



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**"PLANEACIÓN GENERAL DE LA LÍNEA 12 DEL METRO EN  
LA CIUDAD DE MÉXICO"**

**TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:

***ROBERTO REFUGIO URIBE TORRES***



DIRECTOR DE TESIS: M. en I. SERGIO MACUIL ROBLES

MÉXICO D. F.

2009

## DEDICATORIA

*A mis padres: Ramón Uribe León y Bertha Leonila Torres  
Morales, que sin lugar a duda sin su inmenso apoyo y  
cuantiosa ayuda no hubiese podido alcanzar este logro.  
Gracias por estar presentes.*

*Roberto R. Uribe.*

## **AGRADECIMIENTOS**

En primera instancia a la Universidad Nacional Autónoma de México en especial a la Facultad de Ingeniería que me permitió continuar capacitándome.

A mis hermanos que en ellos me apoye respondiendo de la mejor manera para haber logrado lo que hasta ahora he obtenido.

A todos los profesores que tuve a lo largo de la carrera por ser quienes me tuvieron confianza, orientaron, apoyaron y transmitieron sus conocimientos.

Al director de tesis y los sinodales por brindarme su valioso tiempo.

## CONTENIDO

	Dedicatoria.....	I
	Agradecimientos.....	II
	Lista de figuras.....	III
	Lista de tablas.....	IV
	INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I ANTECEDENTES</b>		
1.1.	Importancia de la Planeación en Proyectos de Infraestructura.....	4
1.1.1.	Ventajas y Desventajas de la Planeación.....	5
1.1.2.	Importancia de acuerdo a los propósitos.....	7
1.2.	Etapas de la Planeación en Proyectos de Infraestructura de Transporte.....	8
1.2.1	Elementos que intervienen en la planeación.....	10
	a) El derecho del Transporte.....	10
	b) Factores humanos y económicos.....	11
	c) Factores Tecnológicos y del Medio Ambiente.....	12
1.2.2.	Proceso de planeación de los transportes “El Transporte como Sistema”.....	13
1.2.3.	Objetivos.....	16
	a) Clasificación de los Objetivos.....	17
	b) Objetivos de los Proyectos.....	18



1.2.4.	Recopilación de Información.....	19
	a) Información Histórica.....	19
	b) Información sobre la Oferta de Transporte.....	20
	c) Información de la Demanda de Transporte.....	20
1.2.5.	Predicción de la Demanda.....	22
1.3.	Plan Maestro del Metro de la Ciudad de México.....	23
1.4.	Importancia del Sistema de Transporte Metro en la Ciudad de México.....	28

## CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO LÍNEA 12 DEL METRO

2.1.	Descripción del Proyecto.....	30
2.1.1.	Talleres Tláhuac.....	31
2.1.2.	Estaciones.....	33
	a) Estaciones de Paso.....	35
	b) Estaciones de Correspondencia.....	37
	c) Estaciones Terminales.....	37
2.1.3.	Señalamiento.....	39
2.1.4.	Trazo.....	39
2.1.5.	Proyecto Operativo.....	40
2.2.	Estructura Organizacional del Consorcio.....	43
2.2.1.	Ingenieros Civiles Asociados de S.A. de C.V.....	43
2.2.2.	ALSTOM.....	44
2.2.3.	Grupo CARSO.....	45

2.2.4.	Áreas y/ó Departamentos.....	46
2.2.5.	Organización.....	47

**CAPÍTULO III PLANEACIÓN GENERAL DE LA LÍNEA 12 DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

3.1.	Ingeniería.....	49
3.1.1.	Ingeniería Básica.....	51
	a) Planos.....	52
3.1.2.	Ingeniería a Detalle.....	52
3.2.	Construcción.....	58
3.2.1.	Construcción Superficial.....	59
3.2.2.	Construcción Elevada.....	61
3.2.3.	Construcción Subterránea.....	63
3.2.4.	Construcción Subterránea con Túnel.....	68
3.3.	Procuración.....	72
3.3.1.	Procedimiento de Procuración.....	76
3.4.	Puesta en Operación.....	80
3.4.1.	Pruebas.....	80

**CAPÍTULO IV CONCLUSIONES**

CONCLUSIONES.....	82
BIBLIOGRAFÍA.....	84
ANEXOS I.....	85
ANEXOS II.....	86

## LISTA DE FIGURAS

Figura. 1.2.1.	Calibración de Información.....	9
Figura. 1.2.2.	Forma simplificada de ver el transporte y actividades..	14
Figura. 1.2.3.	Proceso esquemático de inversiones necesarias de infraestructura, de equipo y análisis económico.....	16
Figura. 2.2.1.	Diagrama de flujo para la organización (Esquema de Trabajo).....	47
Figura. 2.2.2.	Diagrama de flujo para la organización (Flujo de Información).....	48
Figura. 3.2.1.	Se visualiza la cimentación para tramo y por otra parte la de la estación con andén.....	60
Figura. 3.2.2.	Se visualiza el conjunto de la estación.....	61
Figura. 3.2.3.	Se muestra la perforación colocación del acero y colado de las pilas y la excavación, colocado del armado y colado del cajón de cimentación.....	62
Figura. 3.2.4.	Se observa la estructura, una sección de dovela y el montaje de la viga lanzadora.....	63
Figura. 3.2.5.	Trinchera corta con brocales y excavación de trinchera para alojar el muro Milán.....	64
Figura. 3.2.6.	Colocación de acero y colado del muro Milán.....	65
Figura. 3.2.7.	Excavación del núcleo y fabricación de losa, muros y tabletas.....	65
Figura. 3.2.8.	Se observa una proyección de la estación insurgentes la cual se tendría que construir con el método TOP-DOWN.....	66

Figura. 3.2.9.	Proceso de construcción de estación a cielo abierto y proyección de ella.....	67
Figura. 3.2.10.	Escudo y sus componentes.....	68
Figura. 3.2.11.	Vistas del escudo.....	69
Figura. 3.2.12.	Extracción de material.....	70
Figura. 3.2.13.	Elemento dovela y montaje de ésta.....	71
Figura.3.3.1.	Flujo operativo de compras.....	72
Figura.3.3.2.	Flujo operativo subcontratos.....	73
Figura. 3.3.3.	Organigrama de Procuración.....	78

## LISTA DE TABLAS

Tabla. 1.3.1.	Tramos del metro inaugurados a la fecha.....	24
Tabla. 1.3.2.	Comparativa entre el tipo de vehículo, capacidad, y velocidad media.....	25
Tabla. 1.3.3.	Tramos que abarcan las líneas según el plan maestro oficial.....	27
Tabla. 2.1.1.	Características operativas de la línea, de acuerdo a los análisis operativos.....	41
Tabla 2.1.2.	Características operativas de la línea, de acuerdo a los tiempos de paradas y recorridos.....	42
Tabla. 2.2.1.	Proyectos de infraestructura del Grupo CARSO.....	45
Tabla. 3.1.1.	Sub partidas del Proyecto Ejecutivo.....	53
Tabla 3.3.1.	Procedimiento para llevar a cabo la administración de bienes.....	76

## INTRODUCCIÓN

El surgimiento de nuevos asentamientos alrededor de la Ciudad de México y zona metropolitana propicia que allá mayor afluencia de personas hacia el centro y periferias del distrito Federal por ello el Gobierno del Distrito Federal convocó a todos los interesados en participar en la licitación pública internacional: relativa a: proyecto integral a precio alzado y tiempo determinado para la construcción de la línea 12 Tláhuac – Mixcoac del sistema de transporte colectivo (metro) comprendiendo los estudios y análisis necesarios; anteproyectos; proyectos ejecutivos; construcción; suministro, transporte e instalación de los materiales, equipos y sistemas electromecánicos, pruebas estáticas y dinámicas, marcha en vacío y puesta en servicio, estudios, documentación, capacitación y mantenimiento durante el año de la garantía de los equipos y sistemas electromecánicos. Teniendo como terminación final en las zonas de intertramos y estaciones subterráneas hasta el nivel de cajón impermeabilizado.

Esta tesis se desarrolla en 3 capítulos. El primer capítulo contiene La Importancia de la Planeación en Proyectos de Infraestructura, es un tema donde se resalta del porque planear, y así incentivar su aplicación, se trata de impulsar el alza de proyectos de infraestructura que pueda ayudar tanto al Distrito Federal como a los estados de la República Mexicana, para adquirir mayor desarrollo en nuestro país y salir del estanco en cuanto a infraestructura y por ende otras actividades tendrán mayor auge dentro de nuestro entorno. Con relación al tema Etapas de la Planeación en Proyectos de Infraestructura de Transporte se hace referencia al esquema con el cual se procede para realizar la Planeación de un Proyecto de Infraestructura con el objeto de obtener un trabajo de calidad con los requisitos necesarios para llevar el seguimiento de la ejecución de las actividades involucradas dentro de los periodos proyectados.

En el tema Plan Maestro del Metro de la Ciudad de México, se hace referencia a quienes fueron los impulsores de la construcción del metro, cuyo fin fue construir un transporte capaz de brindar un servicio masivo a las diferentes zonas de la Ciudad de México, como también planear líneas futuras para seguir brindando el

servicio, ya que la demanda va en aumento producto del crecimiento demográfico y por los asentamientos más dispersos dentro del Distrito Federal y de la Zona Metropolitana. Y como tema subsecuente se encuentra la Importancia del Sistema de Transporte Metro en la Ciudad de México siendo que este tipo de sistema de transporte opera los 365 días del año. Asimismo es el medio de transporte más rápido y económico, asegurando el recorrido de los trayectos más largos además de dar a conocer con que otro tipo de transporte se conecta para poder continuar con el recorrido dependiendo de las necesidades de cada persona.

En el segundo capítulo se describe de manera general el Proyecto de Línea Doce y su Estructura Organizacional del Consorcio. El primero ordena y menciona sus componentes que lo integran de una manera general como son talleres Tláhuac que alojarán diferentes tipos de naves y para poder mitigar el impacto ambiental se contará con una planta de tratamiento de aguas residuales, sus estaciones que éstas a su vez se dividen en las de paso, correspondencia y terminales, señalamiento, trazo y a que características operativas se encontrara trabajando, además mencionando a que delegaciones favorecerá. En el segundo se comienza con información independiente de cada una de las empresas que constituyen el consorcio posteriormente el cómo está constituida su participación dentro de él.

En el tercer tema se habla sobre la ingeniería básica que es la que nos proporciona un anteproyecto donde se realizan proyecciones de la obra que podrán tener o no modificaciones drásticas y a partir de ellas se obtendrán los proyectos que corresponde a la ingeniería a detalle quedando asentada en los planos que se revisarán y autorizarán por el cliente y la supervisión para así envían directamente al área de obra para iniciar con su construcción. Después de lo anterior se inicia el tema de construcción en el cual se hace referencia a los métodos de construcción y sus procedimientos para ejecutar cada parte de la línea que son primeramente el superficial, elevado, subterráneo y subterráneo túnel, al igual que sus estaciones. En el tema procuración se proporciona el procedimiento para poder llevar a cabo la adquisición de los bienes y servicios que sean empleados en la línea 12 finalizando con el tema puesta en operación en donde

se menciona cuando comenzará a dar servicio a los usuarios ya que primero pasa por una serie de pruebas. Por último se podrán consultar las conclusiones y las bibliografías.



## I. ANTECEDENTES

### 1.1. IMPORTANCIA DE LA PLANEACIÓN EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA

La planeación induce al análisis sistemático y riguroso del ámbito interno de los proyectos de infraestructura a fin de minimizar o eliminar debilidades y amenazas, potenciar las fortalezas y aprovechar las oportunidades del medio. Lo anterior permite a una gerencia mantener el máximo control posible sobre el destino de la empresa en un mundo dinámico. La importancia no solo radica en planear sino también realizar en forma ordenada un amplio número de actividades que a su vez implican el uso de recursos humanos, materiales y financieros.

La planeación es la mejor forma de lograr objetivos que se han propuesto ya que de otra manera sería difícil obtenerlos. Siendo está un instrumento que permite elegir las mejores opciones y así fijar correctamente el curso concreto del proyecto y para ello se debe elaborar el programa de trabajo que deberá considerar cuatro elementos siendo estos:

- ❖ Las políticas. Normas generales que le servirán para orientar la acción: por ejemplo, utilizar encuestadores profesionales en la investigación de campo.
- ❖ Los procedimientos. Secuencia cronológica de pasos para lograr un objetivo; por ejemplo, el procedimiento que se siguió para elegir el tema del proyecto.
- ❖ Los programas. Secuencia cronológica de pasos para lograr un objetivo, donde la variable fundamental es el tiempo; por ejemplo, programa de obra.
- ❖ Los presupuestos. Estimación cuantitativa de los pasos de un programa; por ejemplo, costos directos.

Dado lo anterior, la planeación adecuada y ordenada nos permite garantizar el éxito de los objetivos que se han visualizado y plasmado, para cualquier actividad que se ha programado en un intervalo de fechas, estas fechas distribuidas a lo largo de la duración total del proyecto.

### **1.1.1. Ventajas y Desventajas de la Planeación.**

Hablar de ventajas y desventajas de la planeación dentro un proyecto de infraestructura, nos da la pauta para poder entender su importancia y del por qué no evadirla. Con la ayuda de la planeación podemos tener ventajas como ver si nos hemos desviado de nuestra línea de acción, entonces se podrá redefinir el rumbo de nuestra institución, propiciar si es necesario una transformación en la cultura organizacional. Otra ventaja es que nos proporciona sinergia y por lo tanto un compromiso grupal, además evaluar el desempeño institucional, lo anterior en cuanto al cuerpo de la empresa, por parte del proyecto nos permite adecuar la distribución de los recursos humanos, materiales y financieros, por otra parte nos podrá mostrar los aspectos en donde se requiere inmediata y mayor atención esto para evitar más desvíos en el.

Con la planeación además de lo anterior se logra, evitar la tendencia a que las cosas sigan su curso sin tomar medidas apropiadas además de proporcionar esperanzas y estímulos para lograr mejores metas y así proporcionar la mejor y correcta solución.

La empresa puede alcanzar el buen éxito si cuenta con una administración competente. Por lo tanto se debe planear las actividades que permitan alcanzar los resultados deseados. Entendiendo que la eficiencia nos da del resultado del orden que empleemos que no puede venir del acaso, ni de la improvisación, debemos introducirnos a un esquema de trabajo integro, así como en la parte dinámica lo central es estar dirigiendo, en la parte mecánica es la organización y para mejor desempeño ambas acciones deben coordinarse de manera simultánea.

Se hace énfasis que la planeación es una función fundamental del proceso administrativo y que es básica para las otras funciones administrativas, es decir para la Organización, Dirección y Control. Con la previa determinación de las actividades por medio de la planeación, tendremos a quien organizar, a quien dirigir y a quien controlar, para llevar con proceso con mejores expectativas de progreso.

La planeación permite elaborar un patrón o modelo completo de trabajo a realizar, además suministra las bases sobre las cuales obrarán las otras funciones directivas. Así pues es necesario tener en cuenta dos grandes elementos:

- ❖ El Futuro. Ya que nuestro proyecto se encuentra dentro de un periodo desfasado del presente hacia un lapso de tiempo posterior.
- ❖ La relación entre las metas finales y la manera de obtenerlas. Para éstas se elaboraran objetivos que funcionan como enlaces y aparte el cómo deseamos que quede integrado nuestro proyecto de infraestructura.

Como desventajas dentro de nuestra planeación podemos tener que estará bajo un poco de incertidumbre.

De lo anterior podemos mencionar que en el proceso administrativo se debe emplear la planeación ya que es importante, porque es la base en donde se estructuran nuestras metas.

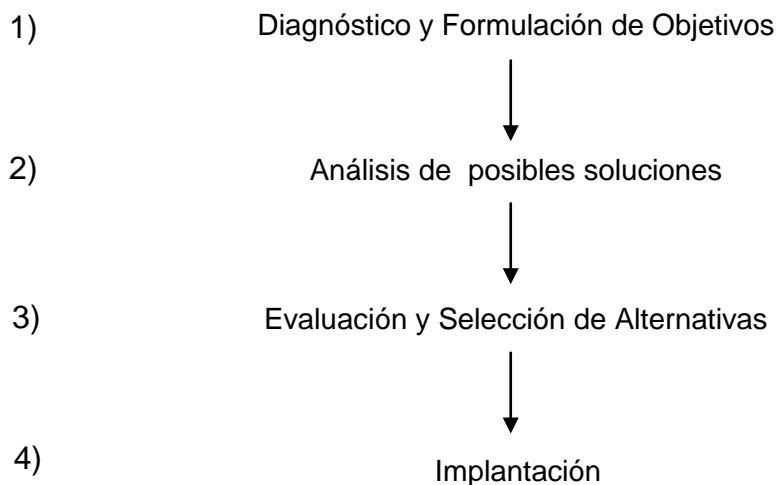
### **1.1.2. Importancia de acuerdo a los propósitos.**

- ❖ Determinar lo que debe hacerse ésta semana, éste mes ó éste año, para estar en una situación satisfactoria la semana próxima o durante la duración del proyecto y así garantizar la ruta que se ha trazado como base de nuestro programa de trabajo.
- ❖ La planeación intenta eliminar y mitigar los riesgos que pudieran surgir durante la ejecución de nuestro proyecto y así no tomar decisiones apresuradas en ese momento.
- ❖ La planeación intenta asegurar el uso efectivo de los recursos disponibles que conduzcan al logro de los objetivos más importantes que se encuentran en el proyecto.
- ❖ Desarrollar un programa que establezca un proceso como parte de una costumbre que nos lleve a una mejor competitividad dentro de nuestra área de trabajo.

Con los propósitos definidos se logran ventajas sobre aquellas empresas que no aplican planeación. Facilita el posicionamiento y competitividad empresarial y permite evaluar los logros alcanzados, además de que podemos evitar que nuestros costos se eleven hasta un 30 % del costo total del proyecto.

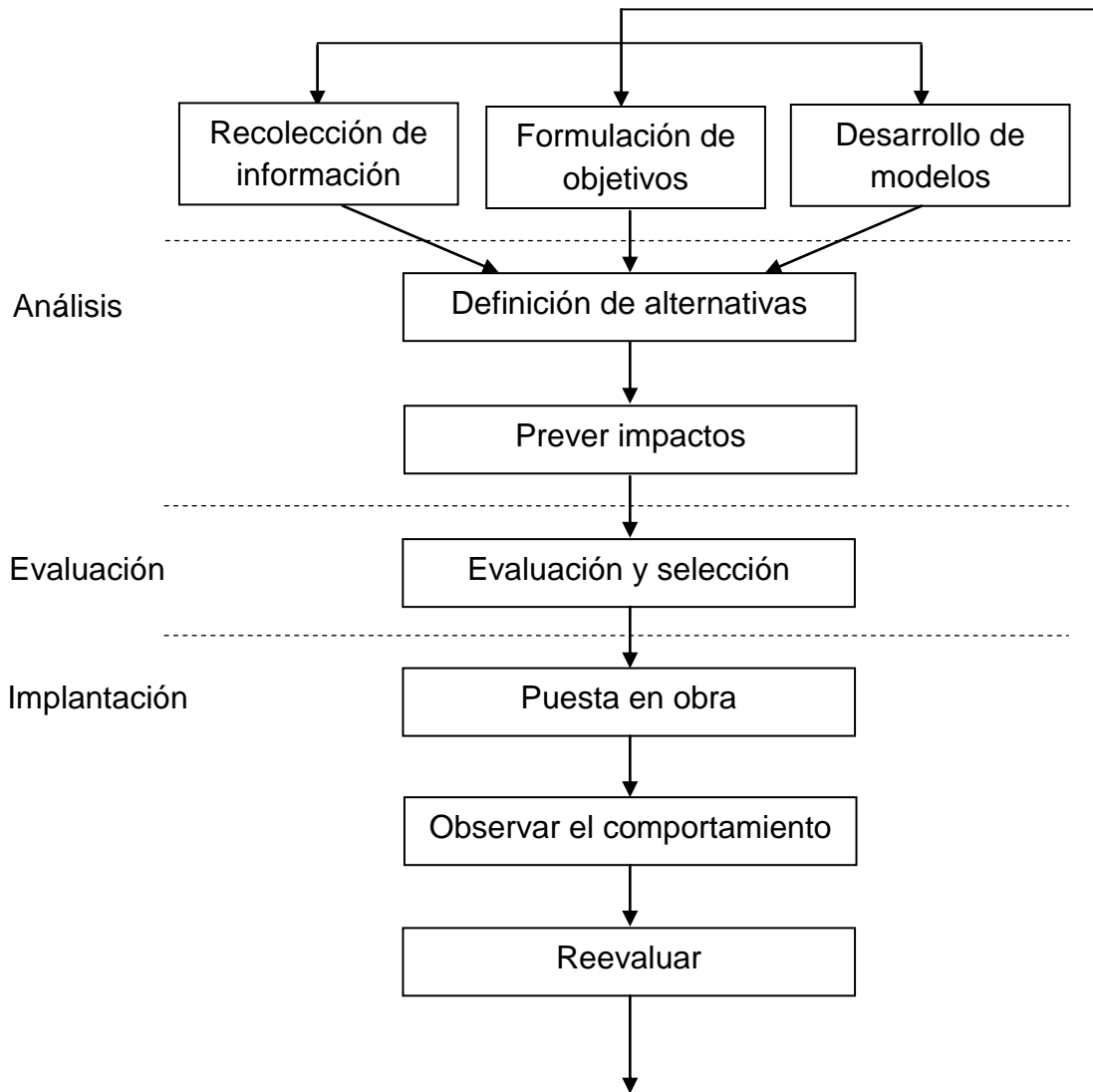
## 1.2. ETAPAS DE LA PLANEACIÓN EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE

La planeación de una ciudad o una región se realizan en cualquier periodo de tiempo, con la participación de grupos y organizaciones públicas y privadas, los cuales tendrán cada uno múltiples objetivos; por lo tanto se deben reunir para establecer un proceso que conduzca a objetivos en común, con alternativas adaptables a los cambios de una sociedad dinámica como la nuestra, previendo acontecimientos que pueda originar una desviación en nuestro proyecto en el cual se encuentra la infraestructura del transporte. Para así realizar la secuencia de un conjunto de actividades que se debe resumir en cuatro etapas siendo las que se mencionan a continuación:



La cantidad de recursos y tiempo necesarios para la realización de estas actividades, depende de la magnitud de los problemas a resolver, que conforme se precisan y detallan, requieren de una cantidad mayor de información. Con base a los datos recabados y un análisis cuidadoso, se calibran los efectos de las diferentes estrategias permitiendo modificar las alternativas de solución, creando un procedimiento continuo, el cual se indica a continuación en la figura. 1.2.1.:

## Diagnóstico y Formulación de Objetivos.



**Figura. 1.2.1. Calibración de Información.**

La planeación en proyectos de infraestructura de transporte permite estar en condiciones de tomar decisiones óptimas en la ejecución de la construcción de nuevas obras viales, a las mejoras de los sistemas de transporte existentes, la implementación de nuevos sistemas o bien definir sus formas de explotación y determinar donde y cuando deberán operar para lograr el mayor impacto al mayor número de beneficiarios. La utilización de planeación ha demostrado su eficacia,

justificándose en economías donde la existencia de recursos financieros es cada vez más crítica y se hace necesario utilizar los pocos recursos económicos de manera óptima y sostenida.

Uno de los propósitos básicos de la planificación de los transportes urbanos es mejorar las condiciones de flujo de personas y bienes, dentro de un contexto espacial y económico urbano global con el fin de que dicho tránsito se realice al menor costo posible en función de las economías de las zonas de estudio.

De manera general, la finalidad de la planeación se enfoca en desarrollar una secuencia de actividades establecidas, integrando planes y programas coordinados entre sí para alcanzar objetivos específicos a lo largo de un período determinado.

### **1.2.1. Elementos que intervienen en la planeación.**

#### **a) El derecho del Transporte.**

El concepto de derecho de transporte nace en Europa alrededor de los años setentas y es reforzado por grupos ecologistas en 1974. Este derecho se refiere a la posibilidad de que cualquier persona que habita en una ciudad pueda acceder a los sistemas de transporte en cualquier momento y hacia cualquier punto que elija.

Este principio de que cada habitante de una ciudad tenga acceso a los medios de transporte y pueda desplazarse, está ligado al concepto de accesibilidad pero aún esto queda impreciso debido a que se puede hablar tanto de accesibilidad mínima a ciertos puntos de la ciudad o una accesibilidad de todos al automóvil o al derecho de circular. Entenderemos por accesibilidad la facilidad de poder desplazarse o de transportarse de un lugar a otro en función de poder realizar alguna actividad ligada a un medio de transporte a determinado grupo de personas y a diversas horas del día. Uno de los medios que satisface estas necesidades es el automóvil y no se puede negar el lugar que ocupa dentro de las actividades de las ciudades ya que su influencia es decisiva por ejemplo en:

- ❖ Los grupos de poder, tales como las empresas automotrices, la industria alterna que esta genera, se tienen a las empresas petroleras, la publicidad y prensa.
- ❖ El punto de vista socioeconómico puesto que proporciona empleo a personas en talleres, estacionamientos, comercios, servicios, entre otras.
- ❖ Las empresas constructoras ya que se generan nuevas vías y caminos.
- ❖ El ámbito social en cuanto a la imagen, prestigio, rango social, libertad que conlleva.
- ❖ Y la posibilidad real de tener acceso a cualquier punto del territorio nacional.

Quien ayuda a planificar el transporte urbano pretende reducir el uso del automóvil y dar mayores facilidades a los transportes públicos. Puesto que algunos estudios en diferentes ciudades han demostrado que más de un 50% del total de la población de una ciudad no puede poseer un automóvil. En tanto se debe proveer este servicio para cualquier tipo de persona ya que tiene el derecho a desplazarse de sus lugares de origen, a su trabajo o esparcimiento y así poder realizar sus labores respectivas dentro del entorno en el cual estamos circunscritos.

#### **b) Factores humanos y económicos.**

Como se sabe, transportarse no es un fin por si solo; la gente no se desplaza por el simple gusto de viajar, sino que es una consecuencia para la realización de otra actividad que pueda ser el trabajo, la escuela, las compras, los negocios, las relaciones sociales. Entre los aspectos humanos que influyen para la planeación de los transportes públicos están:

- ❖ Número de personas actual a transportar. Se hace un conteo de personas de las zonas.
- ❖ Número de personas proyectadas a transportar. Se estima un número de personas que se adherirán para usar este transporte.
- ❖ Localización de los asentamientos de la población. Se establece a que lugares se va a proporcionar el servicio y se trata que se tenga la mayor captación de personas.



Entre los aspectos económicos que influyen para la planeación de los transportes públicos están:

- ❖ Costos de infraestructura. Se obtienen los costos de cada actividad del proyecto para obtener un total.
- ❖ Costos por su funcionamiento. Se estima el monto de acuerdo al plan de operación.
- ❖ Para el usuario. El costo que tendrá que pagar el pasajero.
- ❖ Para los transportistas. El costo para los operadores del transporte.
- ❖ Para las autoridades (aspectos fiscales y de regulación). Las autoridades principalmente a través de subsidios en las tarifas, en los combustibles, en los impuestos para la adquisición de nuevos equipos, entre otros.
- ❖ Costos de los energéticos. Los costos de los energéticos considerando el incremento de los precios de los combustibles.

Para realizar el diseño del sistema de transporte público de personas es de suma importancia considerar los factores, usuario y económico lo cual permitirá que las futuras generaciones puedan tener una mejor plataforma para emprender acciones para mejorar la calidad del servicio de transporte público en nuestras ciudades.

### **c) Factores Tecnológicos y del Medio Ambiente.**

La planeación debe hacerse también a largo plazo, por lo que las decisiones sobre las nuevas infraestructuras de transporte serán para dar el servicio varios años, de aquí que las investigaciones sobre la tecnología de los equipos juegan un papel importante que deberá ser tomado en cuenta dentro del proceso de planificación.

Se introduce entonces aquí un término denominado innovación, que implica tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ Que el producto sea factible técnicamente.
- ❖ Que su costo sea competitivo, que dé respuesta a la demanda de movilidad así como considerar las consecuencias previsibles en la organización.

- ❖ El desarrollo de las ciudades en caso de que se adopte y los obstáculos institucionales o psicológicos de su implantación.

Cada uno de estos puntos deberá verificarse, ya que corre el riesgo de proponer un producto que no sea nuevo.

Entre las características que se buscan con las innovaciones para los transportes urbanos se tienen:

- ❖ Su velocidad (principalmente en los centros urbanos).
- ❖ Su capacidad (relacionada con el espacio utilizado).
- ❖ Su economía (en la construcción de la infraestructura, en su operación y en los consumos de energéticos).
- ❖ Su comodidad (que puede verse de diferentes aspectos, desde el punto de vista del espacio asignado al usuario, los transbordos, los trayectos finales a pie, la frecuencia, el confort físico, la estética, la privacidad).
- ❖ Su impacto al medio ambiente físico y natural (polución del aire y ruido).
- ❖ Su seguridad.

De lo escrito con anterioridad algunos de esos aspectos se pueden extraer mediante visitas técnicas al sistema de transporte público de pasajeros existente en cualquier zona. No hay duda de que en el pasado hubo algunas que fueron eficientes; sin embargo, el crecimiento de la población, las dimensiones del área, los adelantos tecnológicos y otros factores, han rebasado los alcances previstos, y por lo tanto hay que emplear acciones efectivas que resuelvan con éxito este desafío. Para ello es necesario formar, preparar y capacitar personal, así como aprovechar la experiencia y conocimientos que existen alrededor de esta área.

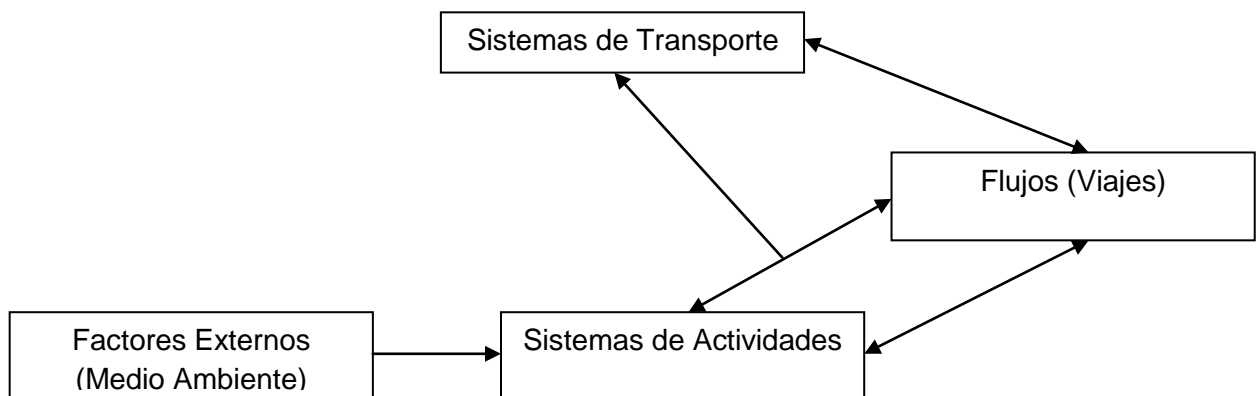
### **1.2.2. Proceso de planeación de los transportes “El Transporte como Sistema”.**

Un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí y encaminados hacia ciertos objetivos específicos y metas.

El caso del transporte urbano se puede definir como un sistema básico para el funcionamiento de una ciudad en donde su operación influye de manera directa en la eficiencia del conjunto de sus actividades y en la calidad de vida de sus habitantes. El transporte cumple el papel de conectar e integrar funciones que se desarrollan en diferentes lugares de una ciudad, mediante la movilización de personas y bienes, lo que permite la especialización de las actividades y los usos del suelo, aprovechando las ventajas de la aglomeración asociada con otras ciudades. De aquí que el papel del que planifica, el transporte, se enfoque generalmente a encauzar los esfuerzos de prestadores de servicio y autoridades para diseñar un sistema que logre la máxima integración o grado de ajuste, entre el sistema y su medio ambiente.

El análisis del sistema de transporte tiene por objeto conocer las interrelaciones complejas de los múltiples elementos encaminados a un mismo objetivo. Estos elementos pueden ser los vehículos, la infraestructura y las técnicas de explotación y operación.

La función de la oferta determina el nivel de servicio a partir del sistema de transporte. La función de la demanda determina el número de viajes a partir del conocimiento del sistema de actividades. Una forma simplificada de ver el transporte y al conjunto de actividades de una ciudad se representa en la siguiente figura 1.2.2.:



**Figura. 1.2.2. Forma simplificada de ver el transporte y actividades.**

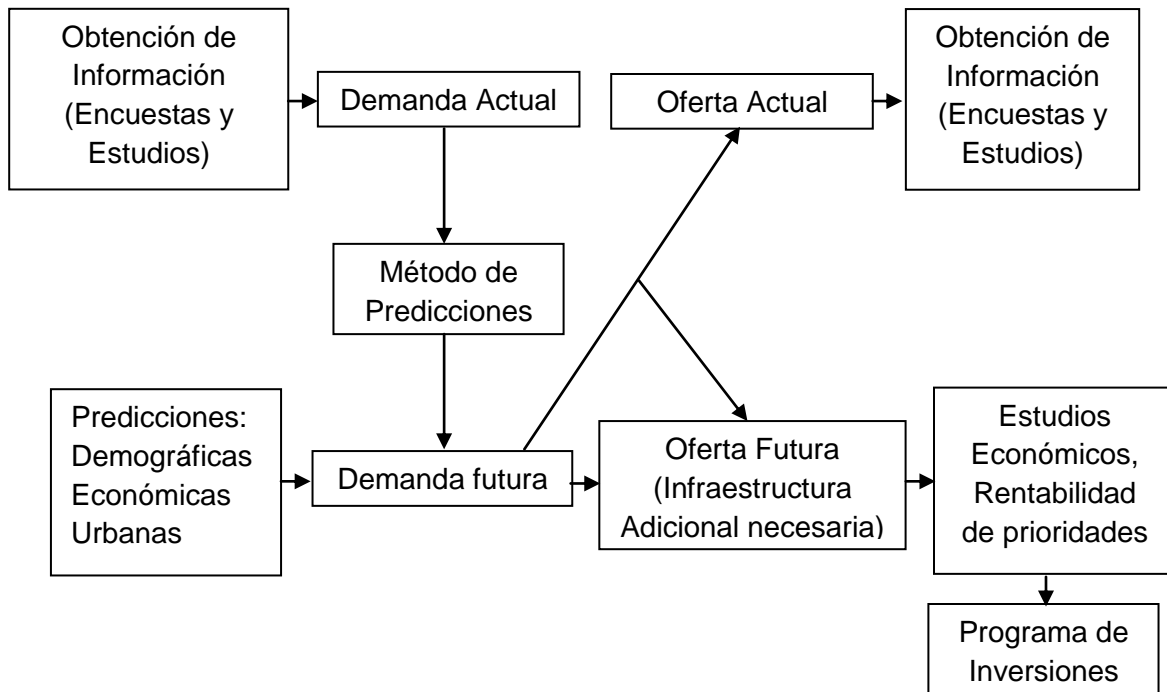
Los factores externos son el conjunto de componentes fuera del sistema que influyen en el comportamiento del sistema. Por su parte, el sistema de actividades incluye las funciones económicas y sociales que se desarrollan en una ciudad, mientras que los flujos están representados por volúmenes de pasajeros y cargas que se mueven entre los diferentes orígenes y destinos.

Al analizar la figura 1.2.2. Se deduce que:

- ❖ Los flujos son consecuencia de las interrelaciones entre los sistemas de transporte y las actividades.
- ❖ La operación del sistema de transporte afectará el desarrollo del sistema de actividades en el largo plazo (muchas actividades preferirían localizarse donde existen mejores niveles de accesibilidad).
- ❖ Los flujos generan cambios en el sistema de transporte debido a las políticas y formas de operación de los servicios de transporte (mejores servicios en donde haya mayor demanda y mejoras en la infraestructura donde existan congestionamientos).

Todos los factores que intervienen en el proceso de planificación de los transportes urbanos, son vistos como verdaderas razones de prioridad hacia los transportes públicos en ciudades medias y grandes.

La planeación del transporte urbano se basa específicamente en la comparación de la demanda con la oferta, y para que esta confrontación sea de utilidad se compara también con la demanda futura, de ahí la importancia que tienen los métodos de predicción y la oferta existente hacia un horizonte de proyecto. Esto permite prever las inversiones necesarias de infraestructura y de equipo, efectuar un análisis económico de su justificación y determinar el orden de prioridad de las obras. El proceso esquemático se puede ver en la figura 1.2.3.:



**Figura. 1.2.3. Proceso esquemático de inversiones necesarias de infraestructura, equipo y análisis económico.**

Este modelo es una herramienta para poder entender de manera práctica y sencilla el proceso que se lleva a cabo para realizar la planeación de un sistema de transporte considerando con lo que actualmente contamos y con lo que se tendrá que contar.

### 1.2.3. Objetivos.

En el curso de los últimos años, las investigaciones en materia de transporte han buscado identificar los objetivos explícitos de una materia sistemática y coherente. A continuación se hará una distinción entre los diferentes niveles de objetivos, mostrando la relación jerárquica existente entre los diferentes grupos. Con ello es factible precisar claramente las hipótesis y los fines que se esperan e indican de qué manera las decisiones relativas a un proyecto de infraestructura de transporte.

Un objetivo es una afirmación de un principio que expresa una situación esperada a la que se quiere llegar por medio de una acción racional. La definición de la

manera de cómo se prevé un objetivo exige una buena comprensión de las necesidades de la población, determinadas por una base empírica o de acuerdo a proyectos realizados con anterioridad.

### **a) Clasificación de los Objetivos.**

Los objetivos pueden clasificarse en dos grupos principales, siendo los primeros de orden general o políticas de planeación y los segundos objetivos propios de los sistemas de transporte. Entre ambos grupos existe una relación y una jerarquización decreciente.

#### ❖ Objetivos políticos

- **Objetivos globales.-** Conciernen a la sociedad en general e intervienen todos los sectores institucionales, se trata de promover la igualdad social y es aquí donde se sitúan las grandes filosofías políticas. Para atender a los problemas de la población. Por ejemplo: vivienda, educación, transportes, etc.
- **Objetivos principales.-** Son aquellos que se presentan a un nivel de mayor especificación. Cada sector institucional posee su propio sistema de objetivos que son los principales fines esperados en cada área. Para las actividades (como el empleo, la salud) los transportes resuelven gran parte de lo que conlleva realizar dichas actividades.

#### ❖ Objetivos del sistema de transporte

- **Objetivos intermediarios.** Son estratégicos y relativos al conjunto de una serie de acciones. A nivel intermediario se pueden definir los objetivos en función de las características particulares de los sistemas de transporte y sus logros, algunos ejemplos de ellos son:
  - ✓ Conservar y mantener un sistema de vialidades compatibles con los flujos actuales y futuros de la circulación entre los orígenes y destinos dados.
  - ✓ Implantar un sistema de transporte urbano, capaz de responder a la demanda actual y futura de los desplazamientos.

- ✓ Asegurar un equilibrio entre el transporte público y el privado.

Los ejemplos anteriores nos muestran una visión de un sistema global y sus elementos, y podemos observar que se abarca la mayor extensión de la demanda en el tema del transporte.

- ❖ Objetivos de los proyectos. Objetivos relativos a ciertos planes de acción particular. Por ejemplo: aumentar la capacidad de una calle dada.

Los ingenieros en transporte establecen los objetivos en términos tales que sea posible definir una acción concreta o una modificación al conjunto de operaciones de los sistemas del transporte.

### **b) Objetivos de los Proyectos.**

A este nivel se elaboran los planes de acción directa en el marco de un sistema de transporte, haciendo un llamado a las medidas técnicas como lo es la modernización de una carretera en la que ya existía un servicio o bien a las medidas administrativas como pueden ser mejorar el funcionamiento de los autobuses o la regulación de los flujos de la circulación.

Un objetivo específico es asignado a todo proyecto o línea de acción de tal forma que permita una observación, una medida o una cuantificación directa. Los objetivos particulares dependerán de los proyectos considerados. Aquí se mencionan algunos ejemplos típicos de objetivos en proyectos a ciertos tramos de vialidades de una red.

- ❖ Definir normas de conservación del alumbrado público. Esto para tener buena visibilidad en las vialidades.
- ❖ Considerar los acondicionamientos especiales para ciertos medios de transporte en itinerarios seleccionados (autobuses, bicicletas, camiones de carga, etc.). Esto para evitar coaliciones mayores y un flujo mayor en la circulación.
- ❖ Obtener índices de accidentes. Esto para contar con historial de estadísticas.

- ❖ Establecer restricciones de circulación en ciertas redes. Esto para evitar como puede ser el desgaste del pavimento.

Los objetivos de los proyectos en parte se deben reflejar en la seguridad de las vías y al mejoramiento del medio ambiente ya que son elementos, para poder cumplir con normas que existen en cada zona geográfica. Los objetivos que se formulen deberán ser a un nivel de proyectos ejecutivos, para que la planeación de la infraestructura de los transportes tenga una aplicación práctica y sencilla.

#### **1.2.4. Recopilación de información.**

Dentro del proceso de planeación de infraestructura de transportes, la recopilación de datos para conocer la oferta y la demanda de viajes es una etapa que requiere de cuidado para su obtención.

Los métodos comúnmente utilizados en la recopilación de los datos por muestreo son dos:

- ❖ Observaciones: se realizan para obtener datos sobre el servicio de transporte (número de vehículos y pasajeros en cada una de las rutas de transporte).
- ❖ Encuestas: se utilizan generalmente para conocer la demanda en las rutas de transporte público de pasajeros o usuarios potenciales de una nueva ruta.

Estas aplicaciones permiten conocer información actualizada del número de viajes y la ubicación de los principales puntos de afluencia.

##### **a) Información Histórica.**

La información histórica permite conocer sobre la estructura productiva, socioeconómica, la población actual y su evolución, así como las principales actividades económicas y la infraestructura del transporte. El crecimiento de la ciudad, permite conocer los sectores dinámicos y su evolución respecto a las tendencias nacionales y relacionadas con el área de nuestro interés.



La información sobre la infraestructura existente se obtiene de los programas del sector transporte, que definan las necesidades y los efectos del área de estudio, y recopilar datos sobre las vialidades, su clasificación, volúmenes de tránsito, velocidad de circulación, capacidad, longitud y estado del pavimento, entre otros. Y sobre los estacionamientos, número de cajones en edificios y sobre la vía pública.

#### **b) Información sobre la Oferta de Transporte.**

El objetivo es conocer todos los recursos destinados al transporte de pasajeros, mercancías en la zona de estudio y la descripción de sus componentes. La obtención de esta información se realiza por medio de inventarios, estadísticas o encuestas directas con autoridades y transportistas, también mediante estudios de campo para las mediciones de los transportes públicos como privados. En el caso del transporte público la principal información (Derroteros y paradas, horario y tiempo de recorrido, frecuencias en horas de máxima demanda y horas valle, tarifas y las características de los vehículos, marcas, modelos, capacidad, estado físico, depósitos o encierros), debe provenir de las empresas transportistas. La información de su operación (Número de pasajeros transportados por vehículo, por día, recorridos por vehículo, viajes por persona) se debe obtener tanto de las empresas como con los usuarios y conductores de las unidades.

Para obtener la Información (incluyendo información de altas y bajas) de los transportes particulares se puede asistir al registro vehicular y de motocicletas, y realizar encuestas en hogares. Y en ocasiones la información sobre la utilización de los automóviles se puede conocer de manera indirecta a través del consumo de combustible.

#### **c) Información de la Demanda de Transporte.**

La información de la demanda de viajes de los pasajeros y su relación con la oferta, permitirá conocer las características y necesidades de transporte en el área de estudio, así como los niveles de servicio y calidad ofrecidos. Una forma de

obtener esta información es a través de las estadísticas de las empresas transportistas y de encuestas, que se pueden dividir de la siguiente forma:

- ❖ Características individuales de los usuarios, lugar de residencia (origen), categoría socio-profesional, ingresos, edad y sexo.
- ❖ Características de los desplazamientos (orígenes y destinos, motivo de los viajes, horarios, duración).

Para poder utilizar estos datos se han desarrollado métodos, basados en la observación del comportamiento real de los usuarios, como son los tipos de transporte utilizado, el tiempo de viaje medido entre un par origen-destino y las tarifas. El conocimiento y la interpretación de la demanda actual, expresada por la movilidad, permiten definir leyes empíricas llamadas comúnmente modelos, que toman generalmente la forma de relaciones matemáticas y que se utiliza para establecer la demanda futura. La utilización de modelos requiere que se establezcan ciertos supuestos previos de análisis en los pronósticos como es conocer características demográficas, económicas y urbanísticas para así obtener un mejor resultado en su aplicación.

Los métodos de análisis consideran además que el usuario realiza una serie de lecciones sucesivas independientes una de otra, así por ejemplo: Determina el desplazarse o no, elige su destino, selecciona un horario, selecciona un medio de transporte, selecciona un itinerario, entre otros. Ahora bien para determinar la demanda de transporte en base a los supuestos indicados y tomando en cuenta la manera de realizar los viajes, se utilizan métodos que se puede resumir en una serie de cinco pasos o fases de modelos que son:

- ❖ Modelos de generación de viajes (o de movilidad general).
- ❖ Modelos de distribución geográfica (entre qué origen-destino se dan).
- ❖ Modelos de repartición horaria (estimación de viajes en las horas pico).
- ❖ Modelos de selección de medios de transporte (repartición por modo).
- ❖ Modelo de selección de itinerarios (asignación).

Los modelos de distribución, de repartición modal, así como la fase de asignación, han sido ampliamente estudiados desde hace más de 30 años, sin embargo las fases de generación y repartición horaria han sido los menos trabajados, a pesar de la importancia que tienen en la definición de obras de infraestructura a realizarse y del total de las inversiones necesarias.

#### **1.2.5. Predicción de la Demanda.**

En la mayoría de las ciudades la demanda de los desplazamientos crece con el aumento de la población y los niveles de vida (mayores ingresos, más tiempo libre, más actividad y más viajes). El determinar la demanda lo más preciso posible, permite conocer la capacidad global de infraestructura necesaria y el tamaño de las inversiones. En el caso de una sobrestimación de la demanda, las obras de infraestructura vial quedarán sobradas o sobredimensionadas, pero que con una acción inmediata correctiva hará posible retrasar algunas obras en el tiempo, con el fin de dar cabida al crecimiento real, rediseñando las redes de transporte con una mejor orientación hacia el equilibrio urbanístico.

En el caso contrario de una subestimación de los viajes, la situación se vuelve preocupante ya que la falta de infraestructura traerá consigo una insuficiencia en la oferta de transporte y un rezago en el proceso de urbanización.

Para poder lograr todos los puntos anteriores relacionados a los proyectos de infraestructura se debe llevar un seguimiento y control, para ello la interacción de los participantes es fundamental, y cada uno tenga visualizada la meta que se pretende alcanzar, atendiendo, los elementos que intervienen en la planeación, como también centrarse en el proceso de planeación para el proyecto de infraestructura que se halla elegido, considerando los objetivos que se propongan además utilizar la mayor parte de información recopilada, para así cumplir con nuestra demanda y ofrecer la mejor oferta.

### **1.3. PLAN MAESTRO DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

El plan maestro de la Secretaria de Transportes y Comunicaciones (S.T.C. Metro) incluye 42 líneas con un recorrido total de 464 Kilómetros y 500 estaciones. Corresponde a las autoridades determinar el orden de construcción de cada línea en base a los estudios que se realicen para determinar la demanda de este tipo transporte. Como también se deben prever las necesidades que el desarrollo de la demanda trae consigo, tanto en vehículos como en extensión de las líneas actuales y de la creación de otras nuevas para seguir satisfaciendo las necesidades de la población que continuamente va en aumento.

La propuesta para construir el metro en la capital mexicana, surge en los años cincuenta, pero no sería hasta que el jefe del Departamento del Distrito Federal (DDF), como parte del gabinete de Gustavo Díaz Ordaz el Licenciado Alfonso Corona del Rosal cuando se da luz verde para la construcción de un sistema de transporte masivo para la Ciudad de México. Esto se debe en parte a la visión del entonces Jefe del Departamento del Distrito Federal (México), el Licenciado Ernesto P. Uruchurtu quién prefirió apostar en el desarrollo de un sistema de vías rápidas, como en la ciudad de Los Ángeles, anulando así la posibilidad de desarrollar un sistema de transporte masivo y concentrarse mejor en el famoso sueño americano de desplazarse íntegramente por medio de automóviles. El 29 de abril de 1967 se decreta en el Diario Oficial de la Federación la construcción del metropolitano de la Ciudad de México, controlado por una entidad dependiente del entonces Departamento del Distrito Federal, denominado "Sistema de Transporte Colectivo". La construcción iniciaría el 19 de junio del mismo año.

Dos años después, el 4 de septiembre de 1969, se inaugura el primer tramo de 11.5 kilómetros y 16 estaciones, entre las estaciones Zaragoza y Chapultepec.

En el transcurso de los dos siguientes años, se inaugurarían las líneas dos y tres, así como se amplía la existente línea uno hasta su presente terminal en Observatorio.

En la tabla 1.3.1. Se enumeran todos los tramos del metro inaugurados hasta el momento, por orden cronológico. Se indica la fecha de inauguración, el tramo, el número de estaciones y la distancia del tramo inaugurado.

Sección	Línea	# de estaciones	Fecha de inauguración	Longitud del tramo (km)
Zaragoza-Chapultepec	1	16	05-sep-1969	12.66
Chapultepec-Juanacatlán	1	1	11-abr-1970	1.046
Taxqueña-Pino Suárez	2	11	01-ago-1970	11.321
Pino Suárez-Tacuba	2	11	14-sep-1970	8.101
Juanacatlán-Tacubaya	1	1	20-nov-1970	1.14
Tlatelolco-Hospital General	3	7	20-nov-1970	5.441
Tacubaya-Observatorio	1	1	10-jun-1972	1.705
Tlatelolco-La Raza	3	1	25-ago-1978	1.389
La Raza-Indios Verdes	3	3	01-dic-1979	4.901
Hospital General-Centro Médico	3	1	07-jun-1980	0.823
Centro Médico-Zapata	3	4	25-ago-1980	4.504
Martín Carrera-Candelaria	4	7	29-ago-1981	7.499
Consulado-Pantitlán	5	7	19-dic-1981	9.154
Candelaria-Santa Anita	4	3	25-may-1982	3.248
La Raza-Consulado	5	3	01-jul-1982	3.088
La Raza-Politécnico	5	3	30-ago-1982	3.433
Zapata-Universidad	3	5	30-ago-1983	6.551
El Rosario-I. del Petróleo	6	7	21-dic-1983	9.264
Zaragoza-Pantitlán	1	1	22-ago-1984	2.277
Tacuba-Cuatro Caminos	2	2	22-ago-1984	4.009
Tacuba-Auditorio	7	4	20-dic-1984	5.424
Auditorio-Tacubaya	7	2	23-ago-1985	2.73
Tacubaya-Barranca del Muerto	7	4	19-dic-1985	5.04
I. del Petróleo-Martín Carrera	6	4	08-jul-1986	4.683
Pantitlán-Centro Médico	9	9	26-ago-1987	11.5
Centro Médico-Tacubaya	9	3	29-ago-1988	3.8
Tacuba-El Rosario	7	4	29-nov-1988	5.7
Pantitlán-La Paz	A	10	12-ago-1991	17
Constitución de 1917-Garibaldi	8	19	20-jul-1994	20.046
Buenavista-Villa de Aragón	B	13	15-dic-1999	13.5
Villa de Aragón-Ciudad Azteca	B	8	30-nov-2000	10.2

**Tabla. 1.3.1. Tramos del metro inaugurados a la fecha.**

De la tabla anterior se obtiene que a la fecha se cuenta con 11 Líneas, 175 estaciones y una longitud de 201.7 Km.

A continuación, se presenta una comparativa entre tipo de vehículo, capacidad y velocidad media y considerando que se requiere transportar 1,000 personas con el fin de reflejar el número de unidades necesarias por cada tipo de vehículos. Ver tabla 1.3.2.

Vehículo	Capacidad por unidad	Número de unidades necesarias	Velocidad media (Km/Hrs)
Metro	1000	1	80
Camión	80	12.5	25
Microbús	40	25	15
Combis	12	84	20
taxis	4	250	17

**Tabla. 1.3.2. Comparativa entre el tipo de vehículo, capacidad y velocidad media.**

De lo anterior, se observa que el número de unidades necesarias para transportar personas en camión, microbús, combis y taxis sobrepasa por mucho al que se puede transportar en metro.

Como cualquier sistema de transporte, un plan maestro proyecta las líneas a construirse, para de esta manera satisfacer una demanda de transporte cada vez más en crecimiento. En 1977 se define el primer Plan Maestro, el cual solamente incluía la construcción de líneas dentro de los límites del Distrito Federal.

Esta restricción, a la larga, tiene sus consecuencias en el sistema. Las líneas que fueron construidas entre 1978 (línea 4) y 1986 (ampliación de la línea 6 a Martín Carrera), sólo son utilizadas por la quinta parte de los usuarios. Hay que comparar el número de estaciones que comprende cada línea y se notará que existe una clara correlación entre el número de estaciones y el número de pasajeros, ya que se tiene que los asentamientos de la población son irregulares.

El Plan Maestro propuesto para 1996 – 2020, fue recientemente revisado. En dicho plan se redefinieron algunos tramos, además de proyectarse nuevas líneas suburbanas que cubrieran sobre todo la zona norte de la ciudad. Por otra parte, se

planeó la construcción de diversas líneas de tren ligero para dar servicio a áreas de menor afluencia como la zona sur de la ciudad de México.

En resumen el plan maestro contempla para el área metropolitana de la Ciudad de México, 13 líneas de metro "urbano", 4 líneas de metro "suburbano" y 10 líneas de tren ligero. Esto nos da una red de 483 km., incluidos metro y tren ligero, aunque no se consideran las líneas de tren suburbano que en algún momento se llegasen a construir.

Esencialmente, el sistema propuesto consistirá en líneas de Metro urbanas, de rodada neumática, las cuales darán servicio en los límites del Distrito Federal y algunas zonas del Estado de México. El sistema se complementa con trenes suburbanos que darán servicio al norte de la ciudad y trenes ligeros que dan servicio al sur y oriente. Dichas líneas ligeras fungirán como alimentadoras de las líneas de metro.

En la tabla 1.3.3 se describen los tramos que abarcan las líneas según el plan maestro oficial, así como la prioridad que se tiene en éste: 1). Si se contempla a 5 años, 2). Si se contempla a 10 años, 3). Si se contempla a 20 años.

Línea	Descripción	Prioridad
4	Extensión de la línea 4 de Martín Carrera a la colonia Santa Clara en Ecatepec Edo. de México	2
5	Extensión desde Politécnico hasta la estación Tlalnepantla de la línea de tren suburbano, en la colonia Valle Ceylán	2
6	Ampliación entre Martín Carrera y Villa de Aragón, conectando con la línea B	3
7	Extensión desde Barranca del Muerto a San Jerónimo (glorieta del asta bandera).	1
8	Construcción del tramo Garibaldi - Indios Verdes.	1
8	Extensión de la línea desde Escuadrón 201 hasta Acoxta.	1
9	Extensión de Tacubaya a Observatorio	2
10	Línea construida bajo la Avenida de los Insurgentes, desde Eulalia Guzmán (Eje 2 Norte.) hasta Cuicuilco.	2
11	El polémico tren elevado entre Bellas Artes y Barrientos (originalmente Santa Mónica). También llamado "Ecotren".	2
12	Construcción del tramo Mixcoac - Atlalilco	1
13	Línea San Lázaro - Echeagaray	3
B	Extensión de la línea de Buenavista al Hipódromo de las Américas.	3
C	Línea suburbana El Rosario - Cuautitlán Izcalli	3
D	Línea suburbana Santa Clara - Coacalco/Ojo de Agua	3
T2	Tren Ligero Iztapalapa - Chalco	2
T3	Tren Ligero Periférico Oriente	3
T4	Tren Ligero Olivar del Conde - Frentes	3
T5	Tren Ligero de Netzahualcóyotl	3
T6	Tren Ligero de Netzahualcóyotl - Xochiaca	3
T7	Tren Ligero de Atizapán	3
T8	Tren Ligero Estadio Olímpico - Emisoras	3
T9	Tren Ligero Frentes - Estadio Neza 86	3
T10	Tren Ligero Cd. Azteca - Venta de Carpio	3

**Tabla. 1.3.3. Tramos que abarcan las líneas según el plan maestro oficial.**

Gracias al metro diariamente se pueden transportar 4'600,000 usuarios aunque cabe destacar que el servicio durante las horas pico es insuficiente por ello se deben continuar las propuestas de las construcciones de las nuevas líneas ya que representan un beneficio para todos los capitalinos y sus alrededores.



## **1.4. IMPORTANCIA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE METRO EN LA CIUDAD DE MÉXICO**

El Metro de la Ciudad de México, es un sistema de transporte público importante ya que da servicio a extensas áreas del Distrito Federal y parte del Estado de México. Su construcción, operación y explotación está a cargo del organismo público descentralizado, Sistema de Transporte Colectivo. Se conoce coloquialmente como metro, la palabra metro es una contracción de metropolitano o tren metropolitano.

Este tipo de transporte, miles de usuarios lo utilizan diariamente y una razón es porque el tiempo de traslado es notablemente reducido incluso por horas comparado con el uso de algún otro tipo de transporte, además el costo es mucho menor y tiene conexión con otros sistemas de transporte público a través de los Centros de Transferencia Modal (CETRAM) conocidos coloquialmente como paraderos que son espacios en donde confluyen y fluyen diversos tipos de transportes de pasajeros, su objetivo es facilitar el movimiento de pasajeros entre los sistemas de transporte que allí convergen y divergen.

En la mayoría de los CETRAM las líneas de autobuses provienen de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, el CETRAM de la estación Tasqueña que se encuentra en la línea 2 se conecta con el tren ligero de la Ciudad de México, para el acceso al tren ligero se necesita comprar un boleto diferente. Algunas estaciones de las líneas del metro tienen correspondencia con el servicio de Autobús Express Metrobús, Insurgentes (Línea 1), además con el servicio que proporciona sobre el eje 4 Xola (Línea 2), para el acceso a este servicio es necesario la compra de una tarjeta inteligente llamada Tarjeta Electrónica Metrobús y con el Ferrocarril Suburbano del Valle de México, el cual tiene sus transferencias en las estaciones Buenavista (línea B) y Ferrería (línea 6), para su acceso es necesario comprar una tarjeta inteligente propia de este transporte.

Es sin duda el sistema de transporte más importante de la Ciudad de México. Este sistema de transporte opera los 365 días del año. Asimismo es el medio de

transporte más rápido y económico, permitiendo el recorrido de los trayectos más largos. La importancia y trascendencia del transporte metro, en la actualidad, se encuentra en un entorno al desarrollo humano, político, social, económico, cultural, tecnológico, urbanístico y ecológico de la Ciudad de México. Constantemente es analizado por la Asamblea Legislativa, para garantizar, mejoras en las condiciones de vida de los capitalinos, tanto evitar acciones lesivas a los más elementales derechos humanos, sociales y políticos de los ciudadanos. Con puesta en marcha, de transportes tipo metro se dejan de emitir al año miles de toneladas de bióxido de carbono.

La reducción de gases efecto invernadero como el ya mencionado, se logra con las líneas del metro porque se reordena el transporte urbano y se desincentiva el uso del automóvil. Además constituye no sólo uno de los medios de transporte público más baratos del país y del mundo, sino también, el único capaz de transportar a más de 4.5 millones de habitantes por día, sin generar en el ambiente contaminantes peligrosos para la salud de las personas.

Como en la red del metro en su mayoría de kilómetros que recorren son subterráneos por medio de túnel, cajón ó elevado, esto permite aprovechar el espacio que se encuentra por encima o por debajo de él, siendo una parte importante que aporta para lograr una circulación por dichos espacios para otros tipos de sistemas de transporte.

En el caso de la línea 12 su importancia radica en que se podrá Conectar el Oriente de la Ciudad de México con su parte Poniente, fortalecerá la infraestructura total del transporte, Inyectará la mayor cantidad de recursos propios para la edificación de la infraestructura de transporte urbano y producir un gran impacto económico mediante la generación de 85 mil empleos 25 mil de forma directa y el resto de manera indirecta.

## II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO LINEA 12 DEL METRO

### 2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto Metro del distrito Federal (PMDF) a solicitud de Gobierno del Distrito Federal (GDF), planteo la construcción de la Línea 12 para conmemorar el Bicentenario de la Independencia de México, llevando por nombre “Dorada” y así darle solución al problema de transporte de la zona oriente. El trazo se ubica en las delegaciones de Tláhuac, Iztapalapa, Coyoacan y Benito Juárez. Con una Longitud de 24,826 metros. Sobre la base de “a precio alzado” y tiempo determinado, misma que está integrada por, 20 estaciones, 20 tramos, 3 pasarelas de correspondencia, 2 naves de depósito, 1 taller. La construcción de la línea se realizara en dos etapas: la primera partiendo de Tláhuac a Atlalilco, iniciando el día 3 de Julio del 2008 y concluye el día 30 de abril del 2011. Para la segunda etapa se considera de Atlalilco a Mixcoac y termina el día 30 de abril del 2012.

La construcción de la Línea 12 del Metro, dentro del Sistema Colectivo de Transporte forma parte del Programa de “inversión pública” más grande del país de los últimos 10 años por contar con la cantidad de 17mil quinientos ochenta y tres millones de pesos.

Para el inicio de esta obra se han adquirido ya el 75% de los terrenos necesarios y el resto se irán obteniendo de acuerdo a las negociaciones con ejidatarios y/o comerciantes según sea el caso, sin que esto ocupe algún impedimento para su realización. Los comercios se puede decir que son el 35%, otros 30% de casas-habitación y el resto baldíos. A estas fechas ya se ha hablado con el 100% de las personas que serán afectadas; se puede comentar que existe una plena disposición.

En base a los estudios llevados a cabo por Empresas especializadas contratadas por el Gobierno de la Ciudad se reducirá el tiempo de traslado de las personas de Tláhuac al Centro Histórico, de dos horas a 45 minutos; reduciéndose también el costo de transportación de \$13.00 a \$ 4.00 y además de poder movilizar diariamente la cantidad aproximada de 400 mil usuarios en días laborables.

EL proyecto se encuentra dividido por:

### **2.1.1. Talleres Tláhuac.**

El área de los talleres de mantenimiento son una área industrial cuya función primordial es la de dar mantenimiento a los trenes. Considerando que esta Línea tendrá un material rodante de rodada metálica, se contará con un taller de mantenimiento especializado que dé servicio a todas las Líneas que se ubiquen al sur y oriente de la Ciudad de México en éste caso, se localiza en la cabecera oriente de la estación Tláhuac, delante de la cola de maniobras de dicha estación.

Los talleres están integrados por:

- ❖ Nave de depósito para 20 trenes. Una nave de depósito es el área donde se estacionan los trenes cuando están fuera de servicio y cuentan con los siguientes elementos: Andadores para los conductores, con las dimensiones adecuadas para que tengan seguridad, pasos de emergencia para vehículos de bomberos o ambulancias, ligados a las vialidades circundantes y locales de aseo para la limpieza profunda de los trenes que tienen espacio suficiente para dos tarjas cada uno y un local para guardar productos de limpieza y contará además con cajas de arena como tope de vías una en cada vía.
- ❖ Nave de pequeña revisión. Es la Nave donde se le da mantenimiento a los trenes en forma periódica contará con Fosas de Revisión para los trenes, andadores con un ancho de 2.5 metros para que circule el personal y el equipo en forma segura, contará con una vía de lavado, Fosa de Sopleteado, Locales Técnicos, Oficinas Administrativas y Almacenes de Refacciones.
- ❖ Nave de gran revisión. Es el área donde se presenta mantenimiento general y total a los trenes y se integra por distintos tipos de zonas: Zona de Cajas, de Bogíes, Oficinas Administrativas y Locales Técnicos, además de una grúa viajera.

- ❖ Vía de lavado de trenes. Es la Zona donde se hace el lavado exterior de los Trenes.
  
- ❖ Torno rodero y taller de vías. Es el Taller en el que se revisa y rectifican las ruedas metálicas del Tren y en el de vías se revisa y da mantenimiento a las vías, contiene un área de maniobras para el desempeño de los trabajos con toda seguridad, un área para almacenamiento de ruedas y para guardar herramientas y refacciones, así mismo se cuenta con área suficiente para alojar el equipo y maquinaria para el mantenimiento de vías.
  
- ❖ Puesto de maniobras. Es la Zona donde se controla el acceso de los trenes a la Zona de Peines y a los Talleres, debe tener una cobertura visual total, cuenta con un local técnico, un tablero de Control óptico, una cabina de control, baños y área para vestidores.
  
- ❖ Taller eléctrico y plataforma de pruebas. Es el área donde se revisan, prueban y reparan todos los equipos eléctricos de la línea y del Taller. Está dividida en tres áreas de revisión una subestación de rectificación de la capacidad adecuada a los trabajos que va a desarrollar un laboratorio de pruebas y un área de almacén de herramientas y refacciones.
  
- ❖ Almacén general. El almacén general tiene como función guardar el equipo de Trabajo y las refacciones necesarias para el todo el Taller de Mantenimiento.
  
- ❖ Almacén de productos inflamables. Es el lugar donde se guardan, aceite, combustibles y material peligroso susceptible de incendiarse.
  
- ❖ Casetas de acceso y vigilancia. Se contará con una Caseta de vigilancia para el acceso principal y el número de casetas necesarias para los elementos que integran el conjunto. El área de Observación se encontrara sobre elevada con respecto al nivel predominante de los talleres contarán con una visual de 360°,

deberá considerarse la instalación de monitores para el sistema de video vigilancia y contarán con servicio de baños, vestidores y lockers.

- ❖ Estacionamientos y vialidades internas. El conjunto está integrado por una vialidad que resuelve los accesos a todos los edificios integrantes de los talleres. El pavimento cuyo diseño, contempla para recibir vehículos de gran peso, los estacionamientos con la capacidad para cada zona.
- ❖ Zonas con jardín. Alojara zonas verdes con especies vegetales adecuadas al carácter del taller con objeto de coadyuvar a la ecología y medio ambiente, de preferencia se tendrán mantos y arbustos de resistencia al calor, asoleamiento y que requieran poca agua y cuidados.
- ❖ Planta de tratamiento de aguas negras. Es el sitio donde se lleva el proceso de tratamiento de aguas que a su vez incorpora procesos físicos químicos y biológicos, los cuales tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos del agua efluente del uso humano.

### **2.1.2. Estaciones.**

Las estaciones son el lugar en donde los usuarios están en pleno contacto con toda la infraestructura que se desarrolla para dar un servicio de primera calidad en sistemas de transporte masivo para dar un servicio eficiente, económico, seguro y rápido. Que beneficiará en forma directa a los habitantes de cuatro delegaciones, que son Tláhuac, Iztapalapa, Coyoacán y Benito Juárez y en forma indirecta una mayor cobertura a través de las estaciones de correspondencia que pasan por otras Delegaciones. Pronosticándose una captación de 450,000 viajes/persona/día. Y para ello se cuenta con 20 estaciones distribuidas en una longitud de 24,826 metros de la siguiente manera:

- ❖ Estación terminal de correspondencia (Mixcoac)
- ❖ Estación terminal: 1 (Tláhuac)

- ❖ Estaciones de correspondencia: 4 (Mixcoac: L: 7 el Rosario- Barranca del Muerto, Zapata: L: 3 Indios Verdes- Universidad, Ermita: L: 2 Taxqueña- Cuatro Caminos, Atlalilco: L: 8 Garibaldi- Constitución de 1917.)
- ❖ Estaciones de Paso: 15 (Insurgentes Sur, 20 de Noviembre, Parque de los Venados, Eje Central, Mexicalzingo, Barrio Tula, Esime Culhuacán, La Virgen, Calle 11, Periférico Oriente, San Lorenzo, Olivos, Nopalera, Zapotitlán y Tlaltenco).

Las correspondencias se encuentran con las siguientes líneas:

- ❖ Correspondencia línea 7 –Línea 12 Estación Mixcoac
- ❖ Correspondencia línea 3 –Línea 12 Estación Zapata
- ❖ Correspondencia línea 2 –Línea 12 Estación Ermita
- ❖ Correspondencia línea 8 –Línea 12 Estación Atlalilco

Y cruces importantes como:

- ❖ Av. Insurgentes Sur con línea 12
- ❖ Estación Eje Central línea 12 con Av. Eje Central
- ❖ Estación Atlalilco línea 12 con Av. Ermita Iztapalapa
- ❖ Estación Periférico Oriente con vialidad del Periférico Oriente

Para la construcción de las estaciones y tramos es necesario considerar el Rubro de las instalaciones municipales tales como:

- ❖ Líneas de agua potable primarias
- ❖ Líneas de agua potable secundarias
- ❖ Acueducto de 72” de diámetro (De Tláhuac a Barrio Tula)
- ❖ Colectores
- ❖ Canales
- ❖ Atarjeas

### **a) Estaciones de Paso.**

Las estaciones de paso son las que se encuentran en puntos intermedios de la línea sin conectar con otras Líneas. El principal criterio para el dimensionamiento de los espacios públicos es el derivado de evacuar simultáneamente 1 tren al 100% de su capacidad en una vía y un tren al 50% de su capacidad en la otra vía. La vía al 100% puede ser cualquiera de las dos.

Las estaciones de paso se conforman por los siguientes elementos:

- ❖ Accesos para el público en general. Mínimo 4 puntos por estación, dos a cada vestíbulo. Incluir escaleras eléctricas siempre y cuando se deseen salvar desniveles de más de 6.50 metros. Además contar con el acceso para discapacitados. Es en estos puntos donde se cierra la estación al dejar de dar servicio.
- ❖ Vestíbulo exterior. Uno por cada andén. Sus dimensiones dependerán de la captación que indique el polígono de cargas para la hora de máxima demanda considerando retener durante 10 minutos a los usuarios con una densidad de 6 usuarios por m<sup>2</sup>.
- ❖ Línea de torniquetes. El número de torniquetes de entrada y de salida está definido por el minuto crítico correspondiente a cada movimiento considerando para la entrada 25 personas/torniquete/minuto y para la salida 35 personas/torniquete/minuto. En cada línea de torniquetes habrá una puerta de cortesía. Cada línea de torniquetes tendrá un ancho mínimo de 7 metros. Para fines de evacuación los torniquetes de entrada son reversibles y operan con la eficacia de los de salida.
- ❖ Vestíbulo interior. Contendrán 2 vestíbulos interiores uno por cada andén con espacio suficiente para desalojar un tren a 6 / 4 considerando 6 personas por m<sup>2</sup> para efectos de un desalojo de la estación en 3 minutos.



- ❖ Circulaciones verticales. Mínimo 4 escaleras (eléctricas si la longitud vertical excede de 4 metros) por estación, las escaleras están dimensionadas con ancho necesario para desalojar la estación en 3 minutos considerando los dos trenes a 6 / 4. Los pisos serán antiderrapantes y contar con pasamanos.
- ❖ Dos andenes. Uno para cada vía de la longitud que mande el material rodante y de 4 metros de ancho como mínimo.

En cuanto a servicios se tienen:

- ❖ Taquillas. Habrá dos en cada vestíbulo exterior. Cada taquilla tendrá espacio suficiente para dos taquilleras. Diseñadas a prueba de asaltos, contarán con una ventanilla para cada una de ellas, de 60 cm de ancho, con cristal antibalas, charola para monedas de acero inoxidable, dispositivos de alarma conectados al jefe de estación.
- ❖ Sanitarios de empleados. Uno para hombres y otro para mujeres con acceso directo desde un vestíbulo agrupado con sus locales complementarios.
- ❖ Locales de aseo. Se tendrán 3 locales como mínimo por estación dos en los andenes preferentemente en las cabeceras y uno en el núcleo de servicios sanitarios. Estando equipados con una tarja y lockers para el personal de mantenimiento.
- ❖ Local de jefe de estación. Estratégicamente ubicado en el vestíbulo principal con vista a la línea de torniquetes. Aloja el equipo de mando y control de los equipos básicos de operación de la estación.
- ❖ Local de primeros auxilios. Contiguo al local de jefe de estación
- ❖ Local para centro de monitoreo para video vigilancia. Contara con 3 monitores.

- ❖ Sanitarios para el público. Son para brindar el servicio en forma gratuita a los usuarios del sistema, en cada una de las estaciones, en el vestíbulo interior, del lado del acceso principal, contendrán tanto sanitarios para mujeres como para hombres

Estas especificaciones de proyecto aplican para todas las estaciones de paso de la Línea 12 del Metro, que son: Insurgentes Sur, 20 de Noviembre, Parque de los Venados, Eje Central, Mexicalzingo, Barrio Tula, Esime Culhuacán, La Virgen, Calle 11, Periférico Oriente, San Lorenzo, Olivos, Nopalera, Zapotitlán y Tlaltenco).

#### **b) Estaciones de Correspondencia.**

Las estaciones de correspondencia son las que se encuentran en el cruce de dos o más Líneas del Metro y permiten a los usuarios cambiar de Línea en dos o más direcciones sin pago de cuota adicional.

Las necesidades descritas para las estaciones de paso se aplican para las de correspondencia y además se contará con una pasarela de correspondencia que interconecta ambas estaciones. Los flujos deberán confinarse por sentido y el ancho será mínimo de 6 metros. Contará con tres andenes y dos vías de 6.00 m de ancho cada andén. En el caso de la estación Insurgentes se elaborará un esquema de correspondencia con una estación de la Línea que a futuro correrá por la Av. Insurgentes y se dejarán las preparaciones para poder construir dicha correspondencia sin entorpecer la operación de la Línea 12.

#### **c) Estaciones Terminales.**

Las estaciones terminales son las ubicadas en los dos extremos de la Línea. Su programa de necesidades incluye los elementos de las estaciones de paso considerando las siguientes precisiones y elementos adicionales.

- ❖ Los andenes son dos para dar servicio a tres vías. El ancho mínimo de cada andén será de 6 a 8 metros.

- ❖ Área de retención, destinada a dosificar el pasaje en horas críticas. La línea confinada tendrá 60 cm de ancho efectivo y estará rodeada por pasillos para el personal que regula y vigila esta maniobra.
- ❖ Preparaciones para la conexión a los centros de transferencia modal. Lo relacionado con los paraderos de autobuses, microbuses y combis.
- ❖ Taquillas. Contará con 4 a 6 taquillas, con las mismas especificaciones que se indican en las estaciones de paso.

Instalaciones para el funcionamiento de las estaciones, para el adecuado funcionamiento de las estaciones involucradas en la línea 12, es necesario equiparlas con los siguientes aditamentos.

- ❖ Locales para subestaciones. Uno para cada vía, son para alojar las subestaciones de alumbrado y fuerza. Deben estar aproximadamente al centro de la estación y cercanos al andén.
- ❖ Local técnico para los equipos de automatización de los trenes. La posición deseable es centrada con los andenes, del lado de la vía dos (Dirección Mixcoac- Tlahuac).
- ❖ Cisternas. Una abastece el consumo de agua de la estación. Dimensionada para una autosuficiencia de tres días. Otra se destinará a la protección contra incendio.
- ❖ Cárcamos de bombeo. Su función es recolectar y bombear al drenaje municipal las aguas de desecho (negras, jabonosas, pluviales y de filtraciones) tanto de la estación como de los tramos contiguos cuando estos están en un nivel superior al de la estación. El agua de filtraciones captada en los tramos deberá interceptarse en un cárcamo de cabecera antes de entrar a la estación.

- ❖ Galerías de ventilación. En todas las estaciones de la Línea la ventilación de los espacios públicos será por medios naturales, no mecánicos, su ubicación es adyacente al andén para lograr una ventilación cruzada y su ubicación en el exterior es en banquetas y/o zonas de jardín y sobreelevada en 30 o 40 centímetros del piso con objeto de evitar la introducción del agua a la estación en casos de lluvias extremas.

### **2.1.3. Señalamiento.**

El objetivo en las estaciones es llevar al pasajero al Metro o hacia su destino con rapidez, seguridad y evitando cruces de circulaciones. El señalamiento deberá integrar un continuo de información que garantice la orientación del usuario en cualquier punto del recorrido. Las señales serán claras y precisas. Se utilizará la tipología de las letras del Metro y del diseño de los símbolos de cada estación para lograr una imagen integrada a las Líneas existentes.

### **2.1.4. Trazo.**

El trazo definitivo de la Línea 12 en proyecto ver anexo I, 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.

- ❖ Obras inducidas. Son las actividades en las cuales se identifican las interferencias que existen sobre el trazo de la línea.
- ❖ Asentamientos humanos. Un asentamiento es el lugar donde se establece una persona o una comunidad.
- ❖ Tránsito vehicular. Es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista.

- ❖ Condiciones del subsuelo. En la ciudad de México existen una gran variedad de tipos de suelo, por lo tanto las condiciones no son las mismas por ello se toman en consideración los estudios geotécnicos.
- ❖ Topografía del terreno. Este tipo de actividad es previa al inicio de un proyecto para contar con un levantamiento plani-altimétrico ó tridimensional previo del terreno y de "hechos existentes" (elementos inmóviles y fijos al suelo) ya sea que la obra se construya en el ámbito rural ó urbano.
- ❖ Afectaciones. Son todas aquellas zonas que por el trazo de la línea, tendrán que ser expropiadas o compradas a sus respectivos dueños.
- ❖ Vialidades existentes. Son todas aquellas vías de tránsito que con anterioridad se han construido.
- ❖ Arqueología. Es la disciplina que estudia las sociedades a través de sus restos materiales, sean estos intencionales o no.

### **2.1.5. Proyecto Operativo.**

La realización del Proyecto Operativo determinará las principales características de operación de la Línea, por medio de las cuales se logra cumplir con los objetivos de servicio al usuario que son seguridad, regularidad, Confort y rapidez. EL Proyecto Operativo es el estudio base de la Línea que servirá de referencia para todos los estudios posteriores que se realizarán para los sistemas electromecánicos así como para el proyecto ejecutivo civil.

En la tabla 2.1.1. Se muestra las características operativas de la línea 12 a las que estarán sujetas los trenes de acuerdo a los análisis de operación.

---

---

### Análisis Operativo de Diseño

---

Velocidad máxima de diseño	85 Km/h
Velocidad Comercial	35 Km/h
Capacidad de Transporte	67,200 V/H/S
No de Trenes en operación	28 trenes
No de Fosas de Revisión	5 fosas

### Análisis Operativo de la línea etapa 1: 30/04 / 2011

Intervalo	233 seg
Velocidad Comercial	35 Km./h
Capacidad de Transporte	25,957 V/H/S
No de Trenes en operación	23 trenes
Trenes de reserva	2 trenes
No de trenes en mantenimiento	3 trenes
No Total de Trenes	28 trenes
No de Fosas de Revisión	3 fosas
No de Fosas de Visita	2 fosas

### Análisis Operativo de la línea etapa 2: 30/04 / 2012

Intervalo	142 seg
Velocidad Comercial	35 Km./ h
Capacidad de Transporte	45,582 V/H/S
No de Trenes en operación	28 trenes
No de Fosas de Revisión	5 fosas
No de Fosas de Visita	3 fosas

---

**Tabla. 2.1.1. Características operativas de la línea, de acuerdo a los análisis operativos.**

En la tabla 2.1.2. Se muestra las características operativas de la línea 12 a las que estarán sujetas los trenes de acuerdo a los tiempos tanto de paradas como de recorridos.

Tiempo de Parada en Estaciones		
Estación de Paso		20 seg
Estación de correspondencia		25 seg
Terminal:		
	Anden de Llegada	25 seg
	Anden de Salida	30 seg
Tiempo de Recorrido		
Tiempo de recorrido		
	Tiempo Vía 1	2 500 seg
	Tiempo Vía 2	2 500 seg
	Total	5 000 seg
Tiempo de Maniobra		
	Terminal Tláhuac	180 seg
	Terminal Mixcoac	180 seg
	Total	360 seg
Duración de la Vuelta	Total de Totales	5360 seg

**Tabla 2.1.2. Características operativas de la línea, de acuerdo a los tiempos de paradas y recorridos.**

La finalidad que se persigue con la ejecución de este proyecto, es proporcionar un servicio de transporte colectivo de pasajeros de alta eficiencia, capacidad y satisfactorio, además de atender la demanda oriente-poniente para alcanzar y lograr un balance superior entre las líneas existentes del Metro, principalmente al realizar la conectividad del Metro en el sur, potenciando el desempeño en la red y continuar conformando al Metro como elemento estructurador del sistema de transporte del Distrito Federal, en congruencia con el Programa de Desarrollo del Distrito Federal 2007-2012 y tomando en cuenta los lineamientos del Programa Integral del Transportes y Vialidades.

## **2.2. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL CONSORCIO**

Con relación a la licitación pública internacional en la modalidad de proyecto integral a precio alzado y tiempo determinado de fecha de enero del 2008. Las empresas ICA, ALSTOM y CARSO presentaron su propuesta de manera grupal, en junio del 2008 y el Gobierno del Distrito Federal dio la adjudicación a este consorcio en julio del 2008. A continuación se hace una descripción de las tres empresas involucradas:

### **2.2.1. Ingenieros Civiles Asociados de S.A. de C.V.**

Ingenieros Civiles Asociados ICA, la empresa de ingeniería, procuración y construcción más grande de México, fue fundada en 1947 y ha realizado obras de construcción e ingeniería en 21 países.

ICA está constituido por cuatro grandes unidades de negocio:

- ❖ **Construcción Civil.** Se realizan proyectos de infraestructura básica y el desarrollo en gran escala de infraestructura urbana.
- ❖ **Construcción Industrial.** Proporciona servicios de ingeniería, procuración, construcción y mantenimiento de plantas industriales.
- ❖ **Operación de Infraestructura.** Operación y mantenimiento de sistemas carreteros, de distribución de agua potable, tratamiento de aguas residuales, recolección y disposición integral de desechos urbanos, administra aeropuertos, y la administración de estacionamientos subterráneos.
- ❖ **Vivienda.** Comercialización de desarrollos inmobiliarios de la más alta calidad, tanto centros comerciales como parques residenciales y edificios de oficinas en diferentes ciudades.



ICA ha trabajado en diversos países de América Latina desde los años setenta; en 1988 comenzó en el mercado de Estados Unidos y recientemente inició trabajos en Europa y Asia. ICA se ha asociado con empresas líderes en el mundo, para emprender y desarrollar nuevos proyectos. Ejemplos de empresas con las que mantiene asociaciones son CALICA, ICAVE, ICA FLUOR DANIEL, ICA REICHMANN, ICA CPC.

### **2.2.2. ALSTOM.**

Alstom (antiguamente GEC-Alsthom, y en un principio Alsthom) es una corporación francesa centrada en el negocio de la generación de electricidad y la fabricación de trenes y barcos. Alstom además diseña y produce sistemas de Metro de alta calidad y funcionalidad como el Metro de Santiago y que provee su material rodante (trenes) hasta la actualidad.

Alstom construyó los primeros trenes de neumáticos del Metro para México D.F. modelo MP-68 para la línea 1 que después en los años de 1994-1999 fueron rehabilitados, los MP-68 que circulan en la línea 1 fueron rehabilitados por Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF) y los que circulan en las líneas 5, B y que están regresando a la línea 7 fueron rehabilitados por Bombardier Transportation México (anteriormente C.N.C.F. o Concarril).

También construyó los vagones modelo MP-82, que circularon durante un tiempo en las líneas 7 y 1 pero después fueron re potenciados para la línea 8, además Alstom le prestaba asistencia técnica a la desaparecida empresa C.N.C.F. o Concarril (Constructora Nacional de Carros de Ferrocarril) en Ciudad Sahagún en el estado de Hidalgo para la construcción de trenes para el Metro de la Ciudad de México desde 1976 en modelos denominados como NM-73A, NM-73B, NM-73C y NM-79; y también presta asistencia técnica en Chile, al tren denominado NS-88 fabricado por Concarril (su similar en México es el FM-86, con rodadura férrea), actualmente en servicio en la línea 2 del Metro de Santiago. También ha puesto en

funcionamiento en Tenerife - Islas Canarias el tranvía de la isla, que actualmente se está creando la línea dos con conexión a Tíncer.

### 2.2.3. Grupo CARSO.

Es uno de los conglomerados más importantes de América Latina. Controla y opera gran cantidad de empresas de los ramos industrial, comercial y de infraestructura y construcción; también se encuentra en otros sectores, como el automotriz y el minero.

Dentro del ramo de Infraestructura y Construcción se encuentran empresas de gran importancia como:

- ❖ Grupo PC Constructores. Dedicado a la construcción civil.
- ❖ Swecomex. Dedicado a la fabricación de equipos de proceso y plataformas petroleras.
- ❖ CICSA. Dedicado a instalaciones de ductos y radio bases
- ❖ CILSA (Constructora de Infraestructura Latinoamericana). Cuyas actividades se enfocan a la construcción de proyectos de infraestructura, entre los que destacan carreteras, presas y plantas de tratamiento de agua.

La empresa diseña y construye proyectos de infraestructura públicos o privados los cuales se muestran en la tabla 2.2.1.:

Vías de comunicación	Agua	Energía
Carreteras	Plantas de tratamiento	Proyectos Hidroeléctricos
Puertos marítimos	Acueductos	
Aeropuertos	Presas	

**Tabla. 2.2.1. Proyectos de infraestructura.**

Para hacerle frente a la construcción de la línea 12 en participación conjunta las tres empresas, Ingenieros Civiles Asociados (ICA), ALSTOM y el grupo CARSO infraestructura y construcción formaron el consorcio responsable de la ejecución de todos los trabajos para la realización del proyecto. Siendo ICA el líder con una participación del 53%, ALSTOM con 30% y grupo CARSO con un 17 %. ICA (Tramo subterráneo, Túnel y superficial) y Grupo CARSO (Tramo Elevado), tendrán a su cargo la obra civil por su parte ALSTOM será la responsable para suministrar e instalar el equipo electromecánico.

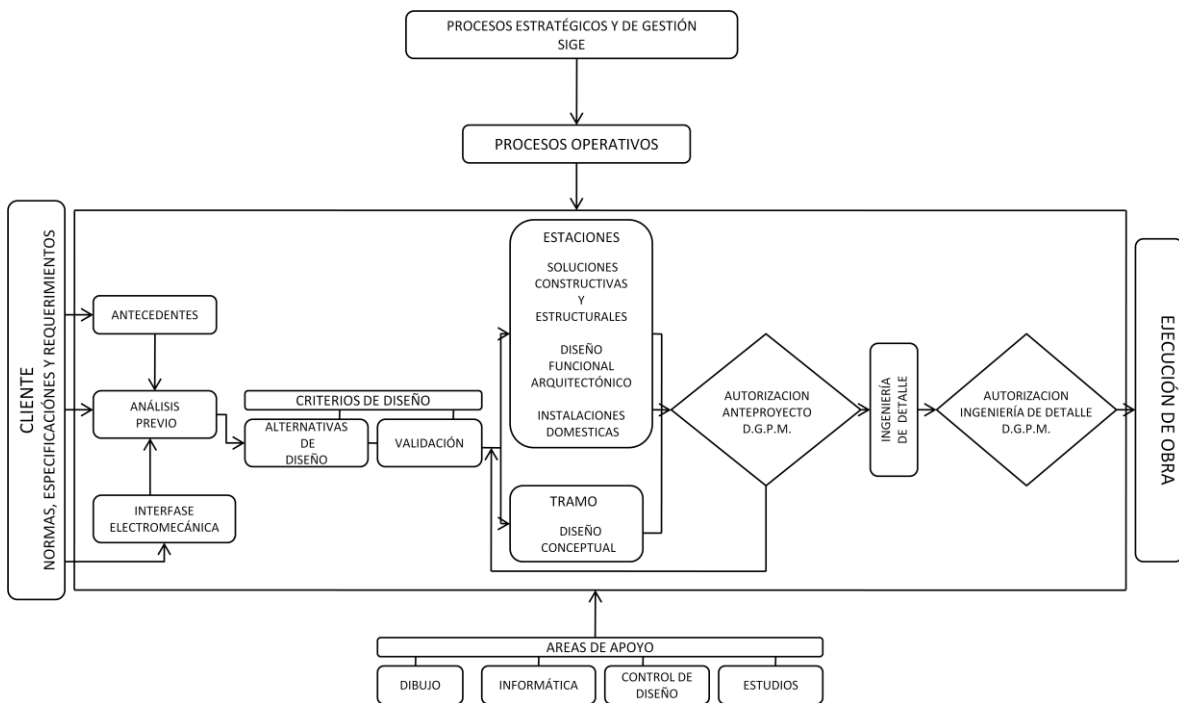
#### **2.2.4. Áreas y/o Departamentos.**

Para poder ejercer en su totalidad los trabajos involucrados en la construcción de la línea 12 es necesario contar con áreas de apoyo tales como:

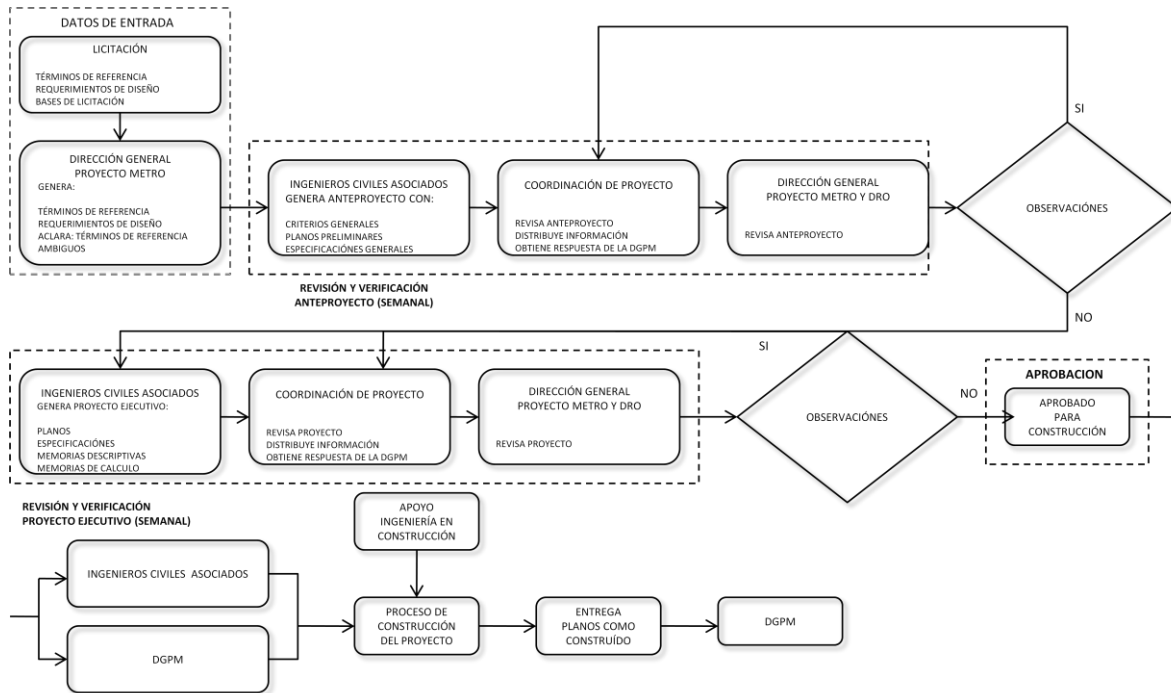
- ❖ Área de Control de Proyecto. Es la que se encarga de dar seguimiento al programa, costos, y las ministraciones así llamadas por ser un contrato a precio alzado ante el cliente.
  
- ❖ Se contará con el departamento de procuración. Es quien será el responsable de los subcontratos además de suministrar los materiales y equipos que se requieran.
  
- ❖ Área Administrativa. Es la que tendrá a su cargo el departamento de personal, contabilidad, servicios, almacén, caja, finanzas. Aseguramiento de calidad y seguridad del medio ambiente.
  
- ❖ Área de Aseguramiento de calidad y seguridad del medio ambiente (ACSMA). Quien se encargará de llevar el Control de Documentos, Calidad, Seguridad y el Compromiso con el Medio Ambiente.

## 2.2.5. Organización.

La organización de cómo se llevará a cabo las estrategias para ejecutar el proyecto son de suma importancia ya que ella nos muestra, el proceso subsecuente, para canalizar tanto el trabajo como la información entre las partes involucradas. De acuerdo al siguiente esquema de trabajo (ver figura 2.2.1.) se realizaran las actividades correspondientes a las actividades designadas al proyecto, así como también el flujo de información con las distintas áreas o dependencias (ver figura 2.2.2.).



**Figura. 2.2.1. Diagrama de flujo para la organización (Esquema de Trabajo).**



**Figura. 2.2.2. Diagrama de flujo para la organización (Flujo de Información).**

Así estas empresas contribuirán con sus servicios brindando la calidad, la seguridad, cuidado del medio ambiente y el compromiso con la gente que se requiere para poder ejecutar el proyecto de la línea 12 de la ciudad de México.

### III. PLANEACIÓN GENERAL DE LA LÍNEA 12 DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

#### 3.1 INGENIERÍA

Para poder establecer la ingeniería es necesario contemplar una serie de estudios los cuales se mencionan a continuación: que como objetivo de los estudios es conocer las características y propiedades del sitio donde se desarrollara el Proyecto; Estudios referentes a la movilidad, arqueología, topográficos, en materia de afectaciones, geotecnia, de Instalaciones Municipales, con carácter Ecológico y de Desarrollo Urbano que se deberán tomar en cuenta para el desarrollo del proyecto ejecutivo y en consecuencia el del Proyecto Integral.

- ❖ Estudios Referentes a la Movilidad. La realización de un estudio de movilidad tendrá como objetivo conocer la captación que hoy en día se tiene a lo largo de las diferentes vialidades considerando como inicio Tláhuac y termino Mixcoac, realizando aforos vehiculares y peatonales, de transporte, estudios de origen y destino y con base a ello realizar las proyecciones para obtener la cantidad de usuarios que se podrán captar a lo largo de las zonas locales y regionales. Con lo anterior se puede lograr dimensionar las estaciones, y paraderos para realizar el intercambio modal.
  
- ❖ Estudios de Arqueología. Como probablemente se encuentren sitios de interés arqueológico, artístico o histórico es necesario realizar la investigación y análisis pertinente de la clasificación regional establecida por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), lo anterior con el fin de tomar en cuenta las observaciones y poderlas reflejar en el proyecto ejecutivo y no dañar algún tipo de monumento simbólico.
  
- ❖ Estudios Topográficos. A través de estos estudios se logra obtener las poligonales y curvas de nivel que el proyecto integral de la línea 12 requiere para realizar los anteproyectos, proyectos, construir obras e instalaciones que sean necesarias para poder ejecutar con mayor calidad y precisión de las

actividades involucradas. Con respecto a la altimetría esta se referirá a un banco de nivel profundo que llegue hasta las capas duras y firmes. Además estos estudios son base para llevar a cabo los de afectaciones.

- ❖ Estudios en Materia de Afectaciones. Como ya se había mencionado con anterioridad estos estudios van ligados a los de topografía ya que elaborado el trabajo de éstos, se definen las áreas que se afectaran y así proceder al análisis del mercado inmobiliario y de negocios, determinar estratos económicos sociales de los afectados, situación de la tenencia del predio, situación jurídica de los mismos y con ello proceder a la adquisición de los predios.
- ❖ Estudios Geológicos. La realización de estos estudios es para conocer lo referente a mecánica de suelos e utilizar la información y resultados para proceder al desarrollo del proyecto de cimentaciones de las estructura o de las estructuras mismas y además establecer los procedimientos constructivos en los casos de las obras que sean subterráneas.
- ❖ Estudios de Instalaciones Municipales. Con el desarrollo de estos estudios es lograr obtener y recopilar información suficiente de las instalaciones de agua potable y drenaje entre otras como sus características físicas, uso, y capacidad, quien está a cargo de las mismas, realizando exploraciones, inspecciones visuales y cualquier otra actividad que conduzca a la integración del inventario de instalaciones municipales o de otro tipo ya sean éstas aéreas o subterráneas que interfieran directa o indirectamente con el Proyecto Integral de la línea 12 del Sistema del Sistema de Transporte Colectivo Tláhuac-Mixcoac.
- ❖ Estudios con carácter Ecológico. Lo que caracteriza a este tipo de estudios es que se debe recaban la suficiente información para poder elaborar la Manifestación de impacto Ambiental (MIA) que se presentara ante la Secretaría

del Medio Ambiente para que sea aprobada ya que en ella se contiene la medidas de prevención y mitigación hacia el Medio Ambiente.

- ❖ Estudios de Desarrollo Urbano. Con este tipo de estudios se logra adquirir que tipo de impactos de la obra proyectada y sus repercusiones como se van a generar hacia las zonas que se encuentran a lo largo del proyecto. Con ello se elabora las alternativas para evitar o en su caso minimizar dicha incidencia.

De lo anterior se procede al desarrollo del anteproyecto que corresponde a la ingeniería básica y el proyecto ejecutivo a la ingeniería de detalle para su inicio de estos, los estudios deben estar parcialmente avanzados.

### **3.1.1. Ingeniería Básica.**

En la ingeniería básica contempla lo que es el anteproyecto de la línea, comprendiendo el planteamiento del sistema integral, determinando la solución para los trabajos civiles, los subsistemas electromecánicos y electrónicos, requeridos para el desarrollo del Proyecto Ejecutivo. La ingeniería básica contempla que al concluir ésta, toda edificación que integre la línea dorada quede determinada en sus aspectos relacionados a su dimensionamiento, funcionalidad, forma y estructural, así mismo debe resolverse su relación con el entorno, incluyendo su localización definitiva, accesos tanto peatonales como vehiculares además de su imagen urbana. También debe contener las redes generales de todos los sistemas de instalaciones y la posición de los sus equipos. De acuerdo a lo antes mencionado se expresaran en los siguientes productos:

- ❖ Análisis del dimensionamiento de todos los espacios de las edificaciones, considerando usuarios, equipos y material rodante.
- ❖ Diagramas de flujo de los usuarios y funcionamiento general de las estaciones.
- ❖ Planta de localización.
- ❖ Planta de conjunto.
- ❖ Plantas arquitectónicas, amuebladas, de todos los niveles de las edificaciones



- ❖ Cortes longitudinales y transversales.
- ❖ Fachadas y elevaciones interiores.
- ❖ Maqueta (s) cuando se consideren necesarias para la mejor comprensión del proyecto.
- ❖ Memoria descriptiva del anteproyecto arquitectónico.
- ❖ Memoria y esquemas del análisis estructural y del procedimiento constructivo.
- ❖ Plantas y secciones de la propuesta de cimentación y estructura.
- ❖ Plantas, secciones y esquemas de todas las redes de instalaciones, (incluyendo la localización de equipos).
- ❖ Memoria descriptiva del nivel de servicio de cada una de las redes de instalaciones.

#### **a) Planos.**

Los planos contendrán la representación gráfica y a una escala adecuada los espacios, elementos arquitectónicos y constructivos que conforman las edificaciones para lograr su identificación de lo anterior mencionado.

Cuando el anteproyecto se encuentre concluido será revisado por el cliente y siendo aprobado, el proyectista iniciara con la fase de la ingeniería a detalle.

#### **3.1.2. Ingeniería a Detalle.**

La ingeniería a detalle contempla el proyecto ejecutivo el cual consistirá en realizar los planos, cálculos, diseños, especificaciones, procedimientos y documentos necesarios para llevar a cabo la construcción de cada una de las edificaciones involucradas en la Línea 12 del Metro. La ingeniería a detalle se desglosara en ocho sub partidas para las estaciones y siete en los tramos, tales se enuncian en la tabla 3.1.1.

Sub partidas para las estaciones	Sub partidas para los tramos
Perfil	Perfil
Trazo	Trazo
Proyecto Geotécnico	Gálibos
Proyecto Arquitectónico	Obras Inducidas
Proyecto Estructural	Proyecto Geotécnico
Proyecto de Instalaciones	Proyecto Estructural
Proyecto Acabados	Diseño de Imagen
Proyecto de Señalamientos	

**Tabla. 3.1.1. Subpartidas del Proyecto Ejecutivo.**

- ❖ Perfil. En este se define el lugar que ocupará la estructura del Metro en el sentido vertical, en los distintos sitios por donde pasa la Línea de trazo. Además deberán aparecer pendientes mínimas y máximas existentes en las distintas zonas de la Línea, tramos interestación, estación, aparatos de vía, y enlaces con otras Líneas. Así mismo deberán de aparecer marcados los estratos de suelo que confinarán la estructura señalando su espesor; profundidad de desplante, el nivel de aguas freáticas en el caso de detectarse, rejillas de ventilación; el mobiliario urbano e instalaciones que serán afectadas y todas las interferencias existentes, las conexiones de las correspondencias y accidentes topográficos. El perfil considerara las especificaciones estructurales, geotécnicas, topográficas y requerimientos del material rodante.
  
- ❖ Trazo. Es aquel en donde se concentra la localización de las estaciones, enlaces, correspondencias, edificios de puesto central, de control de la Línea, subestaciones de rectificación con sus puntos de acometidas, rejillas de ventilación, depósitos, colas de maniobra y talleres de mantenimiento. Lo anterior referenciados a bancos de niveles profundos y superficiales por ser referencias serán inamovibles después de quedar establecidas.
  
- ❖ Gálibos. Es el producto del estudio y análisis de cada uno de los espacios requeridos por el tren tanto en su funcionamiento estático como dinámico.

- ❖ Proyecto Geotécnico. Es aquí donde se muestra a detalle la estratigrafía y propiedades mecánicas de los suelos con perfiles y cortes a lo largo del tramo, así mismo los empujes horizontales sobre las distintas estructuras. Obtención de los factores de seguridad contra la falla de excavación en las distintas etapas de la construcción definiendo la secuencia de excavación y el número de niveles y separación de elementos de contención ya sean troqueles anclas o combinación de los mismos si se requieren. Contempla el análisis de la sobre compensación y de la flotación en el tramo elevado. Contendrá las recomendaciones relativas al proceso de construcción y para el control y supervisión de las estructuras establecer la instrumentación de campo, la instrumentación será utilizada como el soporte de vigilancia permanente durante la construcción y posterior a su operación de la Línea.
  
- ❖ Proyecto Arquitectónico. Dota de los espacios adecuados para los movimientos del hombre en lo individual y colectivo atendiendo sus estados emocionales. La arquitectura del metro conduce al usuario, mediante las estaciones, de la calle al andén y de éste al tren. Las áreas se proyectan para las horas de máxima afluencia. Un factor importante a considerar es considerar psicológico referido a la claustrofobia que debe evitar la arquitectura subterránea. En este proyecto se plasman los accesos, ubicados en banquetas, plazas, casetas o edificios; vestíbulos, están antes o después de los controles siendo su función distribuir al usuario en su tránsito por la estación; circulaciones, permiten los desplazamientos de los usuarios para acceder a los vestíbulos; Andén, es el elemento por el cual se realiza el ascenso y descenso de los trenes; locales técnicos; son las áreas donde se alojan las subestaciones eléctricas, los gabinetes de telecomunicación y mando y los equipos de extracción; servicios generales, siendo los espacios administrativos requeridos por la línea.
  
- ❖ Proyecto Estructural. Establecidas las condiciones del suelo derivadas de los estudios geotécnicos y definido el sistema estructural a utilizarse deberá resolverse el proyecto estructural contemplando los espacios definidos en los

proyectos de gálibos y perfiles, las solicitaciones de carga del material rodante y los esfuerzos que serán sometidas las edificaciones. Además con los lineamientos del Reglamento de Construcción del Distrito Federal (R.C.D.F.) y las Normas Técnicas Complementarias (N.T.C.) se procederá al diseño y construcción de las estructuras del Metro y tomando de referencia el Art. 139 del (R.C.D.F.), el Metro se considera como estructura del tipo "A". Para las dimensiones de los elementos involucrados y los detalles de las estructuras se harán de acuerdo con los criterios relativos y especificados para los estados de límite de falla y de servicio, así como de durabilidad para las estructuras de concreto reforzado. Por lo que representa la línea 12 del Metro esta deberá diseñarse para una vida útil de por lo menos cincuenta años.

En el proyecto estructural se plasmarán las características de los elementos prefabricados y colados en sitio, losa de fondo, superior, columnas etc. Incluyendo los detalles de nudos o conexiones para obtener la resistencia y rigidez requerida para todas las combinaciones de cargas vivas y muertas que se presenten durante cada etapa del procedimiento constructivo y de forma permanente. Además de mostrar las dimensiones de los elementos estructurales determinados por los estados límites de fallas y por las condiciones de servicio.

- ❖ Proyecto de instalaciones. Se enfoca a las instalaciones eléctricas, hidráulicas, y sanitarias.
- ❖ Obras Inducidas. Se trazaran las interferencias que existan a lo largo del trazo de la línea como las tuberías de agua potable y drenaje, ductos de telefonía, casetas telefónicas, ductos de PEMEX, ductos de gas, tala de árboles, catenaria del trolebús etc.
- ❖ Acabados. En esta parte del proyecto se consideran; Pisos, banquetas, andadores, recubrimientos, plafones, mamparas, pinturas, barandales, materiales en general con que se oculta o presenta virtualmente la estructura,

la impermeabilización de la obra, Rejillas de ventilación, Puertas, rejillas y elementos de control.

- ❖ Proyecto de Señalamientos. En este tipo de proyecto se establece un sistema que lleve a una correcta operación de las estaciones, para lograr dicha operación se debe contar con símbolos y descripciones claras y concisas, que prevengan, direccionen, informen y orienten al usuario, esto para lograr que el usuario tenga un conocimiento total del sitio donde se encuentra.
- ❖ El señalamiento del sistema se clasifica en cinco grupos tomando en cuenta la función que ejecuta cada uno. Básicos; en este grupo es de identificación general de la red del metro y de las estaciones así pues el símbolo básico del metro, número, color y mapa del barrio aledaño a cada estación son los elementos que integran este tipo de señalamiento. Direccionales; con ellos se indican el recorrido que debe realizar el usuario para arribar de la manera más rápida y sencilla hacia su objetivo resolviéndose con letreros y flechas indicando la dirección en la cual debe desplazarse dentro de la estación. Preventivos; su función es inducir al usuario a desplazarse con el mínimo de contratiempos. Restrictivos; son los que prohíben al público ejecutar acciones que puedan poner en riesgo su integridad física y la operación del sistema colectivo metro. Informativos; señalan al público los servicios existentes dentro de la estación además de la publicidad colocada en las mamparas que recubren los muros.
- ❖ Diseño de Imagen. Aquí se hace referencia a la selección de los materiales que el usuario visualiza al estar en contacto con la estación, es la razón por la cual las características de los materiales deben ser idénticas en todas las estaciones considerando sus cualidades estéticas es decir color, forma, textura, versatilidad de aplicación y cualidades de manufactura. Además la iluminación debe ser suficiente para que el usuario tenga un bienestar psicológico.

La Integración de planos e informes conllevan finalmente al apoyo por una parte para desarrollar el Proyecto Integral de la Línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo Tláhuac-Mixcoac y por otra para saber cómo proceder con las instalaciones actuales cómo protegerlas durante el procedimiento constructivo en su caso cómo desviarlas elaborando los proyectos, procedimientos y lo necesario para incorporar dicha línea a la red del metro.

### 3.2 CONSTRUCCIÓN

En construcción es comúnmente hablar de actividades que serán ejecutadas paralelamente y/o en forma alternada para ello, se formaran equipos de trabajo para los diferentes frentes de trabajo para que de manera previa a la construcción se cuantifiquen los planos que deben estar al 100.00 % definidos y autorizados por la Dirección General del Proyecto Metro del distrito Federal (PMDF).

Una vez terminada la cuantificación esta sirve para realizar los pedidos de los materiales que integran el conjunto de elementos a construir se integrará el listado de trabajos a subcontratar, y la requisición de todos los equipos especiales que forman parte esencial de la línea 12, éstos deberán estar definidos para prever los tiempos de entrega y realizar las pruebas conducentes.

La programación es uno de los aspectos más importantes en la construcción, para lo cual se estudiarán los rendimientos en los principales actividades y estipulados en los precios unitarios del concurso, para complementar los tiempos de ejecución, el proyecto completo, los materiales, equipos, mano de obra especializada. Es esencial el cumplimiento de las normas de calidad y de seguridad y medio ambiente en la obra para entregar un producto terminado que cumpla con los requerimientos del cliente.

Por ser una obra que está controlada por el órgano descentralizado Proyecto Metro del Distrito Federal (PMDF) se llevarán controles rigurosos de:

- ❖ Avances de Obra (Programas y Rutas Críticas).
- ❖ Documentos.
- ❖ Cambios de Proyecto.
- ❖ Calidad y seguridad.
- ❖ Procedimientos Constructivos para los diferentes tipos de soluciones.
- ❖ Contratos y Subcontratos.

La construcción de la obra civil de la línea 12 se resolverá de la siguiente manera:

- ❖ Solución superficial de Talleres Tláhuac al tramo de transición Tlaltenco-Zapotitlán.
- ❖ Solución elevada del tramo de transición Tlaltenco-Zapotitlán al tramo de transición Barrio Tula-Atlalilco.
- ❖ Solución subterránea en cajón de la transición Barrio Tula – Atlalilco al foso de ingreso del escudo localizado en el tramo Atlalilco - Mexicaltzingo.
- ❖ Solución subterránea con túnel desde el foso de ingreso para el escudo localizado en el tramo Atlalilco – Mexicaltzingo a la Estación Terminal Mixcoac.
- ❖ Zona de Maniobra de los trenes en Solución subterránea, a partir de la cabecera poniente de la Estación Terminal Mixcoac.
- ❖ Depósito en túnel de dos vías para 8 posiciones de trenes, a partir de la Cola de maniobras de la Estación Mixcoac., incluye andén de maniobras y fosa de visita.

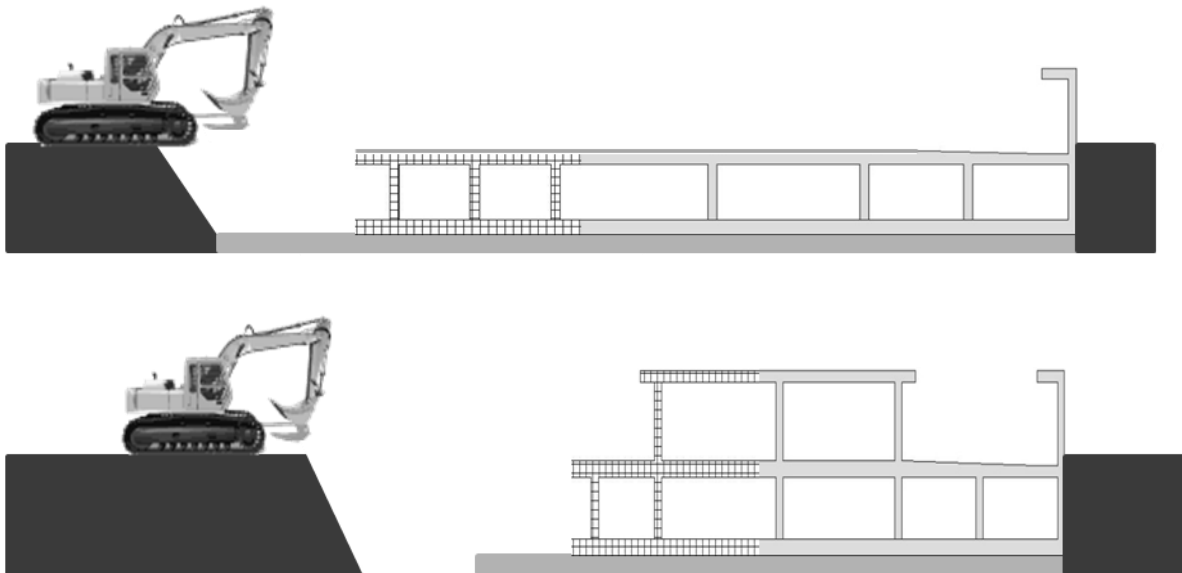
### **3.2.1. Construcción Superficial.**

En la zona superficial al iniciar la excavación también dará inicio el confinamiento de la obra, se tendrá que realizar la tala de árboles y preliminares para contar con el área libre de interferencias, se iniciara la actividad con el despalme de terreno y excavación de la cimentación sobre el eje de la línea. Cuando la excavación alcance el nivel indicado en el proyecto se colocara la plantilla, se procederá al armado de la losa de fondo, muros laterales posteriormente a su colado se inicia con la losa tapa en caso de la estación ya que en tramo queda a nivel losa de fondo para concluir la cimentación. Al termino de ésta se continuara con la estructuración, el diseño de la estructura es ligera por el tipo de terreno donde se ubica, teniendo la etapa con los muros del andén se procederá con el cimbrado

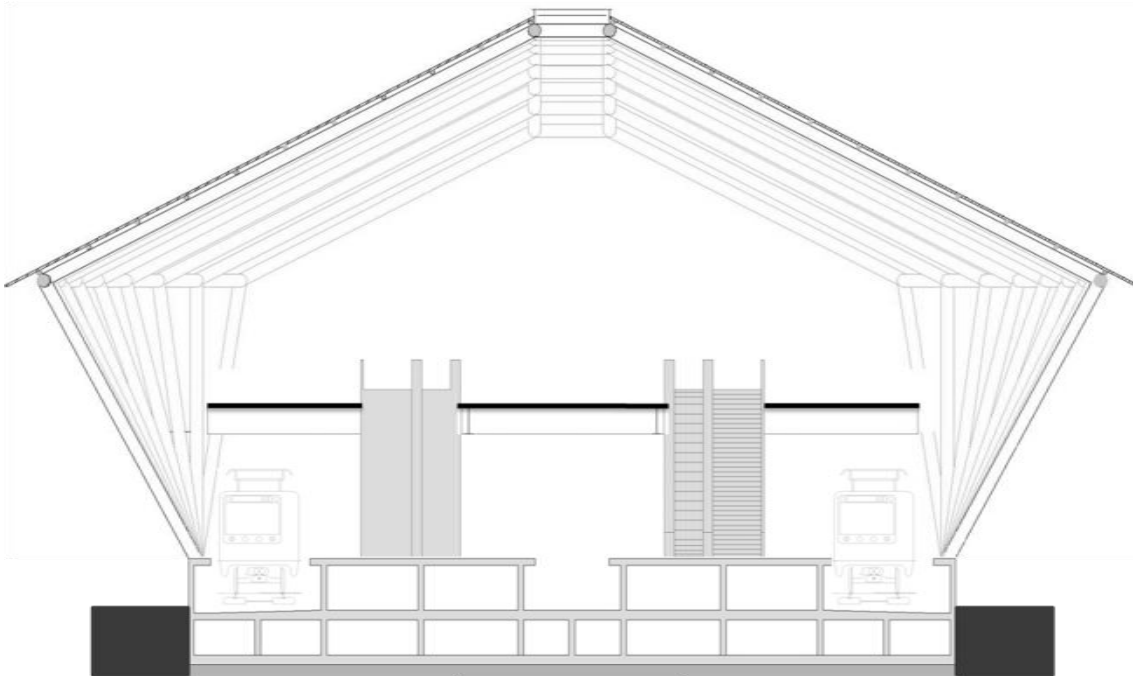


armado, y colado de la losa de andén, dejando pendiente la nariz que se colara posteriormente, terminada la losa de andén se construirán los muros exteriores, se continuara la construcción de los muros interiores y exteriores del nivel andén y posteriormente el desplante de la estructura metálica (ver figura 3.2.1.).

Desde el inicio de la obra se iniciara la fabricación de la estructura metálica columnas, traveses y armaduras para su montaje en el momento indicado, se continuara con el montaje, iniciando con las columnas, vigas y traveses exteriores para formar marcos y rigidizarlos con las armadura de la techumbre, teniendo la estructura exterior sujeta y anclada formando los marcos, se continuara con el montaje de las columnas interiores en el andén, traveses y las vigas de conexión entre las columnas interiores, para formar la estructura del vestíbulo superior, terminado la estructuración del vestíbulo superior, con sus conexiones y anclajes se procederá a la colocación de la lamina losacero inmediatamente se colocara el firme de compresión, y se continuara con el montaje del multipanel de la estructura para la techumbre, con sus accesorios y fijaciones (ver figura 3.2.2.).



**Figura. 3.2.1.;** Se visualiza la cimentación para tramo y por otra parte la de la estación con andén.

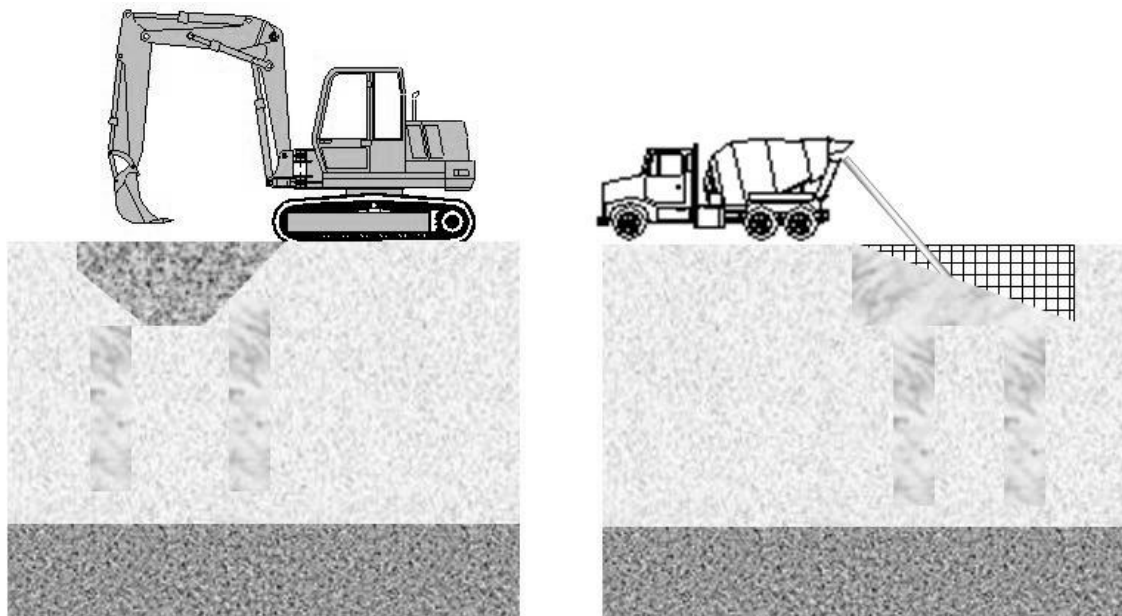
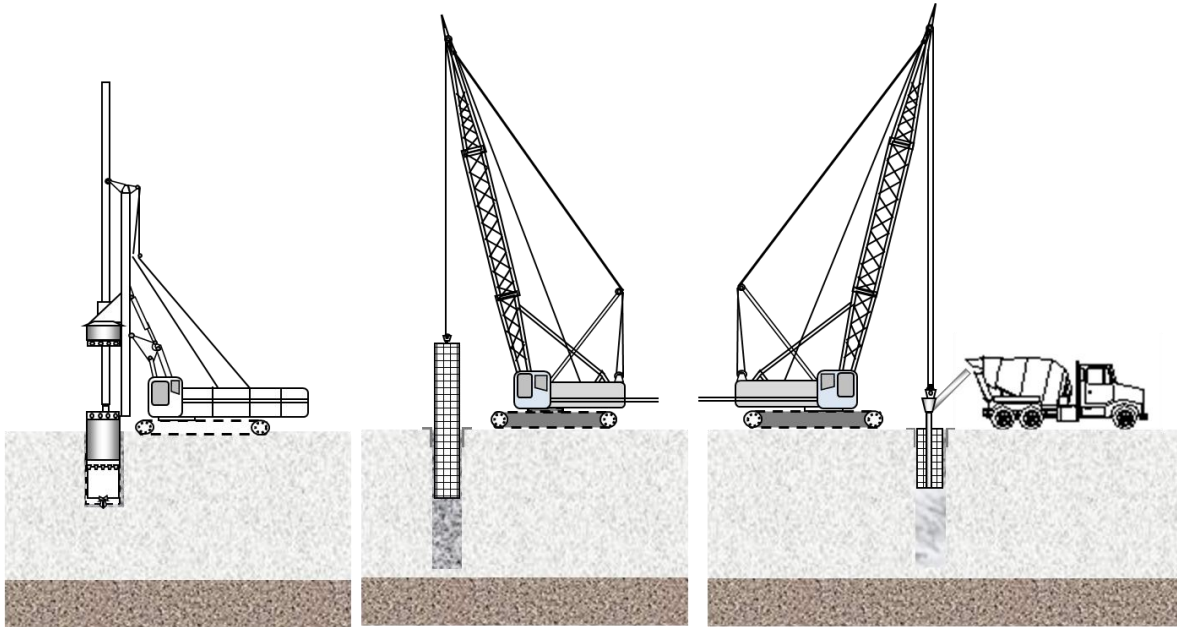


**Figura. 3.2.2.;** *Se visualiza el conjunto de la estación.*

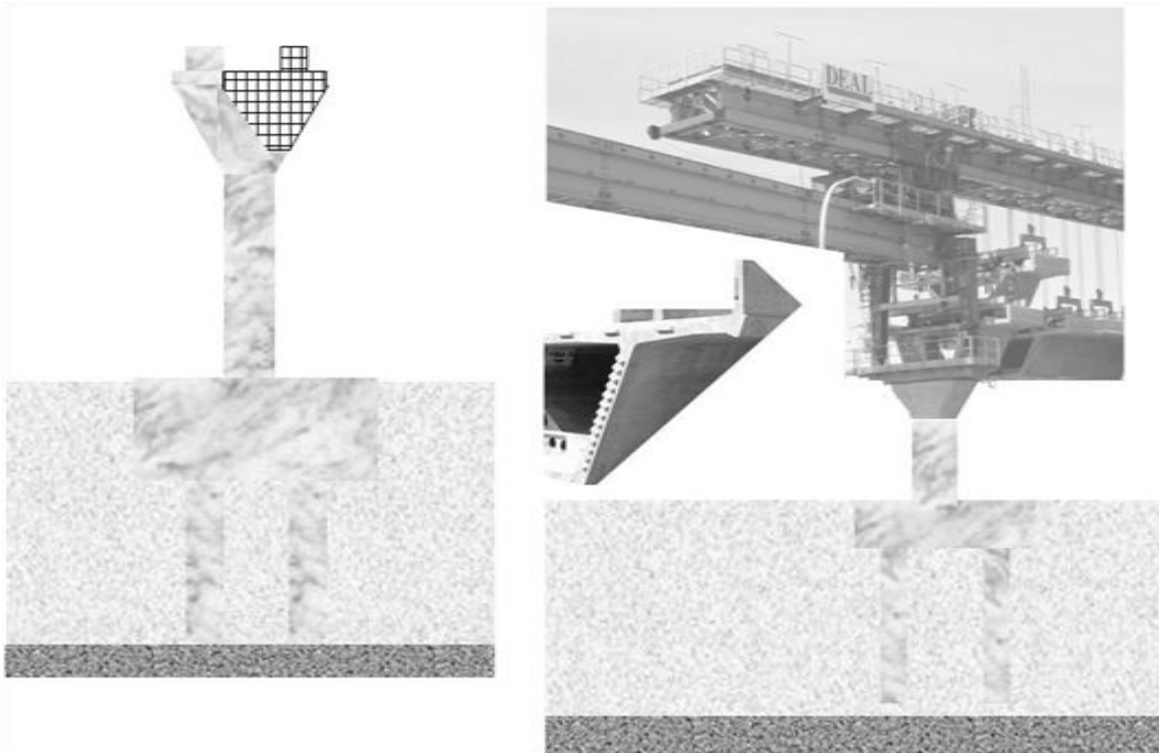
### **3.2.2. Construcción Elevada.**

En la zona elevada la solución es que después de terminar con las obras inducidas que son aquellas interferencias que nos pueden afectar el inicio de la obra civil, se procederá a la perforación para introducir el armado de las pilas que posteriormente serán coladas in situ, después continuamos con la excavación donde se alojara el cajón de cimentación para así colocar la plantilla de concreto simple y la colocación del acero de refuerzo para cimbrarla y colar (ver figura 3.2.3.). Al término de la cimentación se procederá con la estructura que incluye el armado de columnas, cimbrado y colado para así dar comienzo al montaje de la viga lanzadora y simultáneamente la fabricación de los precolados e ir colocando las dovelas que a un determinado tramo serán postensadas (ver figura 3.2.4.). En el caso de estaciones se procede con el montaje de precolados de andén y montaje de cubierta simultáneamente a lo anterior se realiza la demolición de las afectaciones, cimentación de accesos y colocación de su estructura para poder concluir con el montaje del paso peatonal y en general con su albañilería y

acabados. Para el caso de los intertramos se prosigue con el montaje de faldones precolados y se termina con la colocación del balasto.



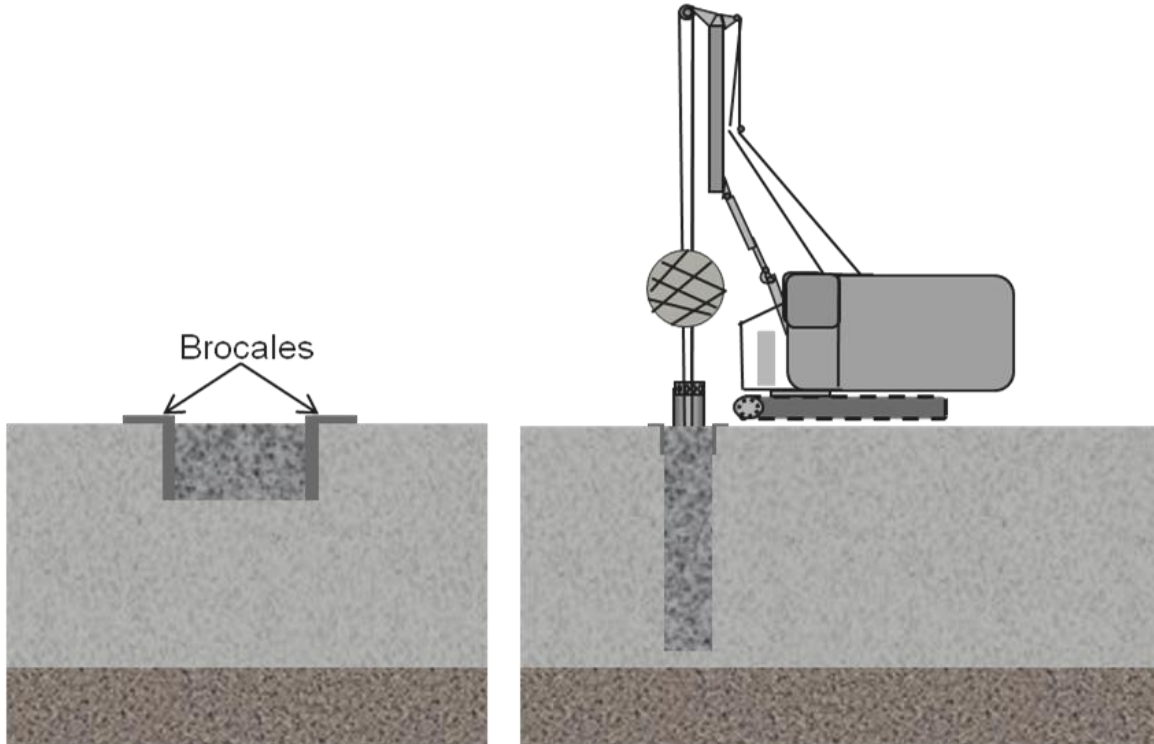
**Figura. 3.2.3.; Se muestra la perforación colocación del acero y colado de las pilas y la excavación, colocado del armado y colado del cajón de cimentación.**



**Figura. 3.2.4.;** *Se observa la estructura, una sección de dovela y el montaje de la viga lanzadora.*

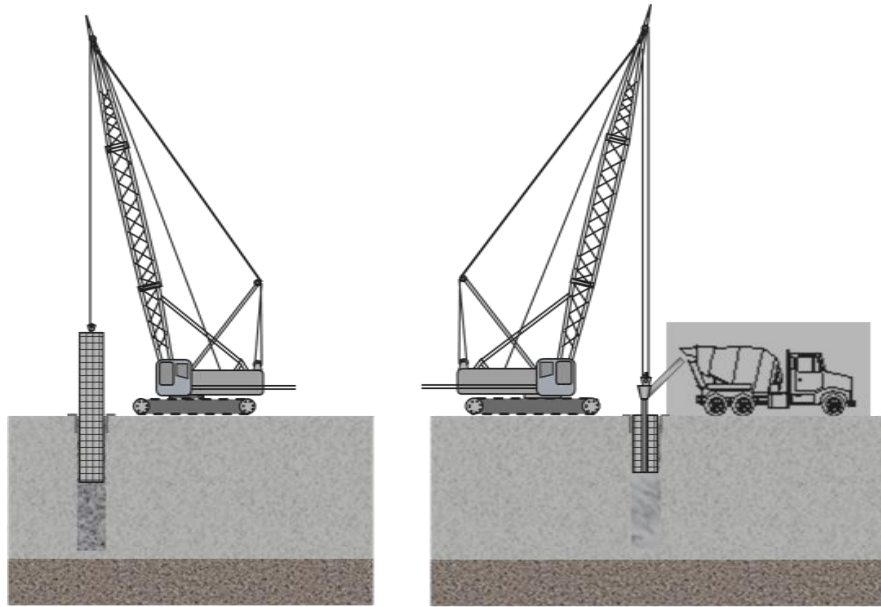
### **3.2.3. Construcción Subterránea.**

Para la construcción del tramo subterráneo se utilizará el método ya mundialmente conocido y utilizado, de cajón de Milán. Este sistema utiliza las propiedades estabilizadoras de una arcilla llamada bentonita. Se excavan 2 trincheras poco profundas sobre la vertical de los futuros muros del cajón. Las caras laterales de estas trincheras son protegidas por unos brocales de concreto ligeramente armado procediéndose seguidamente a profundizar las trincheras, utilizando para ello brocas de gran diámetro y palas especiales (almejas) que retiran el suelo hasta lograr la profundidad máxima requerida (ver figura 3.2.5.). Las trincheras profundas así logradas son seguidamente rellenas de lodo bentonítico.



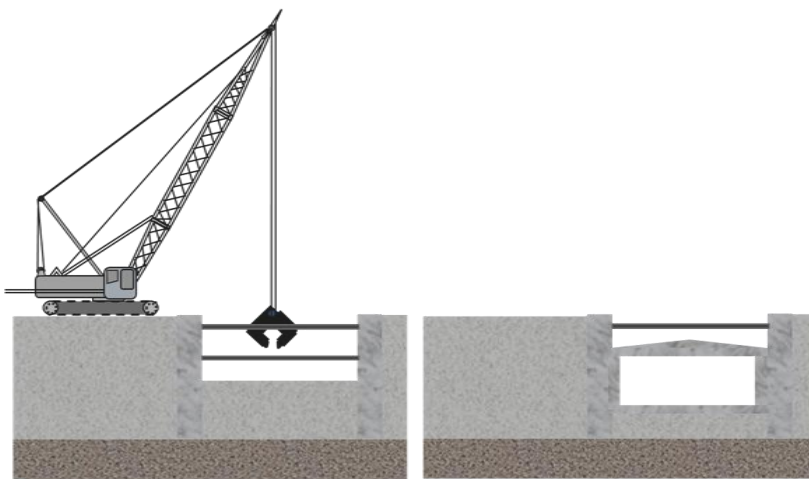
**Figura. 3.2.5.; Trinchera corta con brocales y excavación de trinchera para alojar el muro Milán.**

A continuación se introducen las armaduras metálicas correspondientes a los muros laterales. Una vez colocadas se procede a verter el concreto, utilizando para ello unos tubos Tremí mediante los cuales el colado no cae sobre la bentonita sino que es depositado en el fondo mismo de la trinchera profunda. Por su mayor densidad el concreto va quedando abajo, expulsando por la parte alta de la zanja un volumen equivalente de lodo bentonítico, hasta que éste ha sido remplazado totalmente por el concreto, con lo cual queda integrado el muro de concreto reforzado (ver figura 3.2.6.).



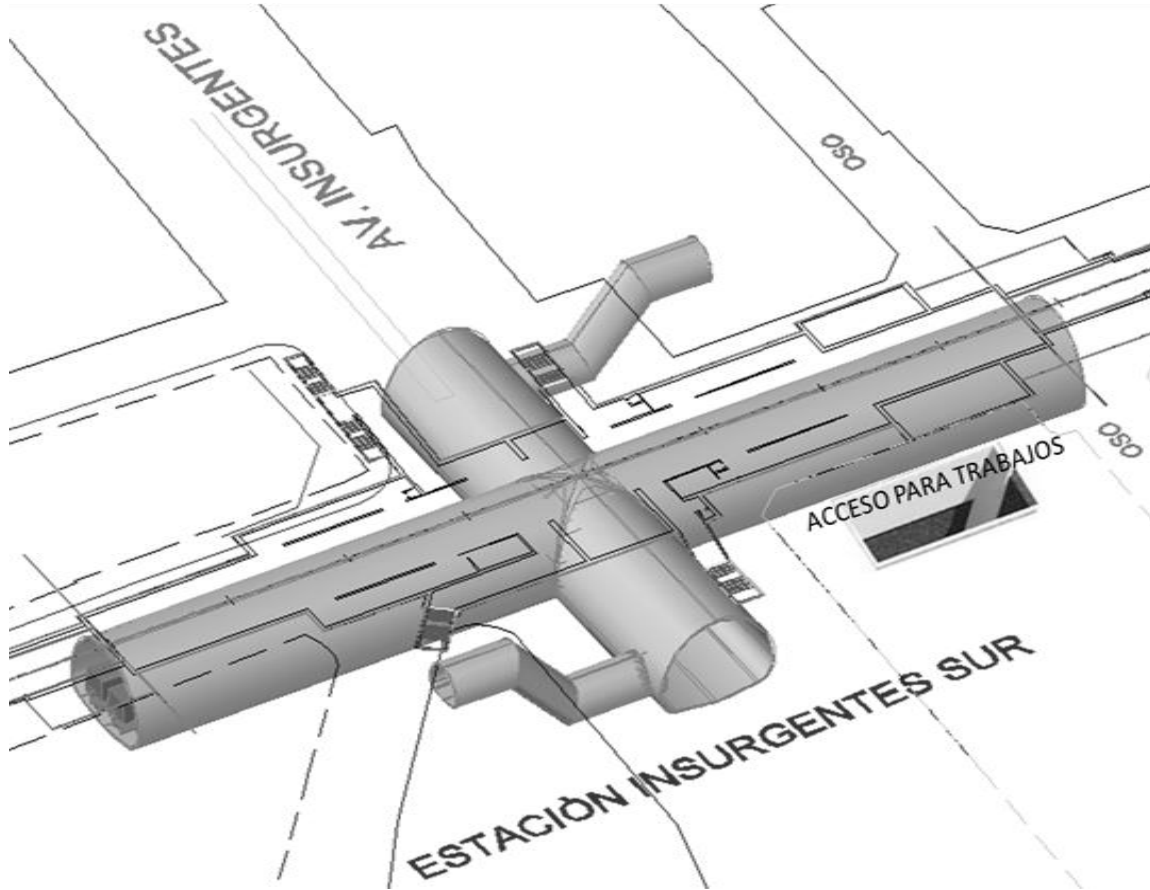
**Figura. 3.2.6.; Colocación de acero y colado del muro Milán.**

Terminando en ambos lados del cajón, se excava el terreno comprendido entre ellos. Para evitar el desplome hacia dentro se instalan troqueles transversales que más tarde serán retirados. La excavación se continúa hasta la profundidad requerida para colar la losa de fondo del cajón. Posteriormente los muros laterales (muros de acompañamiento) y a continuación las tabletas que conformaran el techo para poder colocar sus instalaciones eléctricas, balasto y vías (ver figura 3.2.7).



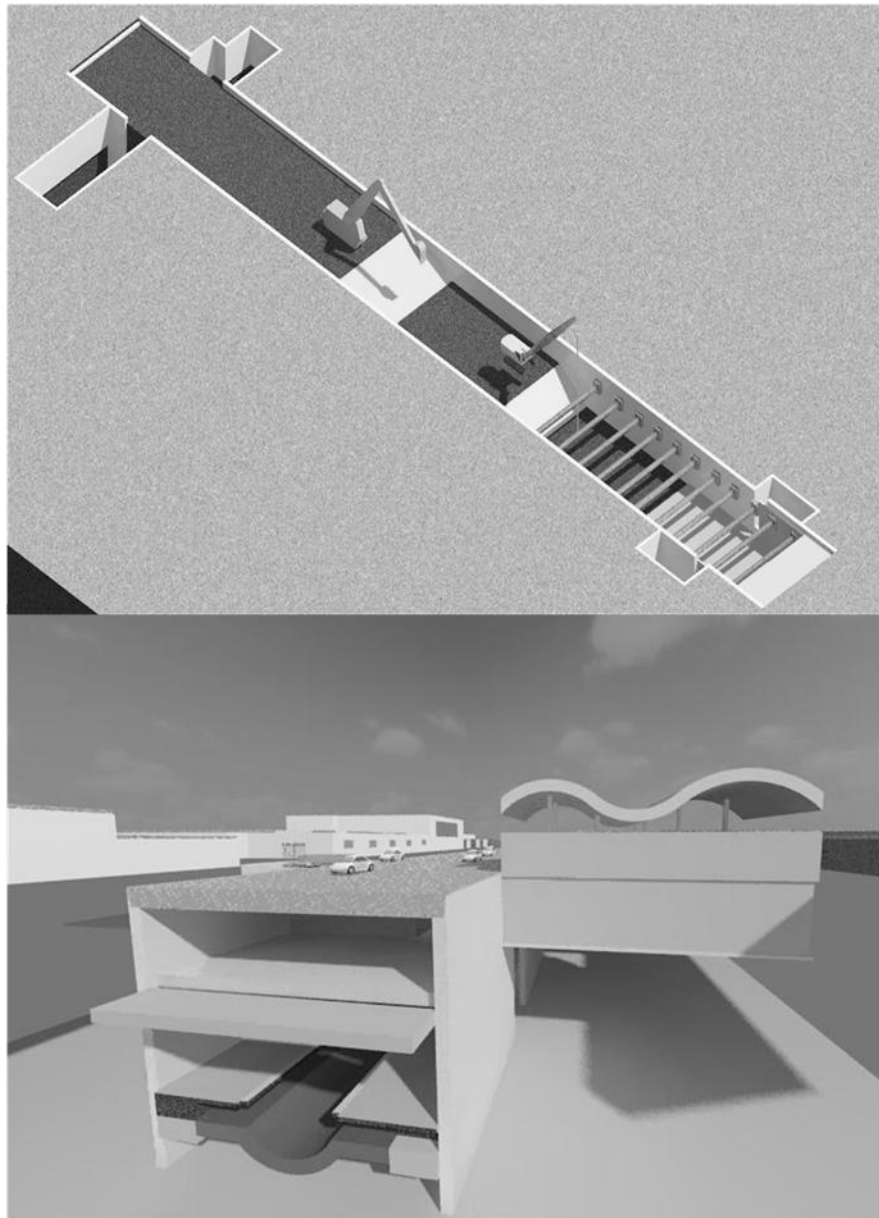
**Figura. 3.2.7.; Excavación del núcleo y fabricación de losa, muros y tabletas.**

Para la construcción de las estaciones que cruzan con avenidas importantes como lo es Insurgentes se recurrirá al método denominado TOP DOWN con el fin de permitir la circulación sobre esta vialidad. El método Top-Down permite independizar la construcción de la estructura subterránea “descendente” y la superficial “ascendente” o como en este caso ya se encuentra construida y no se desea afectar, tan solo se requiere de una superficie libre fuera de los límites de las avenidas para poder ingresar con lo necesario para la construcción como es equipo, materiales y personal (ver figura 3.2.8.).



**Figura. 3.2.8.; Se observa una proyección de la estación insurgentes la cual se tendría que construir con el método TOP- DOWN.**

En algunas estaciones su solución es utilizando el método de muros Milán, como se describió con anterioridad, aquí se tendrá que agregar una losa intermedia que servirá para contar con el mezzanine y a partir de ahí construir los accesos (ver figura 3.2.9.).

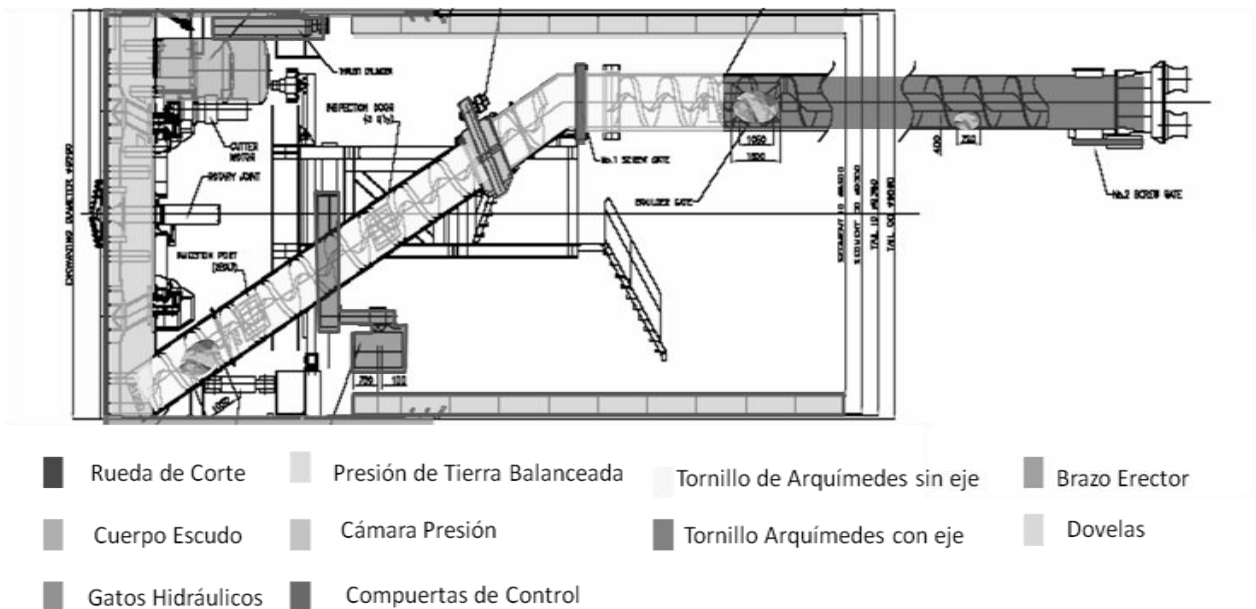


**Figura. 3.2.9.;** *Proceso de construcción de estación a cielo abierto y proyección de ella.*

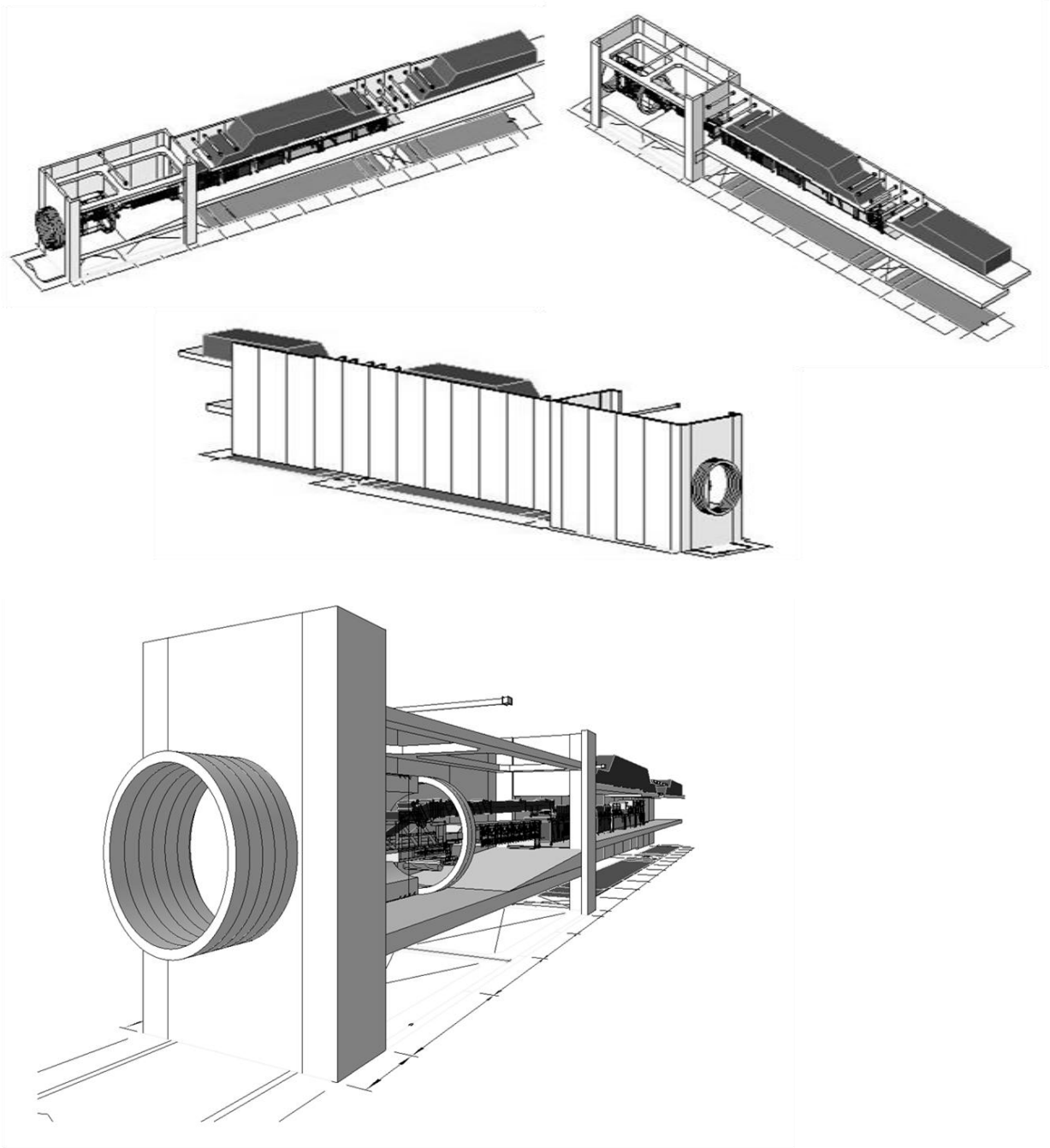


### 3.2.4. Construcción Subterránea con Túnel.

En la solución subterránea con túnel, se empleara un escudo, un escudo es un cilindro de acero rígido abierto en ambos extremos, provee facilidades a su frente para excavación del terreno y en su parte posterior para la erección del revestimiento prefabricado (ver figuras 3.2.10. Y 3.2.11.). El escudo es impulsado hacia delante por pasos manteniendo simultaneidad con el avance de la excavación y el trabajo de erección del ademe primario, de manera que el frente quede bien soportado hasta que se cuele el revestimiento final. El procedimiento constructivo con escudo ofrece ventajas esenciales la excavación del túnel puede hacerse a sección completa, ofrecer el soporte constante al terreno en cualquier dirección, facilita el trabajo de construcción ya que no hay obras inducidas y evita deformaciones excesivas del terreno, reduciendo los asentamientos en la superficie.

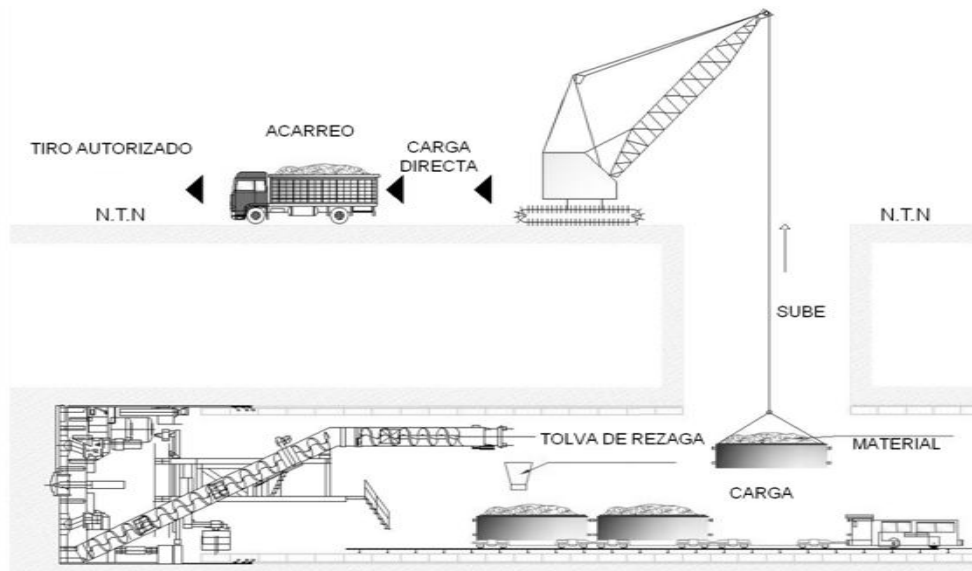


**Figura. 3.2.10.; Escudo y sus componentes.**

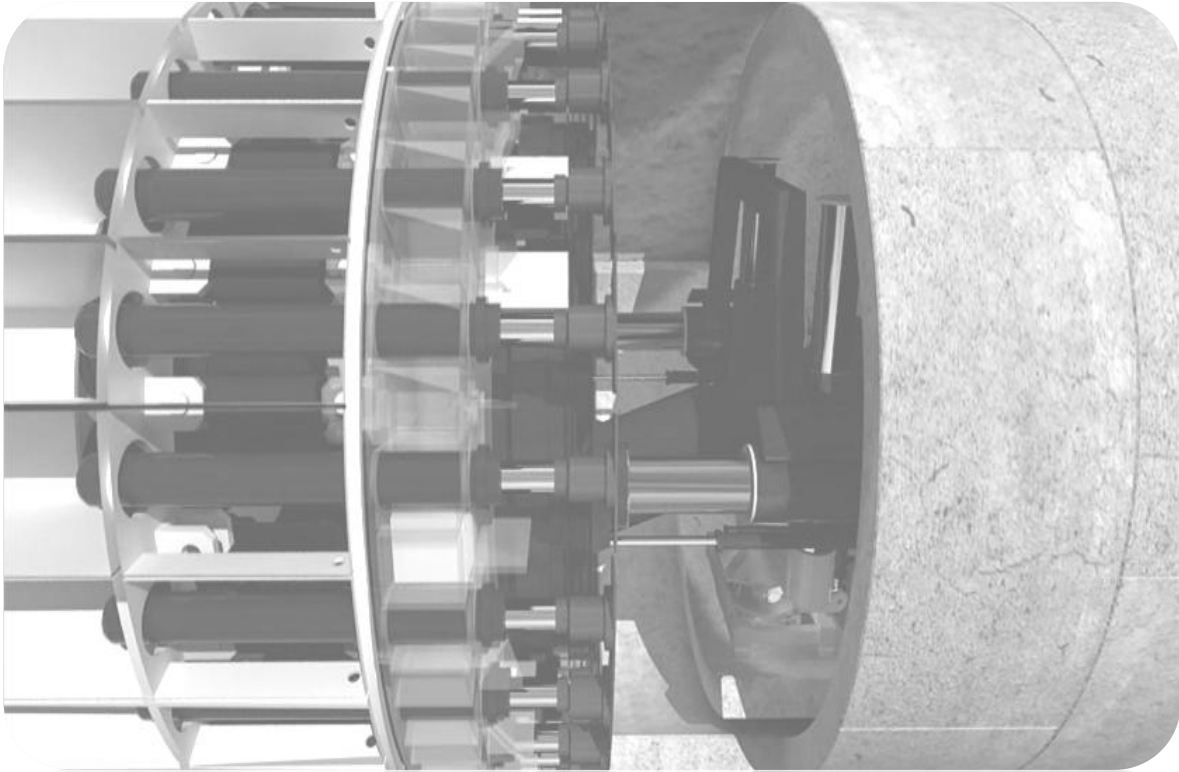


**Figura. 3.2.11.; Vistas del escudo.**

La excavación tiene lugar en el frente y con relación a la seguridad es la actividad más difícil en el tuneleo. La herramienta empleada para la excavación del frente, depende del grado de dureza del suelo, siendo común el uso de martillo neumático. Esta excavación se inicia al terminar un empuje del escudo y es simultánea a la colocación del último anillo. La estabilización del frente se logra a base de tableros de madera, que son detenidos por los gatos frontales. Una mampara en la parte posterior del escudo, que retiene el material producto de la excavación es bajada para permitir el acceso a una máquina rezagadora con banda transportadora. Esta deposita el material en botes o cajas especiales, que posteriormente se llevan con locomotoras a la lumbrera, donde son tomados por un malacate para que en superficie sean vaciados a una tolva y de ahí a camiones de volteo (ver figura. 3.2.12.). Terminando el avance se limpia la plantilla dentro del faldón del escudo para poder proceder al montaje del revestimiento primario (segmentos prefabricados de concreto reforzado, “dovelas” en la figura. 3.2.13. Se observa el elemento dovela y su montaje). Cada una de las piezas se instala por medio de un brazo erecto de accionamiento hidráulico montado en la parte posterior del escudo; dicho brazo erector puede girar alrededor de su eje horizontal a cualquier posición que se requiera y puede extenderse o retraerse en su extremo tiene un dispositivo especial para sujetar al segmento por instalar.



**Figura. 3.2.12.; Extracción de material.**



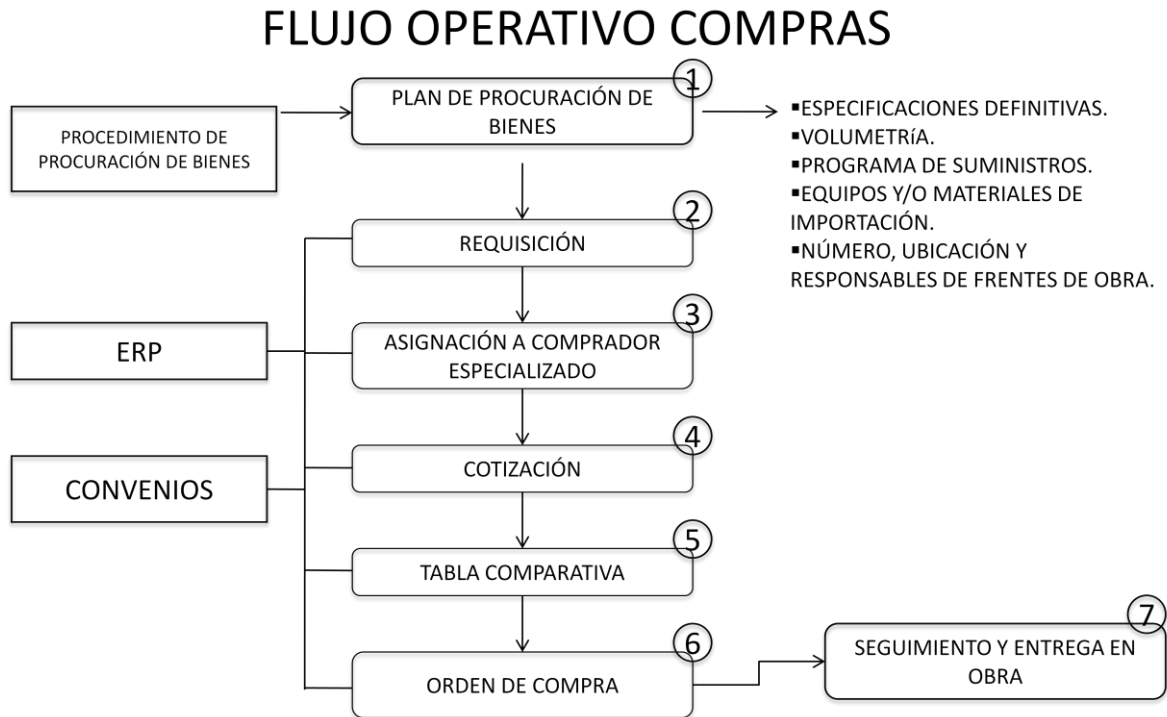
**Figura. 3.2.13.; Elemento dovela y montaje de ésta.**

A medida que el anillo se va ensamblando, los gatos de empuje se van retirando; a continuación se aprieta la tornillería que une los segmentos entre sí y con el anillo anterior. Terminado lo anterior se baja la compuerta de rezaga para iniciar otro ciclo. Los anillos ya montados tienden a adoptar una forma oval, y no circular como lo puede el proyecto, por lo que se hace necesario colocar un par de puntales dotados con gatos mecánicos para su ajuste; este apuntalamiento se conserva hasta después del inyectado de concreto simple entre el suelo y la dovela.

Los objetivos de la inyección son: establecer un relleno compacto, estabilizar el terreno circundante reduciendo la presión del suelo contra el ademe del túnel y que actúe como sello para el agua. En general si construimos debemos saber en donde construimos que construimos y como construimos.

### 3.3. PROCURACIÓN

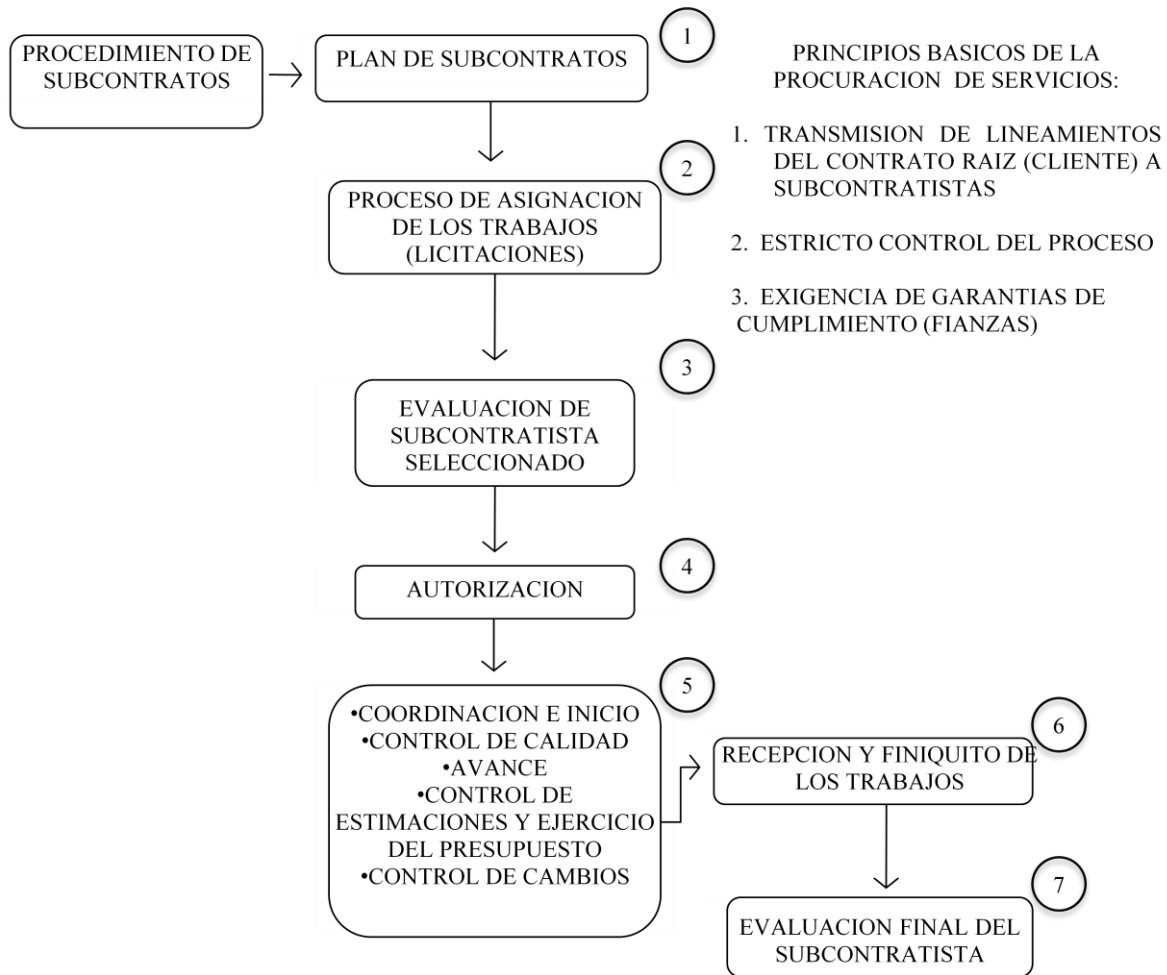
La procuración consiste en administrar la adquisición de bienes y servicios. En cuestión de bienes garantizando cualitativa y cuantitativamente el suministro de los mismos, en tiempo, forma y con las mejores condiciones actuales del mercado (ver flujo operativo de compras figura 3.3.1).



**Figura.3.3.1. Flujo operativo de compras.**

En cuanto a los servicios la subcontratación se procura la obtención de la mejor propuesta técnica y económica del mercado para poder satisfacer las necesidades a las que se enfrenta el proyecto (ver flujo operativo subcontratos figura 3.3.2).

## FLUJO OPERATIVO SUBCONTRATOS



**Figura.3.3.2. Flujo operativo subcontratos.**

En los flujos operativos, debemos seguir, el orden con los números indicados para no perdernos y adquirir un bien o servicio según sea el caso lo mejor posible, para que se facilite el proceso de compra o contratación.

En seguida se definirán algunas palabras comúnmente empleadas en el área de procuración, como también se enunciarán abreviaturas:

- ❖ Proveedor. Persona moral o física que tiene a su cargo un contrato o pedido para el suministro de productos o materiales, comprometido a cumplir con las especificaciones, cantidades y plazo o programa de entrega de los mismos.
- ❖ Materiales básicos. Son aquellos materiales que por su importe forman el 80% de la explosión de insumos del proyecto.
- ❖ Materiales No - básicos. Son aquellos materiales que por su importe forman el 20% restante de la explosión de insumos del proyecto.
- ❖ Requisición de materiales. Documento basado en el Plan de Procuración de bienes (PPb) de donde se obtiene la lista de materiales a solicitar; especificando detalladamente los requisitos que debe cumplir, cantidades y fechas de suministro.
- ❖ Orden de compra o pedido. Documento basado en la requisición de materiales que se envía al proveedor, para solicitarle el suministro de algún material y en las que se establecen las condiciones comerciales, cantidad, fechas de entrega, y requisitos de calidad que deben cumplir para su aceptación en el almacén.
- ❖ Fianza. Es una garantía que busca asegurar el cumplimiento de una obligación, consiste en una garantía personal, en virtud de la cual se asegura el cumplimiento de una deuda u obligación mediante la existencia de un fiador. El fiador es una tercera persona ajena a la deuda que garantiza su cumplimiento comprometiéndose a cumplir él lo que el deudor no haya cumplido por sí mismo (deudor subsidiario).

Abreviaturas:

AO	Área Operativa
CTS	Coordinador Técnico del Servicio
GP	Gerencia de Proyecto
GPn	Gerencia de Procuración
RPP	Responsable de Procuración en el Proyecto, en fase de oferta o en ejecución del Proyecto
GO	Gerencia de Ofertas
JPO	Jefe de Proyecto de Oferta
JA	Jefe de Almacén
JC	Jefe de Compras
DP	Dirección de Proyecto
Sub DP	Subdirección de Proyecto
DA	Director administrativo
CM	Comprador
PV	Proveedor
JAD	Jefe Administrativo
SPy	Superintendente de Proyecto
CDO	Control de Documentos del Proyecto
AP	Administrador del Patrón
GAC	Gerencia de Calidad, Seguridad y Medio Ambiente
DPBS	Dirección de Procuración de Bienes y Servicios
DO	Dirección de Operaciones
PPB	Plan de Procuración de Bienes
AS	Área Solicitante
ERP	Enterprise Resource Planning- Distribución y abastecimiento



### 3.3.1. Procedimiento de Procuración.

Un procedimiento de procuración nos establece la secuencia de actividades, responsabilidades, políticas, lineamientos y controles para la planeación, negociación y gestión (cotización, selección, asignación), de bienes, que aseguren el cumplimiento de requisitos de calidad, cantidad, tiempos de entrega y costos pactados (ver tabla 3.3.1.).

<b>Acción</b>	<b>Responsable</b>	<b>Autoriza</b>
<b>Licitación Inicio</b>		
El responsable de la GO al preparar al presupuesto para una licitación, solicita a la GPn, que se coticen todos los materiales básicos que intervienen en la licitación una vez determinada la explosión de insumos del concurso.	GO	GPn
Se identifican y listan todos los productos que por su importancia, costo o dificultad de obtención, requieren negociaciones, convenios específicos o especiales, siendo la DPBS la única autorizada para celebrar dichos convenios.	GPn	DPBS
La DO, la DP y la DPBS autorizan en conjunto la elaboración de convenios previos durante el proceso de conformación de ofertas.		DO DP DPBS
En caso de no existir convenios previos o preestablecidos ni negociaciones específicas del material se procederá a su autorización.	GPn	
Conforme se van recibiendo las cotizaciones solicitadas, éstas se entregan al responsable de la GO o al responsable del área licitante para ser integradas a la licitación correspondiente.	GPn	
<b>Compras Inicio</b>		
Una vez que se ha adjudicado el proyecto a la empresa, el RPP solicita al GP el Plan de Procuración de bienes (PPB) autorizado por el GP y el DP, el cual está basado en la explosión de insumos del Proyecto.	GP	GP
El PPB especifica los volúmenes y la cantidad a suministrar de cada material y el periodo en que se requieren.	RPP	DP
	GP	GP DP

<p>La DPBS envía a la obra al inicio de cada proyecto al RPP y al GP, en archivo electrónico o copia controlada, los convenios vigentes para la compra de bienes y servicios.</p>	DPBS	
<p>De acuerdo al PPB el almacén recibe las solicitudes de requisición de materiales emitidas por las AS de cada frente y/o departamento del proyecto debidamente autorizadas, las cuales son capturadas en el sistema ERP DAS y enviadas al RPP para su gestión</p>	AS	GP
<p>El RPP revisa que la requisición está debidamente configurada con las firmas correspondientes y que los materiales estén solicitados estén correctamente descritos y especificados.</p>	RPP	
<p>Una vez aceptada la requisición por el RPP, éste la asigna a un comprador vía ERP DAS para iniciar el proceso de compra.</p>	RPP	
<p>El comprador verifica en el patrón de proveedores si el material requisitado forma parte de algún convenio corporativo preestablecido. Si no hay convenio amparando el material requisitado se analiza la conveniencia de negociar alguno, a través de la Dirección de Procuración</p>	CM	
<p>Una vez seleccionado el proveedor, el RPP procede a la elaboración de la orden de compra. En el caso de que dicha orden de compra sea superior a \$500,000.00, deberá ser turnada para su autorización según matriz de autorización vigente.</p>	RPP	
<p>En el caso de la que la compra sea menor de \$500,000.00 el RPP puede liberar la orden de compra a través del sistema ERP DAS.</p>	RPP	
<p>Una vez que la orden de compra es autorizada, el comprador procede a entregarla al proveedor.</p>	CM	
<p>En caso de que el proveedor solicite anticipo para el suministro de la orden de compra, éste debe de entregar junto con la factura, la fianza que respalde el pago de dicho anticipo, el cual se amortizará en la(s) factura(s) subsecuentes, la fianza estará vigente hasta que se amortice el total del anticipo.</p>	RPP	
<p>El RPP debe informar a la DPBS en todos los casos en los cuales el proveedor solicite anticipo.</p>	RPP	

El comprador dar seguimiento a cada una de las órdenes de compra que le fueron asignadas por el RPP para su cumplimiento según términos estipulados en la orden de compra.

CM

El comprador verifica mediante el sistema ERP que se haya recibido el material en cantidad, calidad y tiempo especificados en la orden de compra.

RPP

GP

GPn

Cuando los materiales sean extranjeros se solicitara al área de importaciones y exportaciones de la DPBS que se haga el trámite correspondiente.

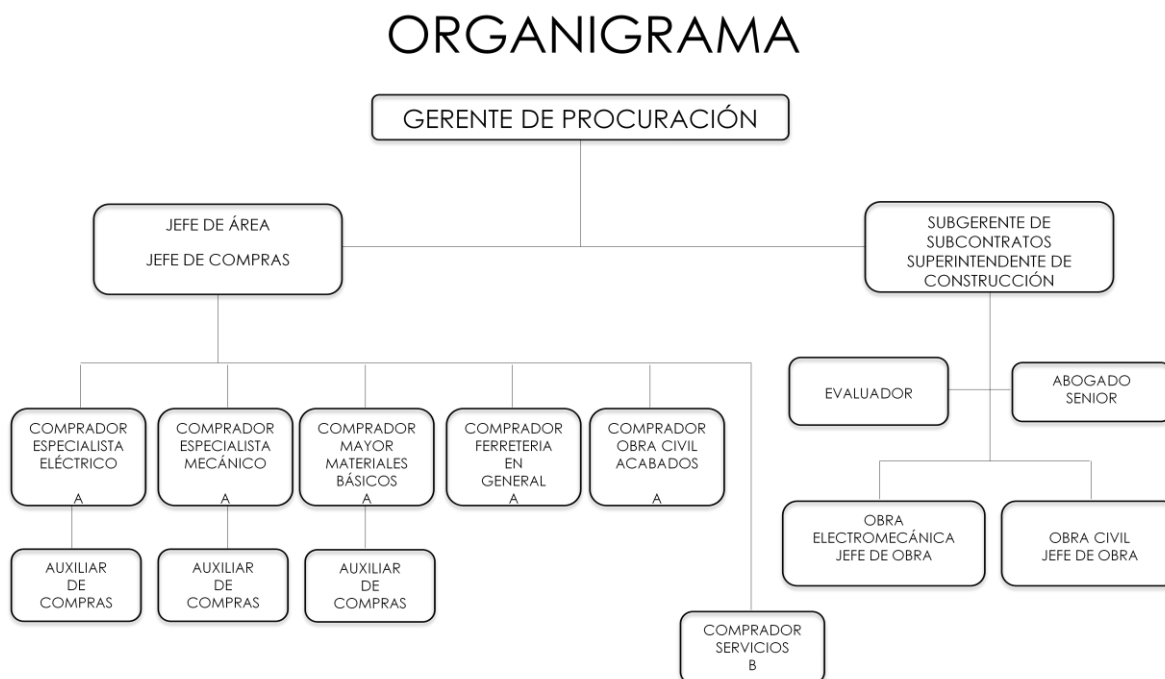
DPBS

Cuando el material sea de alguna marca específica por el proyecto y la compra se realice con el fabricante, ésta quedara exenta del cuadro comparativo.

Cuando se trate de distribuidores, si se debe elaborar el cuadro comparativo.

**Tabla 3.3.1. Procedimiento para llevar a cabo la administración de bienes.**

A continuación en la figura 3.3.3. Se muestra el organigrama para poder llevar a cabo la serie de actividades correspondientes a la procuración.



**Figura. 3.3.3. Organigrama de Procuración.**

La gerencia de procuración, es de suma importancia dentro del proyecto de la línea doce, ya que ella resolverá gran parte del trabajo, al proporcionar y poner en el área de trabajo la disposición de insumos de acuerdo a la necesidad que se va requiriendo de acuerdo al avance y la ejecución de los trabajos, para así emplearlos de manera satisfactoria.

### 3.4. PUESTA EN OPERACIÓN

La línea 12 se construirá bajo el esquema de obra pública tradicional, iniciará construcción inmediatamente y deberá concluirse en abril de 2012. El proyecto contempla la construcción de una nueva línea del transporte colectivo, con una longitud de 24,826 metros que unirá el oriente con el poniente de la ciudad de México de Tláhuac a Mixcoac. La construcción se realizará en dos etapas, la primera de la estación Tláhuac a Atlalilco y será puesta en servicio el 30 de abril de 2011; y la segunda etapa correrá de Atlalilco a Mixcoac y se pondrá en operación el 30 de abril de 2012 (ver anexo II).

Para la puesta en operación es necesario que semanas antes de ésta se cuenten ya con manuales de operación, de mantenimiento, catalogo de partes, un listado de componentes, licencias de cualquier software que se tenga que emplear para operar los diferentes sistemas involucrados como los de pilotaje automático, señalización y de telecomunicaciones. Además de las distintas pruebas.

#### 3.4.1. Pruebas.

La nueva línea del metro requerirá pruebas que permitirán la detección de las deficiencias con las que se cuentan y poder darles solución. Las más comunes se enlistan a continuación.

- ❖ Pruebas de Conformidad. Las cuales cuyo objetivo es verificar la calidad de las instalaciones involucradas (centro de comunicaciones, subestaciones de alumbrado y fuerza, la sala de control de energía de la SEAT, las vías, trenes etc.).
- ❖ Pruebas estáticas. Las cuales cuyo objetivo es de verificar el sistema eléctrico como su continuidad en el cableado y mediciones eléctricas en las diferentes instalaciones de la línea.

- ❖ Pruebas de la red de comunicaciones. El objetivo de estas pruebas es tanto para verificar su correcta funcionalidad como para dar paso a las pruebas dinámicas. Las pruebas consisten en verificar el funcionamiento y desempeño de las redes de área local virtuales (VLANs).
  
- ❖ Pruebas Dinámicas. Con este tipo de pruebas se identifica el funcionamiento de los diferentes sistemas en situaciones reales, por lo tanto los trenes se encuentran en circulación.

Se pondrá en operación para realizar observaciones siendo esta en vacío, es decir, antes de dar el servicio comercial para que se permita comprobar el correcto funcionamiento de las instalaciones y poder ajustarlas en caso que existiese una deficiencia. A su vez capacitar al personal que iniciara a laborar ya sea el de operación o de mantenimiento.

Posterior al periodo de observación y habiéndose efectuado satisfactoriamente, se procederá a tener en condiciones deseadas de operación la nueva línea 12 del metro de la Ciudad de México, para su puesta en operación al público en general.

## IV. CONCLUSIONES

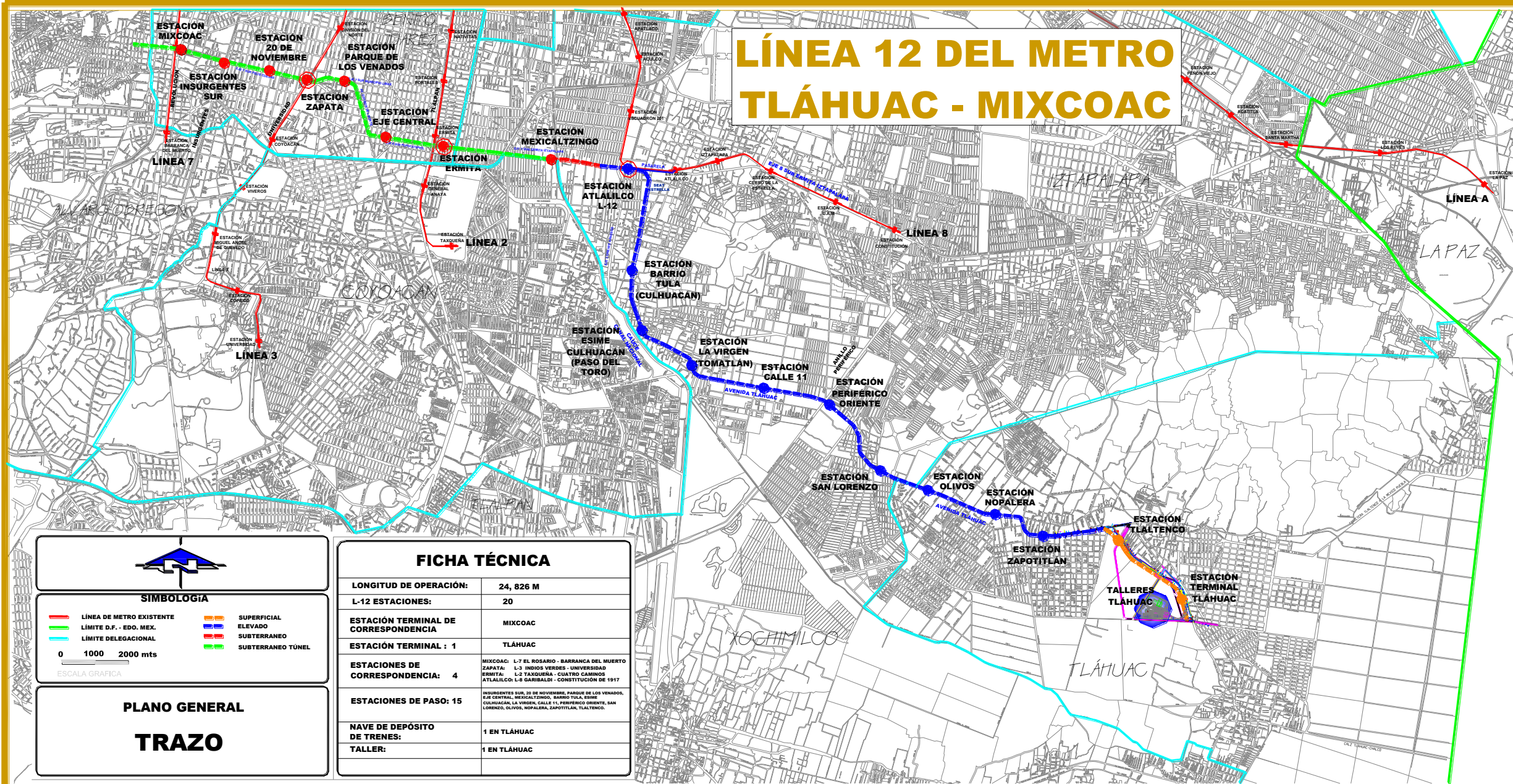
- ❖ De manera general, la finalidad de la planeación se enfoca en desarrollar una secuencia de actividades, integrando planes y programas coordinados entre sí para alcanzar objetivos específicos a lo largo de un período determinado.
- ❖ La línea 12 es un proyecto benéfico para las personas que tienen su área de trabajo en la zona poniente de la ciudad de México y gracias a su trazo que pasará de un recorrido que duraba tres horas en camión o microbús a menos de una.
- ❖ Debido a la dimensión del proyecto fue necesario formar un consorcio que le hiciera frente para poder ejecutarlo, además de que tuvo que estar en competitividad con otros consorcios.
- ❖ Con la construcción de líneas de metro se favorece la infraestructura del País. La línea 12 del metro de la Ciudad de México contribuirá importantemente al desarrollo de la Ciudad.
- ❖ Con la construcción de la Línea 12 se dará un enorme apoyo a la economía familiar de los habitantes de Tláhuac, Iztapalapa, Xochimilco, Milpa Alta, Álvaro Obregón, Coyoacán y Benito Juárez ya que son quienes se verán beneficiados al disminuir en promedio su desembolso destinado a transporte de trece pesos, a cuatro pesos diarios.
- ❖ Con este proyecto la Ingeniería en específico la Ingeniería Civil se verá favorecida ya que se capacitarán a ingenieros civiles recién egresados y se dará empleo a los que tienen experiencia en proyectos similares.
- ❖ Para poder llevar a cabo un desarrollo de un proyecto debemos tener en cuenta en que sitio se encontrara la obra a construir, para darle solución a esto se realizan los estudios pertinentes en cada zona donde se ubicará,

que es lo que vamos a construir para resolver esta parte recurrimos a la elaboración de las proyecciones necesarias de la obra y se plasman en planos y por último como se procederá a su construcción para ello se elaboran procedimientos constructivos que involucran todas las medidas de seguridad para no incurrir en faltas hacia el reglamento de construcción del Distrito Federal y a las Normas Complementarias.



**ANEXO I**

# LÍNEA 12 DEL METRO TLÁHUAC - MIXCOAC



**SIMBOLOGÍA**

	LÍNEA DE METRO EXISTENTE		SUPERFICIAL
	LÍMITE D.F. - EDO. MEX.		ELEVADO
	LÍMITE DELEGACIONAL		SUBTERRANEO
			SUBTERRANEO TÚNEL

0 1000 2000 mts

ESCALA GRAFICA

**PLANO GENERAL**

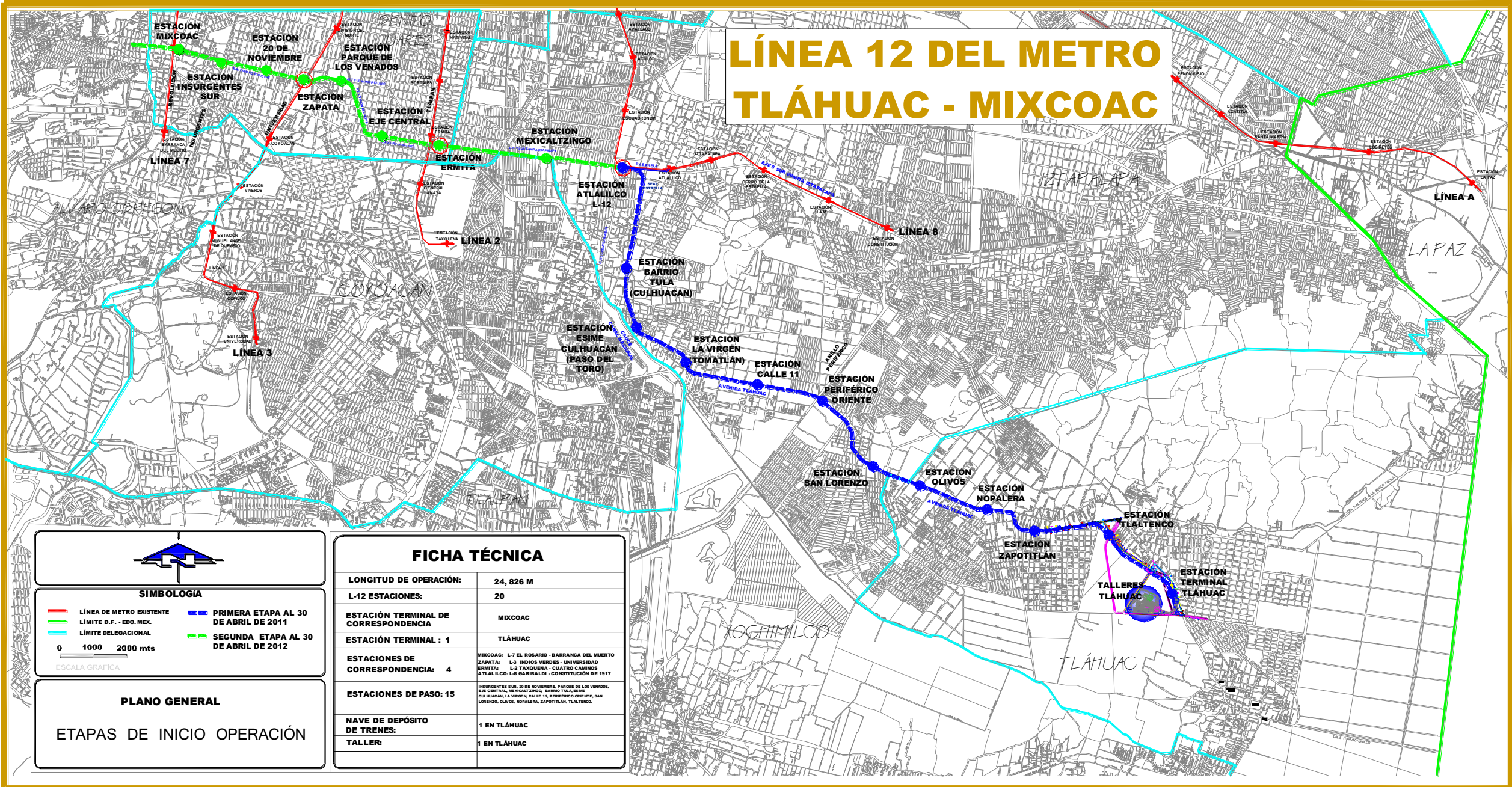
## TRAZO

FICHA TÉCNICA	
LONGITUD DE OPERACIÓN:	24, 826 M
L-12 ESTACIONES:	20
ESTACIÓN TERMINAL DE CORRESPONDENCIA	MIXCOAC
ESTACIÓN TERMINAL :	1 TLÁHUAC
ESTACIONES DE CORRESPONDENCIA:	4
ESTACIONES DE PASO:	15
NAVE DE DEPÓSITO DE TRENES:	1 EN TLÁHUAC
TALLER:	1 EN TLÁHUAC



ANEXO II

# LÍNEA 12 DEL METRO TLÁHUAC - MIXCOAC



**SIMBOLOGÍA**

— LÍNEA DE METRO EXISTENTE    — PRIMERA ETAPA AL 30 DE ABRIL DE 2011  
— LÍMITE D.F. - EDO. MEX.    — SEGUNDA ETAPA AL 30 DE ABRIL DE 2012  
— LÍMITE DELEGACIONAL

0 1000 2000 mts

ESCALA GRAFICA

**PLANO GENERAL**

ETAPAS DE INICIO OPERACIÓN

FICHA TÉCNICA	
LONGITUD DE OPERACIÓN:	24, 826 M
L-12 ESTACIONES:	20
ESTACIÓN TERMINAL DE CORRESPONDENCIA	MIXCOAC
ESTACIÓN TERMINAL : 1	TLÁHUAC
ESTACIONES DE CORRESPONDENCIA: 4	MIXCOAC: L-7 EL ROSARIO - BARRANCA DEL MUERTO ZAPATA: L-3 INDIOS VERDES - UNIVERSIDAD ERMITA: L-2 TAXQUERA - CUATRO CAMINOS ATLALILCO: L-8 GARIBALDI - CONSTITUCIÓN DE 1917
ESTACIONES DE PASO: 15	INDIVIDUOS SAN 20 DE NOVIEMBRE, PARQUE DE LOS VENADOS, EJE CENTRAL, MEXICALTZINGO, BARRIO TULA, TISE, CALHOUN, LA VIRGEN, CALLE 11, PERIFÉRICO ORIENTE, SAN LORENZO, OLIVOS, NOPALERA, ZAPOTITLÁN, TLALTENCO.
NAVE DE DEPÓSITO DE TRENES:	1 EN TLÁHUAC
TALLER:	1 EN TLÁHUAC



## BIBLIOGRAFÍA

Jorge Espinoza Ulloa. *El Metro, Una solución al problema del transporte urbano*. Presentaciones y servicios de ingeniería, S.A. México

Juan de Dios Ortúzar S. *Modelos de Demanda de Transporte*. Alfaomega.

Ángel R. Molinero Molinero. *Transporte Público Planeación, Diseño, Operación y Administración. Planeación de los Transportes Urbanos*. México 1997.

*Treinta Años de Hacer Metro. El Metro*, Ciudad de México Empresas ICA Sociedad Controlada, México 1997, Espejo de Obsidiana

*Memoria, metro de la Ciudad México*. Ingeniería de sistemas de Transporte Metropolitano, S.A.

### **Páginas Electrónicas Consultadas:**

Portal electrónico del Sistema de Transporte Colectivo, Metro:

<http://www.metro.df.gob.mx>

Portal electrónico del Gobierno del Distrito Federal:

<http://www.df.gob.mx>

Portal electrónico del Servicio de Transportes Eléctricos del D.F:

<http://www.ste.df.gob.mx/historia/tranvias30>

Consulta de referencias:

[www.angelfire.com/rings/transportes](http://www.angelfire.com/rings/transportes)

Consulta de referencias:

<http://www.metropla.net>

Consulta de referencias:

[http://www.muskadis/metro\\_mexico.asp](http://www.muskadis/metro_mexico.asp)