

# El Metro de la Ciudad de México

## Análisis técnico-constructivo

### de las primeras líneas

*The Ciudad de México Metro.  
Technical-constructive analysis of the first lines*

#### **Ing. Arq. Tomás E. Sosa Pedroza**

Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco  
tesp@azc.uam.mx  
ORCID: 0000-0002-4050-7741

#### **Arq. Moisés Bustos Álvarez**

Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco  
mbalv@yahoo.com.mx  
ORCID: 0000-0001-7929-9524

**Aceptado:** 6/05/2024 **Publicado:** 27/09/2024

#### **Resumen**

El Sistema de Transporte Colectivo Metro (STCM) de la Ciudad de México es considerado el más exitoso sistema de transporte público de nuestro país. Su materialización implicó la importación de sistemas técnico-constructivos innovadores de su época, los cuales posteriormente fueron utilizados en numerosas edificaciones y en la obra pública. En este trabajo, se analiza la importancia del Muro Milán para la realización de las primeras tres líneas, tecnología constructiva que por sus virtudes se ha utilizado en gran cantidad de edificaciones, por lo que se convirtió en un importante referente para el diseño arquitectónico contemporáneo del país.

**Palabras clave:** Historia del Metro de la Ciudad de México Muro Milán, cajón de cimentación, edificios altos, tecnología de vanguardia.

---

\* Como citar este artículo / *How to cite this article:*  
Sosa, T. y Bustos, M. (2024). El Metro de la Ciudad de México. Análisis técnico-constructivo de las primeras líneas. *un año de diseñarte, mm1*, (26), 134-145.

## Introducción

La arquitectura mexicana construida en la Ciudad de México a partir de los años sesenta del siglo XX ha sido reconocida a nivel nacional e internacional por su enorme calidad formal y funcional, valores que se magnifican por la dificultad que representa construir edificaciones de alto tonelaje y mayor altura por la reducida calidad resistente del suelo de la ciudad y por estar ubicada en un sitio de alto riesgo sísmico. Aparejado a la calidad formal y funcional de la arquitectura, el desarrollo técnico-constructivo de las edificaciones ha tenido avances significativos para solucionar tan malas condiciones físicas de la ciudad.

El Sistema de Transporte Colectivo de esta ciudad, comúnmente llamado Metro es uno de los medios de transporte masivo de personas más utilizado a nivel mundial y, según estadísticas del INEGI de 2018, transporta diariamente 4.63 millones de pasajeros al día. Su construcción, operación y uso financiero se encuentra a cargo de una asociación pública llamada Sistema de Transporte Colectivo dependiente de la Ciudad de México.

A más de 50 años de haberse inaugurado la primera línea del sistema de transporte público más exitoso que se haya construido en nuestro país, específicamente el 4 de septiembre de 1969 de la Línea 1, se considera que es un buen momento para hacer un análisis desde la visual del diseño de este destacado modelo de buen proyecto arquitectónico mexicano.

### Abstract

*The Collective Transportation System Metro (STCM) of Mexico City (CDMX) is considered the most successful public transportation system in Mexico. Its materialization involved the import of innovative technical-constructive systems of its time, which were later used in numerous buildings and public works. This work analyzes the importance of the Milan Wall for the realization of the first three lines, a construction technology that, due to its virtues, has been used in a large number of buildings, becoming an important reference for contemporary architectural design in the country.*

**Keywords:** *History of the Ciudad de México Metro, Milan Wall, Open-air Box Structural System, Tall Buildings, Cutting-edge Technology.*

La construcción de las primeras líneas (Línea 1, Línea 2 y Línea 3) y su posterior operación han demostrado, a lo largo de este tiempo, su eficiencia como medio de transporte masivo de personas y su eficacia como producto arquitectónico.

En este trabajo, se puntualiza exclusivamente sobre los aspectos relevantes relacionados con el diseño de los sistemas estructurales de las primeras líneas construidas, dejando a un lado los aspectos de operatividad de las tres líneas, en las cuales el llamado Muro Milán tuvo una destacada participación como elemento estructural y como componente integral de todo el Cajón. Cabe mencionar que en posteriores construcciones los sistemas de Superficie y de Cajón continuaron utilizándose, precisamente por los buenos resultados obtenidos en las primeras líneas del Metro.

La construcción inicial es un claro ejemplo de eficiencia y seguridad estructural en su función de ser un medio de transporte masivo de pasajeros, ya que su capacidad resistente ha sido demostrada durante 50 años sin haber sufrido daños mayores ante los movimientos de tierra y a pesar de las condiciones de suelo y de alta sismicidad en donde se encuentra nuestra ciudad, además de no haber requerido obras de mantenimiento de mayor escala por las condiciones naturales de uso.

El objetivo de esta investigación es exponer el relevante papel que han tenido estos avances técnico-constructivos aplicados en las obras del Metro de la ciudad de México donde los sistemas estructurales descritos como Superficial y Cajón a Cielo Abierto han tenido un papel preponderante en la construcción en toda la red.

## Historia del Metro de la Ciudad de México

La necesidad de tener un transporte público eficiente en la ciudad de México siempre fue tema de análisis por las autoridades para poder resolver el crecimiento de la población, que según el Séptimo Censo General de Población en 1953 se calculó en 3.5 millones de personas y según el Octavo Censo de 1960 había 4.8 millones de habitantes. A pesar de tales necesidades,, en la

década de los cincuenta, las autoridades no realizaron esfuerzos mayores para resolver el problema, argumentando el alto costo que significaba la realización de un proyecto de transportación masiva, dando preferencia a la construcción de vías rápidas para automóviles de uso particular y enfocando los recursos a la reestructuración de varios edificios de propiedad gubernamental dañados por el sismo de 1957 (Borja, 1997).

Al inicio de los sesenta, las autoridades locales y federales al ver las dificultades de transportación existentes y al observar el rápido crecimiento de la población citadina se decidieron por formalizar la planeación de las primeras rutas del sistema. Dos circunstancias adicionales para que fuera tomada esta importante decisión fue lo siguiente: el entorno económico más favorable del país que las autoridades catalogaron como el del “milagro económico” y la circunstancia de que el Distrito Federal había sido nombrado como sede de los XIX Juegos Olímpicos para el año de 1968, lo que requirió resolver la transportación de los visitantes a los sitios de los juegos.

No fue hasta 1961 cuando se pudo visualizar de forma firme la construcción de la obra debido a dos circunstancias sumamente favorables; en lo económico, el crédito otorgado por el gobierno francés, encabezado por Charles de Gaulle, para el proyecto; en lo técnico-constructivo, la inserción en el proyecto ejecutivo de nuevos sistemas y tecnologías de punta constructivas importadas de Europa. En tal contexto histórico, en el mes de junio de 1967, durante la gestión del periodo presidencial (1964-1970) más represora, criminal e intransigente de la segunda mitad del siglo XX, se oficializó la realización del proyecto de construcción del Metro.

Previo al inicio formal de la construcción de las tres primeras Líneas, se estableció en los acuerdos legales de obra que la edificación fuera realizada en la parte de la obra civil por la empresa mexicana Ingenieros Civiles y Asociados S. A. de C. V. (ICA) y en la correspondiente a las instalaciones electromecánicas por empresas francesas designadas por el mismo gobierno europeo.

Desde su inicio, un actor fundamental para la realización de todo el Metro fue el sobresaliente constructor mexicano Bernardo Quintana (plan maestro 2020) fundador y-presidente ejecutivo de ICA, porque fue el promotor de la construcción y la cabeza en la planeación, la gestión y la construcción de todo el sistema (Schmitter, J. 2019). La empresa ICA fue la encargada de realizar los estudios previos y el proyecto arquitectónico en su totalidad, además, con la asesoría de empresas francesas implementó dentro la planeación y en el proyecto ejecutivo la novedosa tecnología necesaria para su realización, misma que no existía en ese momento en México.

### Construcción de las primeras rutas

Una vez que el proyecto del plan maestro fue avalado por el gobierno federal, se formalizó el 29 de abril de 1977 a través del decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación. En éste, se estableció que se creara el Sistema de Transporte Colectivo y que para efectos ejecutivos fuera gestionado por una comisión llamada Constructora Metro, S. A. de C. V., conformada principalmente por la empresa constructora y las autoridades de la hoy Ciudad de México, anteriormente Distrito Federal. En el plan maestro, se planteó como inicio de la red la construcción de tres líneas llamadas i Línea 1, Línea 2 y Línea 3.

**Línea 1.** Fue la primera de las líneas en construirse y se inauguró el 4 de septiembre de 1969 (Borja, 1997), recorría dirección oriente-poniente y en su tramo original una distancia de 18.8km, desde la estación Chapultepec hasta la de Zaragoza; se construyó de acuerdo con la forma del sistema subterráneo, debido a que las condiciones de las calles por donde se hizo pasar el trazo no tenían las dimensiones necesarias para el sistema superficial en varios tramos como los siguientes: Camino a Belén, Arq. C. Lazo, Av. Jalisco, Gral. Pedro Antonio de los Santos, Av. Chapultepec, Arcos de Belén, José María Izazaga, San Pablo, Carretones. En la actualidad, a la Línea 1 se le nombra “la rosa”, presenta dos tramos construidos posteriormente; Observatorio-Chapultepec y Zaragoza-Pantitlán.

**Línea 2.** Fue inaugurada el 1 de agosto de 1970, en su trayectoria original recorría 17.4 km, desde la estación Tacuba hasta la de Taxqueña y se construyó con dos tipos de sistemas: en el tramo comprendido entre la estación Tacuba-estación Pino Suárez en dirección norte-sur, fue construido de forma subterránea por las condiciones de estrechez de las calles en la ruta y la calidad de suelo de alta compresibilidad y alto contenido de agua; en el tramo comprendido desde la estación Pino Suárez hasta estación Taxqueña, en dirección oriente-poniente fue construido con el sistema superficial sobre la Calzada de Tlalpan debido a que su amplitud era la suficiente como para permitir su trazo sin mayores afectaciones a la vialidad. En este último tramo del proyecto, se aprovechó el trazo de la ruta histórica del “tranvía de mulitas”, inaugurado en 1891, que corría de la plaza del Zócalo hacia el centro histórico del pueblo de Tlalpan, después, en la década de los treinta fue renovada en su sistema para uso de tranvías eléctricos (Figura 1).



Figura 1. Ruta del “tranvía de mulitas” sobre la calzada de Tlalpan en la década de los setenta. Fuente: Metronomía. <https://m.facebook.com/photo/?fbid=563651632454584&set=a.197068675779550>

**Línea 3.** Inaugurada el 20 de noviembre de 1970, fue la más corta en ese tiempo, porque apenas recorría 5.44 km de longitud de dirección norte-sur, con siete estaciones en su trazo original se construyó solamente con el sistema constructivo de tipo subterráneo, tuvo una trayectoria original de estación Tlatelolco a estación Hospital General con dirección norte-sur, de

5.44 km de longitud y 7 estaciones bajo las avenidas Insurgentes Norte Zarco, Balderas, y Niños Héroes. En años posteriores le fueron añadidos los siguientes tramos que conforman la línea actual, Tlatelolco- La Raza, La Raza- Indios Verdes, Hospital General-Centro Médico y Centro Médico-Zapata.

### Sistemas estructurales para las líneas 1, 2 y 3

Las rutas de circulación de las 3 líneas tenían características urbanas y condiciones geotécnicas de muy variadas circunstancias; ancho de las calles en ocasiones reducidos, curvas de nivel con cierta variabilidad, suelos poco consistentes y alto contenido de agua, saturación de instalaciones municipales en el área de trazo, entre otras causas., provocando que fueran factor determinante para el diseño ejecutivo final.

Para resolver estas condiciones físicas y urbanas tan variantes, las tres líneas fueron resueltas en su diseño mediante dos tipos de sistemas estructurales; el llamado “superficial” (véase Figura 2) y el de “cajón a cielo abierto” (véase Figura 3).

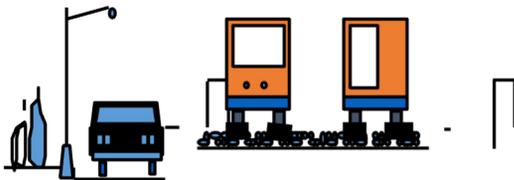


Figura 2. Sistema superficial. Fuente: Elaboración propia.

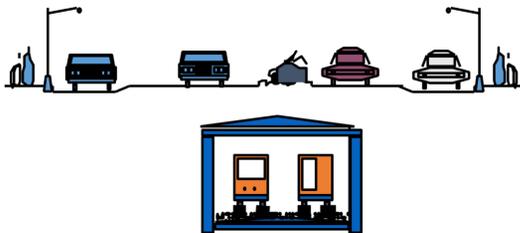


Figura 3. Sistema de cajón a cielo abierto  
Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que a las líneas construidas posterior a las 1,2 y 3 se les sumaron dos sistemas estructurales más; el sistema “aéreo” (véase Figura 4) y el sistema “por tuneleo”(véase Figura 5), siendo estos cuatro los que sustentan a toda la red del Metro actualmente.



Figura 4. Sistema aéreo. Fuente: Elaboración propia.

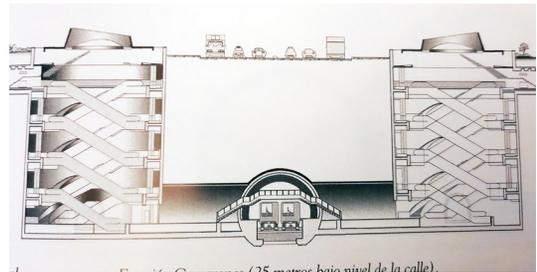


Figura 5. Sistema subterráneo. Fuente: Borja (1997).

Por motivos de amplitud de esta investigación y debido a que en las tres primeras líneas fueron aplicados solamente los dos primeros sistemas estructurales, nos enfocaremos en este análisis solamente en los dos primeros el “superficial” y el “cajón a Cielo Abierto”.

### El sistema superficial

De las primeras tres líneas que se construyeron, solamente en la Línea 2 fue utilizado el sistema superficial; éste corre sobre la calzada de Tlalpan entre las estaciones de San Antonio Abad y Taxqueña. Como ya se mencionó, en el diseño de la ruta, se utilizó el derecho de vía que tenía el tranvía eléctrico que corría por esta importante avenida desde finales del siglo XIX, aprovechando que se tenía el espacio suficiente en el camellón central para la construcción del sistema elec-

tromecánico de rodamiento de los trenes y, por consecuencia, el paso de los vagones y la de las estaciones.

Por estas condiciones, el tramo superficial de la Línea 2 fue el sistema más económico y rápido de realizar en ese tiempo, porque para la ubicación de las líneas ferro-neumáticas y para el paso de los trenes no fue necesario aplicar tecnologías de refuerzo estructural complejas ni maquinaria o equipos de dimensiones mayores o de remover instalaciones municipales existentes en la zona.

La construcción de las instalaciones para el paso de las vías ferro-neumáticas se realizó mediante los siguientes pasos:

- Desmontaje y demolición de las instalaciones del paso de los tranvías existentes
- Excavación en caja con maquinaria ligera y extracción de la zona de obra del material suelo resultante.
- Rellenos compactados de material suelo mejorado, para resistir las mayores cargas que presenta el paso de los vagones del metro.
- Colocación de losa de concreto armado
- Colocación de balasto, durmientes y rieles para el paso de los trenes
- Construcción de parapetos a lo largo de la ruta para ubicar arriba de piso las instalaciones electromecánicas (véase Figura 6).



Figura 6. Esquema del paso de las vías ferro-neumáticas. Fuente: (Borja, 1997).

Es necesario mencionar que las estaciones se construyeron a los costados de la avenida, dejando la conexión con los andenes de abordaje mediante puentes que cruzan los carriles centrales de la calzada de Tlalpan, en ambos sentidos.

### Sistema cajón a cielo abierto

Este sistema tuvo aplicación en la Línea 1, la Línea 2 y la Línea 3, el cual consiste en un procedimiento que para ese momento histórico era considerado como de tecnología de punta, debido a que su método de construcción, la maquinaria y el equipo utilizado eran en algunos casos de importación, y el personal técnico y la mano de obra requirió de capacitación por parte de las empresas francesas para su aplicación.

Con el sistema de cajón a cielo abierto, la ingeniería civil y la arquitectura mexicana del momento resolvió

muchas de las circunstancias desfavorables para la construcción del Sistema Metro. La errática traza urbana de algunas zonas de la mancha urbana de la Ciudad de México, las geológicas que repercuten en la mala calidad del suelo donde se desplanta una muy importante cantidad de las edificaciones construidas en la ciudad, el hundimiento constante y acelerado del suelo en la zona del lago debido a la extracción del agua del subsuelo y las condiciones de alta sismicidad de lo que fue el Distrito Federal y que hoy es la Ciudad de México fueron determinantes para la construcción arquitectónica.

A todas estas condiciones desfavorables se le pudo dar solución con el llamado sistema de cajón porque su diseño estructural y las tecnologías constructivas innovadoras son lo más adecuadas para resistirlas.

La propuesta de diseño se fundamenta en dos conceptos estructurales: *el primero llamado muro Milán*, que es un sistema constructivo, innovador para esa época, con doble función, primero como muro pantalla impermeable durante la excavación del núcleo y posteriormente como elemento estructural de todo el cajón construido; *el segundo concepto con el criterio de cimentación denominado “por flotación”* es un sistema que ya había sido aplicado en otros edificios de la Ciudad como “El Moro” o el actualmente Banco Central.

### Muro Milán

El primer fundamento estructural es el muro Milán que, desde su implementación como sistema constructivo en el Metro, se ha consolidado como un notable partaguas para la construcción arquitectónica mexicana, porque ha resuelto en obras subterráneas las dificultades que presentan las desfavorables condiciones de suelo de la ciudad capital. Edificaciones tan relevantes, que fueron construidas posteriormente a la construcción de las primeras Líneas del Metro, como las “torres” Reforma, BBVA, Chapultepec Uno y Mayor, entre otras, dan constancia viva de sus beneficios como sistema constructivo.

Muro Milán se describe como una pared tabla-estacada de concreto armado que utiliza los parapetos del suelo excavado como el molde regulador de su volumen, de sus dimensiones y de su geometría, otorgando ventajas estructurales de resistencia a la compresión, resistencia a las fuerzas axiales provocadas por la presión del suelo y los sismos, así como elemento rígido e impermeable ante la penetración del agua contenida en la tierra.

Cabe señalar que desde su introducción a México, éste fue llamado muro Milán, aunque actualmente se le conoce como “muro pantalla”, porque en su evolución como componente estructural de sentido vertical se ha ido modificando en sus objetivos estructurales y las aplicaciones se han diversificado en la construcción mexicana, principalmente para las obras subterráneas que se necesitan para construir las cimentaciones profundas de los edificios altos. En su aplicación en las líneas del metro, tiene la función de contener los empu-

jes del suelo durante el procedimiento de excavación, para posteriormente integrarse al cuerpo estructural definitivo del túnel de paso del tren y en su caso de las estaciones.

El origen y el nombre de muro Milán se encuentra en esa ciudad italiana en la década de los cincuenta del siglo anterior (Schmitter, 2019), precisamente durante la búsqueda de un componente estructural que facilitara las labores del vaciado del suelo durante la construcción del Metro de esa ciudad. Como se sabe el suelo de la ciudad de México es de características poco apropiadas para la edificación arquitectónica de gran tonelaje por su alto contenido de agua y poca resistencia a la compresión, debido a que está conformado principalmente por arcillas, limos y arenas saturadas que representan gran dificultad al momento de su excavación.

Debido a las dificultades para la excavación durante la construcción del Metro de la ciudad de Milán los ingenieros Veder y Marconi desarrollaron la técnica del muro Milán introduciendo en la zanja excavada lodo bentónico como componente estabilizador de sus paredes (véase Figuras 7).

El lodo bentónico es una mezcla de agua con un producto cementante industrializado llamado bentonita, que es básicamente una arcilla con hierro, que no pierde estabilidad o consistencia al contacto con el componente acuoso del suelo durante la excavación (véase Figura 8).

Una vez estabilizada con el lodo bentónico la zanja excavada, se procede a introducirle el acero de refuerzo mediante equipo, maquinaria y mano de obra especializada, que normalmente es con doble parrilla y varilla de diámetros mayores a 5/8 (véase Figura 9).

En el siguiente paso del procedimiento, se empieza a vaciar el concreto premezclado con el equipo y la mano de obra especializada al interior de la zanja, teniendo la precaución de ir extrayendo, al mismo tiempo que se vierte el concreto, la bentonita que aún se encuentra en la excavación (véase Figura 10).



Figura 7. Esquema de excavación. Fuente: (Borja, 1997) Fotografía de Tomás Sosa, 1985.



Figura 8. Esquema de excavación. Fuente: Elaboración propia y fotografía de Tomás Sosa, 1985.

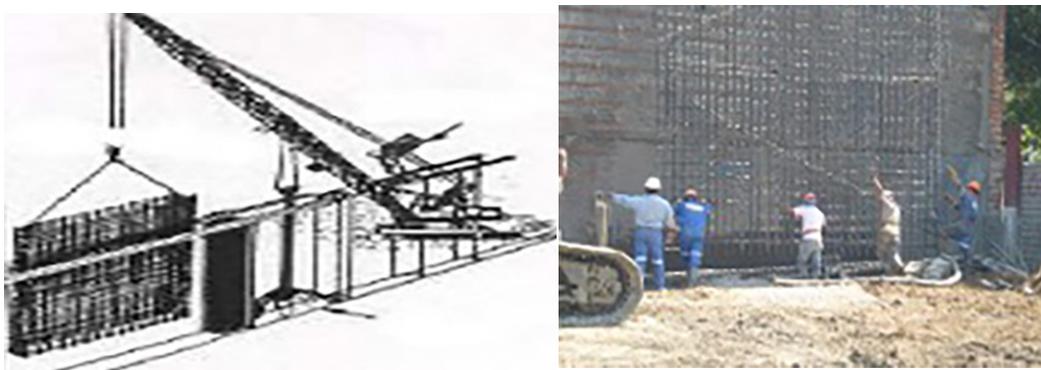


Figura 9. Esquema colocación de acero. Fuente: Elaboración propia y fotografía de Tomás Sosa, 1985.



Figura 10. Diagrama de desalojo de bentonita.  
Fotografía de Tomás Sosa, 1985.

### Cimentación por flotación

El segundo fundamento estructural es el de la cimentación por flotación, sistema que pertenece al grupo de compensadas en la clasificación general de los sistemas basales de las estructuras (Lasso, 2019), cuya teoría de trabajo consiste en reducir el incremento neto de carga aplicado al subsuelo mediante excavaciones del terreno y el uso de un cajón de concreto desplazado a cierta profundidad; es decir, lo que se busca es sustituir la carga total generada por el edificio diseñado por el peso del material suelo por excavar.-

Una condición obligada para el correcto funcionamiento de este tipo de sistemas de base es que el cajón estructural construido tenga propiedades impermeables que impidan la penetración a su interior el agua contenida en el suelo y la generada por la lluvia. Si se considera que el subsuelo de la Ciudad de México, en un gran porcentaje de su superficie, está saturado o sobresaturado, es decir el contenido de líquidos en el material suelo sobrepasa a los sólidos por arriba de 300% en promedio, el problema se resuelve con el *cajón estructural*.

Estos argumentos de orden tecnológico fueron los que impulsaron en el diseño del plan maestro del Metro el uso del sistema en los tramos de las Líneas que pasarían por las zonas de lago y de transición del área metropolitana.

El cajón de concreto consta de tres componentes estructurales: el muro Milán, la losa inferior y la losa superior, que unidos correctamente entre sí conforman un marco rígido; su construcción se inicia con la excavación del núcleo una vez colados los muros Milán en ambos lados a distancias no menores a 30 m, utilizando equipos pesados y con mano de obra especializada. Usualmente, se utilizan equipos tipo draga con almeja libre, desalojando el material suelo mediante camiones de volteo. Durante el proceso, es necesario apuntalar los muros Milán con troqueles para evitar que los empujes laterales puedan desplazarlos de su eje (véanse Figuras 11a y 11b).



Figura 11a. Apuntalamiento del Muro Milán.  
Fotografías de Tomás Sosa, 1985.



Figura 11b. Apuntalamiento del Muro Milán.  
Fotografías de Tomás Sosa, 1985.

La excavación se ejecuta hasta el nivel indicado en el proyecto para ese tramo de la obra, con el fin de proporcionar la superficie adecuada para la construcción de la losa inferior del cajón, cota donde se desplanta con concreto armado la losa inferior, teniendo especial atención de unir el armado del muro con el de la propia losa. Se destaca que es en esta losa en donde se tiene que empezar, en primera instancia, a compensar peso de suelo por peso de concreto, por lo tanto, la losa inferior siempre es de espesores considerables, del orden de 60 cm (véase Figura 12).

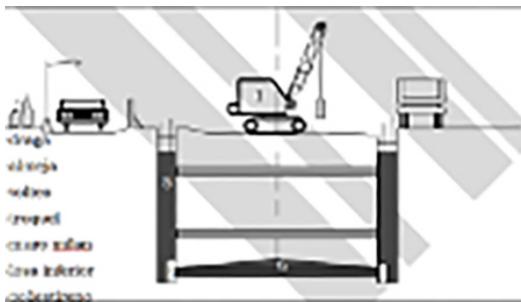


Figura 12. Construcción losa inferior.  
Fuente: Elaboración propia.

La losa tapa del cajón se construye con un sistema de construcción mixto, con componentes prefabricados en una planta industrial y con concreto colado en sitio; los elementos industrializados son del tipo modulares, enviados a la obra en transportes especializados, que mediante equipos de elevación de mediana capacidad se colocan sobre los muros Milán del cajón, los que han sido enrasados previamente para darles un apoyo uniforme. La losa superior se complementa con concreto colado en sitio que se vacía sobre los módulos prefabricados que actúan como la cimbra de la losa, habiendo unificado previamente el trabajo estructural del acero del muro Milán con el del módulo prefabricado y el del concreto (véanse Figuras 13a y 13b).

Al igual que la losa inferior, la superior actúa para compensar el peso del suelo, por lo tanto en esta primeras líneas sus espesores fueron variables, en rangos de 1.20 a 1.60 metros.



Figura 13a. Construcción losa inferior.  
Fotografía: Tomás Sosa, 1985.



Figura 13a. Construcción losa superior.  
Fotografía: Tomás Sosa, 1985.

Para la construcción de las primeras Líneas de la Red, el cajón se diseñó como una estructura rectangular que trabaja como marco estructural, con las siguientes dimensiones:

- Distancia interior entre los muros Milán en tramos rectos 6.90 m
- Distancia interior entre los muros Milán en tramos curvos es variable según el radio del trazo, siendo 7.10 m como promedio.
- Distancia interior entre la losa superior y la inferior de 4.80 m

Una vez construido el cajón estructural el sistema cumple su objetivo de trabajar como una cimentación por sustitución cuando se enrasa con rellenos de ma-

terial mejorado y compactado a nivel de proyecto para restituir la vialidad (véase Figura 14).

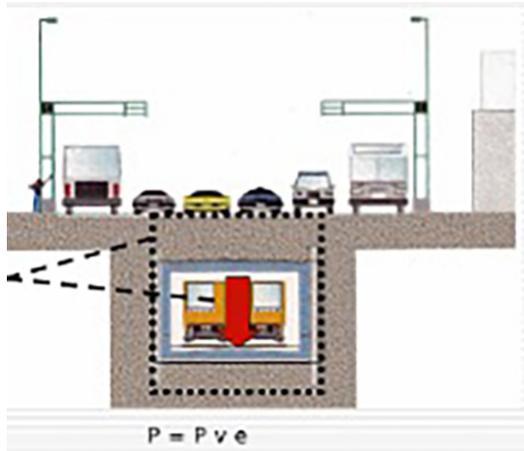


Figura 14. Cajón terminado. Fuente: Elaboración propia.

han demostrado su capacidad resistente, al haber sufrido solamente daños menores.

Igualmente ha tenido reacciones muy favorables ante las continuas depresiones que tienen las zonas urbanas por donde se encuentra su trazo, al no presentar hundimientos diferenciados significativos con los de la ciudad en su conjunto.

## Conclusiones

A lo largo de 50 años del inicio de construcción del Metro de la Ciudad de México, se ha demostrado su eficacia como medio urbano de transporte colectivo, ya que según estadísticas el Sistema capta altos números de pasajeros por día, en promedio, por ejemplo, en 2006 fueron 3.9 millones, superando a los sistemas de Moscú y Tokio. Igualmente, en el presente año ocupa el nivel 5 en cuanto a la extensión de la red.

Tal vez el mayor mérito por destacar del Metro de la Ciudad de México, a lo largo de este periodo, es lo relevante de su diseño, considerando sobre todo las condiciones adversas que presenta la construcción arquitectónica y civil: zona de alta sismicidad, condiciones de suelo de alta compresibilidad y con agua abundante dentro de su constitución; igualmente, ha tenido reacciones muy favorables ante las continuas depresiones que tienen las zonas urbanas por donde se encuentra su trazo, al no presentar hundimientos diferenciados significativos con los de la ciudad en su conjunto.

Durante los eventos sísmicos de 1985 y 2017, los sistemas estructurales con que ha sido construida la Red

## Referencias

- Borja, A. (1997). *Treinta años de hacer metro ciudad de México*. Editorial ICA.
- INEGI (2018). *Estadística de transporte urbano de pasajeros. Cifras VIII Censo General de Población. Dirección General de Estadística* <https://puntos-infonavit.com.mx/mexico/economia-en-los-anos-60-en-mexico/>
- Lasso, R. (2019). Criterios de diseño y sistema constructivo del metro. *En: 50 años del metro edición conmemorativa*. México: Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica A. C.
- Sabau, P. (1995). *Política económica del México contemporáneo 1940-1990*. [Video] <https://puntos-infonavit.com.mx/mexico/economia-en-los-anos-60-en-mexico/>
- Sistema de Transporte Colectivo de la CDMX (2018). *Plan Maestro del Metro 2018-2030*. [Archivo PDF] [https://metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Metro%20Acerca%20de/Mas%20informacion/planmaestro18\\_30.pdf](https://metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Metro%20Acerca%20de/Mas%20informacion/planmaestro18_30.pdf)
- Schmitter J. (2019). *Primeras investigaciones para la selección de su procedimiento constructivo*. *En 50 años del metro edición conmemorativa*. México: Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica A. C.
- Vázquez, S. (2005). Manual para la construcción del cajón del metro de la ciudad de México. UNAM. [Tesis de licenciatura Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ptb2005/01121/0341769/Index.html>