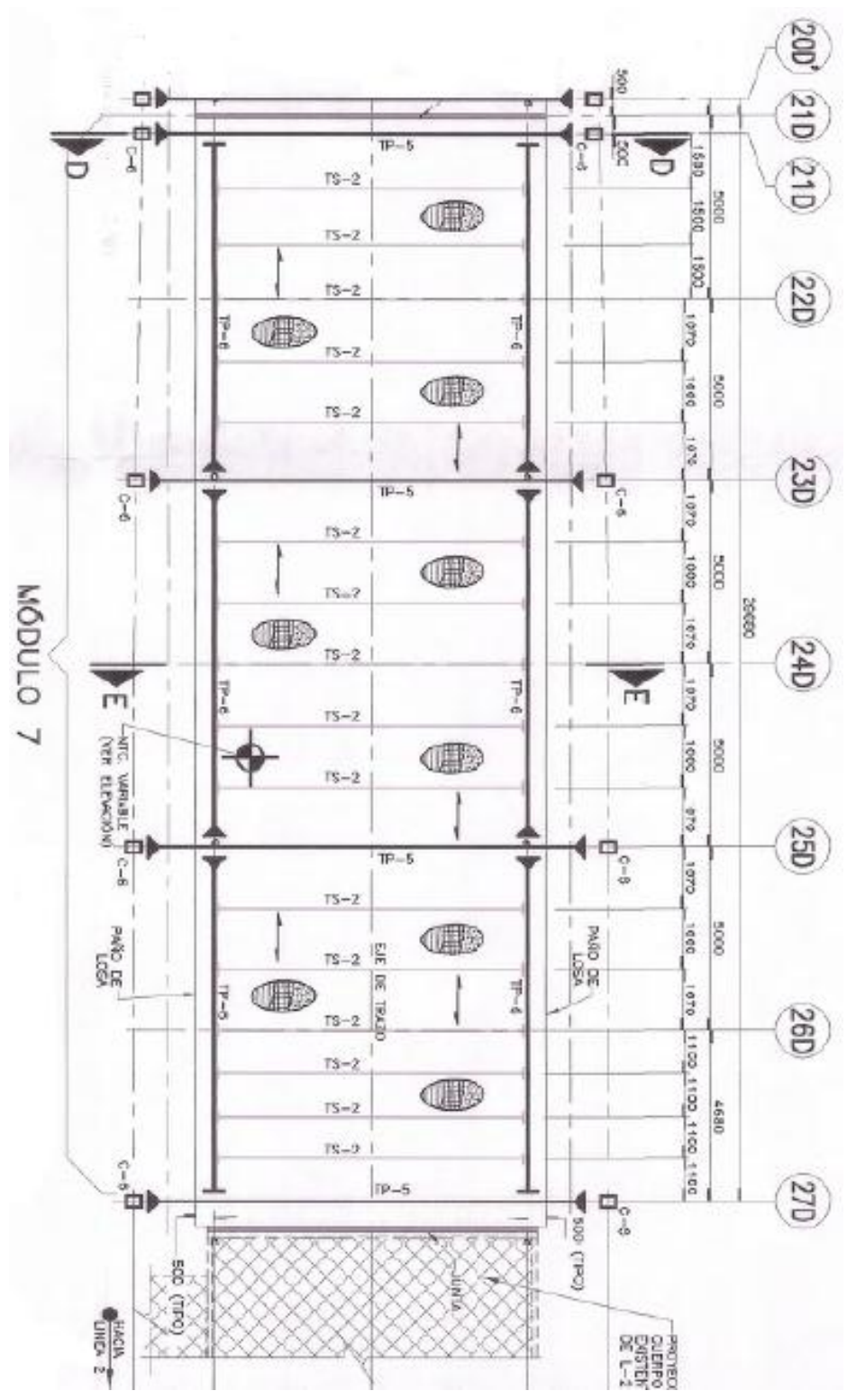


Fig. 108 Planta de estructuración nivel azotea, módulo 7.

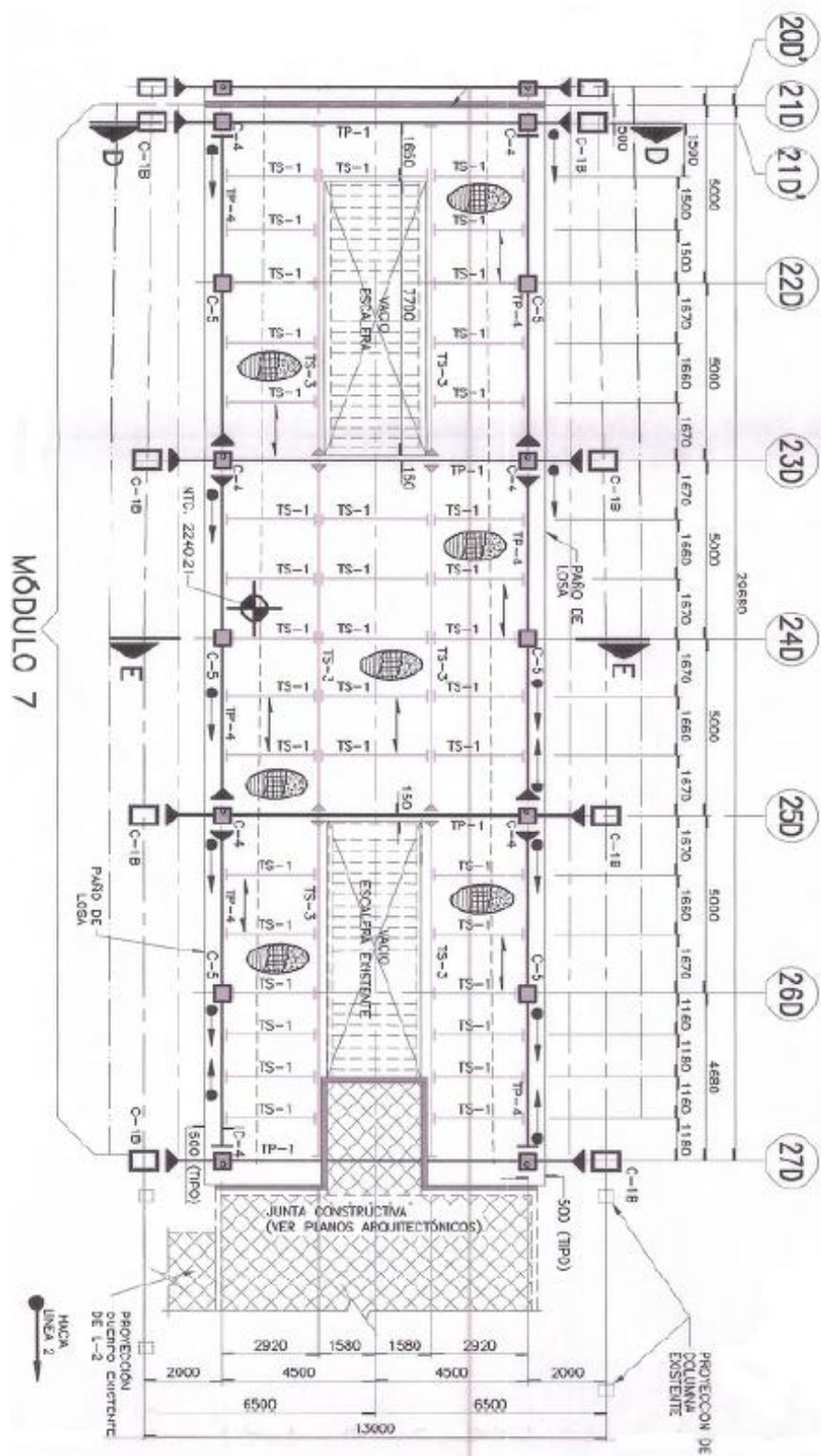


Fig. 109 Planta de estructuración nivel pasarela, módulo 7.

4.8.3.7.1 Perfiles Módulo 7

TABLA DE PERFILES COLUMNAS Y TRABES (PERFIL DE 4 PLACAS SOLDADAS)							
SECCIÓN	MARCA	b cm	h cm	ea cm	ep cm	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
1-1	C-1B	50	70	2.54	2.54	458	-
2-2	C-4	30	30	1	1.27	100	-
	C-5	30	30	1	1	91	-
3-3	TP-1	30	80	1.27	1.9	242	-
	TP-4	30	80	0.8	1	145	-
4-4	C-6	30	40	1.27	1.9	162	-
5-5	TP-5	30	80	0.8	1.27	157	-
	TP-6	30	80	0.8	1.0	145	-

TABLA DE PERFILES SECUNDARIOS					
ELEMENTO	MARCA	SÍMBOLO	DESIGNACIÓN	PESO (kg/m.)	OBSERVACIONES
TRABES SECUNDARIAS	TS-1	I	IR 356 X 71.4	71.4	-
	TS-2	I	IR 254 X 38.5	38.5	-
	TS-3	I	IR 406 X 74.4	74.4	-

Fig. 110 Tabla de perfiles columnas y trabes.

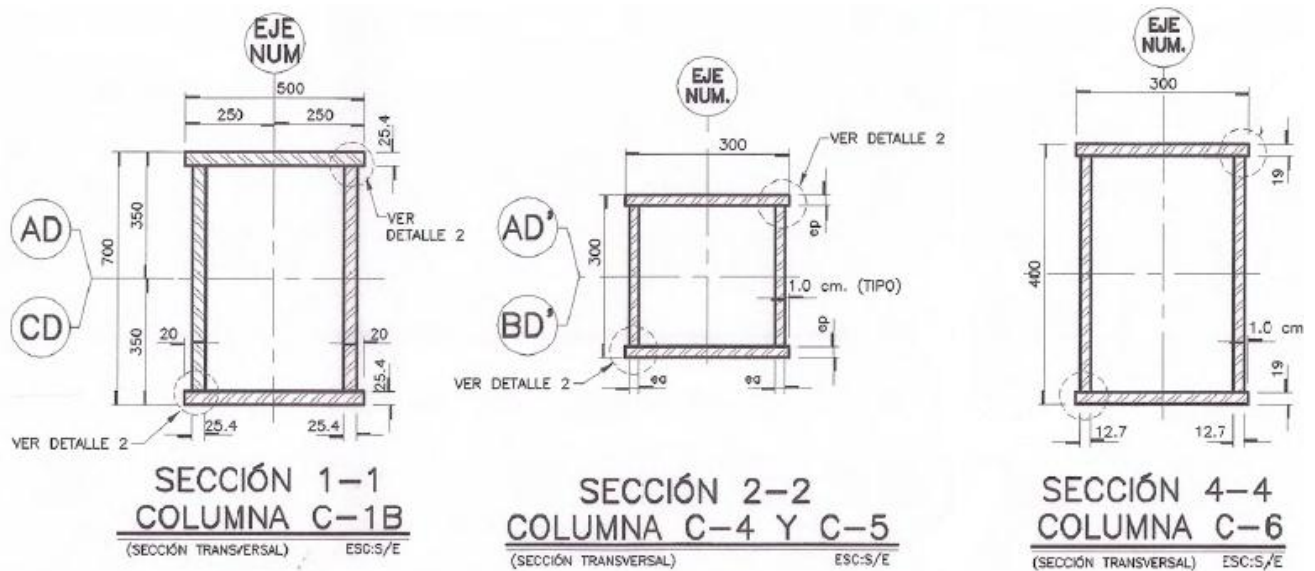


Fig. 111 Sección de columnas tipo cajón principales C-1B y c-6, secundarias c-4 y c-5.

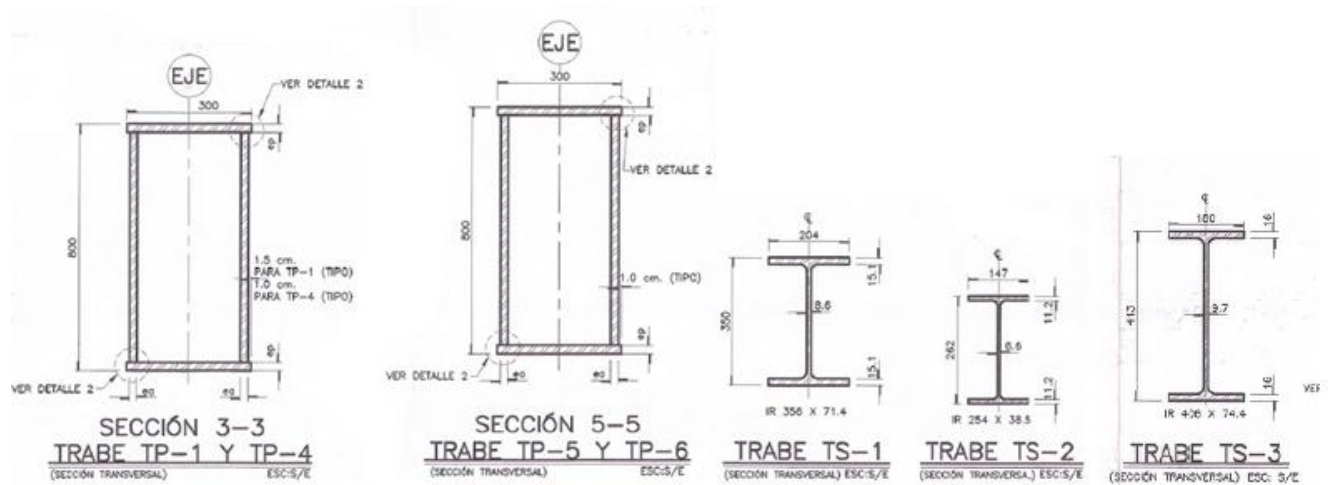


Fig. 112 Sección traveses tipo cajón longitudinales y transversales principales TP-1, TP-4, TP-5 y TP-6, traveses secundarios perfil IR TS-1, Traveses TS-2 y TP-3.

4.9 Adecuación de la Calzada de Tlalpan y Apertura al Tránsito Vehicular.

Concluido todos los trabajos anteriores se llevó acabo el último paso del proceso estructural que consta de la adecuación de la Av. Tlalpan:

- Se llevaron a cabo los trabajos de señalamiento vial.
- Se procedió a retirar el tapial de protección.
- Se corrigió la estructura dañada del pavimento.
- Se reabrió el tránsito vehicular de la Av. Tlalpan pudiendo utilizar todos sus carriles.



1 Estructura metálica módulo 7, unión con Línea 2.



2 Rehabilitación de la Av. Tlalpan.



3 Perspectiva de la pasarela de correspondencia.



4 Módulos 1, 2 y 3.



5 Perspectiva general de la pasarela.

Capítulo V. Conclusiones.

En todos los procedimientos, siempre se tuvo el interés de realizar una obra con mucho dinamismo cuidando los mínimos detalles y teniendo una amplia visión de seguridad en todos los procesos, los cuales llevaron una continuidad entre ellos, dando muestra de eficiencia y profesionalidad en cuanto a diseño y control, es por esto que la obra se terminó con gran éxito y gran calidad.

Son importantes cada uno de las etapas del procedimiento constructivo dado que ello nos llevara al éxito de la construcción de nuestra obra civil.

El proceso de excavación necesita realizarse cuidadosamente y emplear en todo momento las indicaciones especificadas en el proceso constructivo.

La construcción de la pasarela de unión de Línea 12 con Línea 2 del metro fue realizada siguiendo las normas y especificaciones vigentes.

En la selección del equipo de construcción deberá tomarse en cuenta que las operaciones cumplan con el programa de obra y que se respeten las especificaciones constructivas.

Debido que anteriormente en la Ciudad de México no existía reglamentación ambiental pero hoy en día ya existe, es necesario cumplir con ella a pesar de que esto pueda significar tiempo o presupuesto adicionales (los cuales deben estar considerados en el presupuesto y programa de obra) con el fin de no afectar o deteriorar el medio ambiente. Las medidas que se toman son para conservación y preservación, sobre todo en una ciudad donde este tema es de vital importancia.

Los estudios de mecánica de suelos son ineludibles porque sin ellos no se sabe en qué tipo de suelo se está construyendo siendo así la base de todo procedimiento constructivo.

En lo referente al proceso de construcción es indispensable la experiencia pues algunos aspectos es necesario determinarlos con precisión y mucha exactitud con el fin de lograr una estructura idónea. También es necesaria una adecuada exploración del subsuelo para el diseño y proceso constructivo.

La construcción de la pasarela comenzó en el mes de Noviembre de 2011 y estaba programada para terminar en un periodo de 6 meses que se cumpliría en mayo de 2012, dado a retrasos en el programa de obra se tuvo un retraso de 5 meses, concluyendo exitosamente la construcción de la pasarela en el mes de octubre de 2012.

VI. Bibliografía.

Libros

1. Noreña Casado, Francisco y Castañeda Narváez, Carlos (1985). «Planeación y construcción en líneas de metro». *Ingeniería civil*
2. Marcela Itzel García Núñez (productor), & Diego Sedano (director). (2003) *El metro, una historia subterránea* [VHS]. Ciudad de México, México: Editorial Clío, Libros y Videos SA de CV.
3. Sistema de Transporte Colectivo (2007). «Antecedentes del transporte en la Ciudad de México». Ciudad de México, México: Sistema de Transporte Colectivo. Consultado el 25 de marzo de 2008.
4. Navarro, Bernardo; González, Ovidio (1989). «Capítulo I: Evolución de la transportación en la Ciudad de México». Metro metropoli México. Distrito Federal, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Metropolitana, Instituto de Investigaciones Económicas. p. 17.
5. Artículo escrito por: Kamila Islamova (historia del metro en México)

Anteproyecto y Proyecto Ejecutivo.

1. Consorcio línea 12 Planta de Conjunto pasarela de correspondencia Estación Ermita Clave PMFD-10-ARQ-613340-II-0700-0000-P-B.PDF
2. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" Plantas, corte y fachada general, pasarela de correspondencia estación Ermita PMFD-10-ARQ-612240-II-0950-0000-P-B.PDF.
3. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" Modulo tipo, planta, corte y alzado de pasarela de correspondencia estación Ermita PMFD-10-ARQ-612240-II-0951-0000-P-B.PDF.
4. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" Plantas, corte y fachada general pasarela de correspondencia PMFD-10-ARQ-612240-III-0950-30883-P-B.PDF.
5. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" Módulo tipo, planta, corte y alzado pasarela de correspondencia PMFD-10-ARQ-612240-III-0951-30884-P-B.PDF.
6. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" Planta de trazo y cuadro de construcción pasarela de correspondencia PMFD-10-ARQ-612240-III-0953-30886-P-B.PDF.
7. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" Planta, corte y detalles de escaleras pasarela de correspondencia PMFD-10-ARQ-612240-II-0954-30887-P-B.PDF.
8. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" Plantas, corte y fachada general pasarela de correspondencia PMFD-10-ARQ-612240-III-0955-30888-P-B.PDF.
9. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" Módulo tipo, planta, corte y alzado pasarela de correspondencia PMFD-10-ARQ-612240-III-0956-30889-P-B.PDF

10. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" 12 Estructura metálica módulo 3 pasarela de correspondencia PMFD-10-EST-612240-III-0519-30872-P-00.PDF.
11. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" 12 Estructura metálica módulo 2 pasarela de correspondencia PMFD-10-EST-612240-III-0522-30875-P-00.PDF.
12. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" 12 Estructura metálica módulo 1 pasarela de correspondencia PMFD-10-EST-612240-III-0524-30877-P-00.PDF.
13. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" 12 Estructura metálica módulos 4, 5, 6 y 7 pasarela de correspondencia PMFD-10-EST-612240-III-0532-3031001-P-00.PDF.
14. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" 12 Plano genera – plano lleve de la pasarela de correspondencia PMFD-10-EST-612240-III-0510-30352-P-00.PDF.
15. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" 12 Losas nivel azotea y nivel pasarela, pasarela de correspondencia PMFD-10-EST-612240-III-0514-30867-P-00.PDF.
16. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" 12 Cimentación de módulos 1 y 2, pasarela de correspondencia PMFD-10-EST-612240-III-0521-30874-P-00.PDF.
17. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" 12 Cimentación de módulo 3, pasarela de correspondencia PMFD-10-EST-612240-III-0518-30871-P-00.PDF
18. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" 12 Cimentación de módulos 4, 5, 6 y 7, pasarela de correspondencia PMFD-10-EST-612240-III-0531-31000-P-00.PDF.
19. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" 12 Procedimiento de excavación de la pasarela de correspondencia PMFD-10-MS-612240-III-0198-30841-P-00.PDF.
20. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" 12 Procedimiento constructivo de la pasarela de correspondencia PMFD-10-MS-612240-III-0199-30842-P-00.PDF.
21. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" 12 Procedimiento constructivo de la pasarela de correspondencia PMFD-10-MS-612240-III-0201-30845-P-00.PDF.
22. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" 12 Procedimiento de excavación de la pasarela de correspondencia PMFD-10-MS-612240-III-0202-30846-P-00.PDF.
23. Consorcio línea 12 Cuerpo "D" Memoria geotécnica para la construcción de la pasarela cuerpo "D" PMFD-10-MS-612240-III-0208-30863-M-00.PDF.
24. Consorcio línea 12 Proyecto de señalamiento para cierre vehicular nocturno PMFD-10-VyT-612240-III-0001-04810-P-00.PDF.

Páginas web.

1. <http://www.floresdenieve.cepe.unam.mx/diecisiete/metrokamila.htm>
2. <http://sefi.mineria.unam.mx/acerca/historia/bio/bqa.html>
3. <http://www.metropoli.org.mx/htm/areas/5/tranvia.pdf>
4. <http://www.metro.df.gob.mx/organismo/mjdecreto.html#2007>
5. http://www.consejeria.df.gob.mx/uploads/gacetas/Noviembre07_06_206.pdf
6. <http://ciudadanosenred.com.mx/node/2028>
7. <http://www.metro.df.gob.mx/operacion/cifrasoperacion06.html>
8. <http://www.jornada.unam.mx/2007/08/09/index.php?section=capital&article=036n1cap>
9. <http://www.ciudadnorte.info/227/el-metro-reanuda-su-crecimiento/index.html>
10. <http://www.eluniversal.com.mx/notas/503481.htm>
11. <http://www.cnnexpansion.com/negocios/2008/06/12/ica-carso-y-alstom-ganan-contrato-en-df>
12. <http://www.metro.df.gob.mx/sabias/linea12c.html>
13. <http://calidra.com/usos-de-marcas/trazo-y-nivelacion>
14. [http://es.wikipedia.org/wiki/Pilote_\(cimentaci%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Pilote_(cimentaci%C3%B3n))
15. <http://es.slideshare.net/ingenierohumberto/cimentaciones-profundas-1>
16. www.arquba.com/monografias-de-arquitectura/pilotaje-2/
17. http://civil-pilotes.blogspot.com/2012_07_01_archive.html
18. <http://es.scribd.com/.../Diseno-lzaje-e-Hinca-de-pilotes-precolados-en-Muel...>
19. <http://es.scribd.com/doc/66779257/34/Con-poco-desplazamiento>
20. <http://ing.utralca.cl/~fespinos/Consejos%20de%20un%20experto%20para%20el%20montaje%20de%20estructuras.pdf>