

# Construcción del Túnel Canal General en el Valle de Chalco, Estado de México

## **Términos de Referencia**

## Contenido

Contenido .....	2
1 Antecedentes y presentación del proyecto.....	5
1.1 Presentación .....	5
1.2 Antecedentes .....	5
1.3 Problemática.....	6
1.4 Descripción del proyecto.....	9
1.5 Documentos de referencia.....	11
2 Responsabilidades y requisitos.....	13
2.1 Perfil del personal profesional.....	18
2.1.1 Superintendente.....	19
2.1.2 Especialistas .....	19
2.1.3 Demás personal.....	20
2.1.4 Plantilla mínima .....	21
2.2 Maquinaria y Equipo.....	21
2.2.1 Máquina Tuneladora TBM (Tunnel Boring Machine) .....	21
2.2.2 Almeja Guiada .....	22
2.2.3 Demás maquinaria y equipo.....	22
2.3 Selección de Alternativas .....	22
2.3.1 Túnel .....	22
2.3.2 Lumbreras .....	25
3 Documentación.....	26
4 Elaboración estudios y proyectos .....	27
4.1 Estudio Geotécnico .....	27
4.1.1 Análisis de la información geotécnica del proyecto ejecutivo.....	27
4.1.2 Trabajos de exploración.....	28
4.1.3 Trabajos de laboratorio .....	29
4.1.4 Análisis Geotécnico .....	30

4.2	Aspectos Geohidrológicos.....	31
4.2.1	Pruebas de permeabilidad .....	32
4.2.2	Sondeos de piezocono.....	32
4.2.3	Estudio Geohidrológico .....	33
4.2.4	Aspectos relacionados con el bombeo mediante pozos .....	34
4.3	Proyectos Estructurales y Procedimientos Constructivos .....	35
4.3.1	Túnel .....	35
4.3.2	Lumbreras de construcción .....	37
4.4	Proyecto para los Predios de las Lumbreras.....	38
4.4.1	Proyecto de conjunto.....	38
4.4.2	Barda Perimetral Definitiva .....	39
4.4.3	Barda Perimetral Provisional .....	39
4.4.4	Caseta de vigilancia .....	39
4.4.5	Letreros .....	39
4.5	Notas importante respecto a los Proyectos.....	39
5	Alcances para la construcción del túnel canal general .....	41
5.1	Lumbreras.....	42
5.1.1	Tareas preliminares.....	42
5.1.2	Procedimiento Constructivo.....	43
5.1.3	Vigilancia.....	44
5.1.4	Limpieza .....	44
5.1.5	Oficinas de campo.....	45
5.1.6	Difusión y Visitas .....	46
5.2	Túnel.....	47
5.2.1	Tareas preliminares.....	47
5.2.2	Geometría.....	48
5.2.3	Procedimiento Constructivo.....	48
5.3	Instrumentación .....	49
5.3.1	Instalación de la Instrumentación .....	49

5.3.2	Instrumentación complementaria.....	50
5.3.3	Características de los productos entregables por parte del Contratista.....	50
5.3.4	Entrega recepción de la instrumentación .....	51
5.3.5	Consideraciones generales de instrumentación .....	52
5.3.6	Volumen de obra a ejecutar .....	52
5.4	Suministro de energía eléctrica .....	52
5.5	Suministro de agua potable .....	53
5.6	Gestión ambiental de la obra.....	53
5.7	Seguridad e higiene .....	55
5.8	Plazo de ejecución.....	56
6	Consideraciones.....	57
6.1	Control de calidad .....	57
6.1.1	Drenado de superficies.....	57
6.1.2	Estructuras de Concreto .....	57
6.1.3	Estructuras y elementos de acero.....	57
6.1.4	Estructuras de mampostería .....	58
6.1.5	Construcción .....	58
6.2	Bancos de Tiro .....	58
6.3	Bancos de materiales.....	58

# 1 Antecedentes y presentación del proyecto

## 1.1 Presentación

Con la finalidad de cumplir lo dispuesto en la normatividad relacionada con la realización de la obra pública, se preparó el presente documento para garantizar claridad, certeza e igualdad de condiciones a los participantes en la licitación para la Construcción del Túnel Canal General en el Valle de Chalco, Estado de México.

En el desarrollo se establecen los lineamientos generales y la descripción de las actividades a realizar para garantizar la eficiencia y eficacia en la ejecución de la obra, así como el control de la calidad en los procedimientos constructivos e incluye los requisitos a satisfacer por parte de los licitantes.

Los presentes términos de referencia sólo podrían modificarse si ocurriesen causas de fuerza mayor o aquellas que signifiquen una evidente mejora técnica y económica al resultado esperado, en ambos casos previa autorización de la Dependencia.

La Coordinación de Proyectos Especiales de Abastecimiento y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, cuenta con los componentes del proyecto ejecutivo suficientes para la construcción correspondiente, incluye planos, memorias, especificaciones generales y particulares, catálogo de conceptos, procedimientos constructivos y normas de calidad.

## 1.2 Antecedentes

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es el centro político y económico del país y concentra cerca del 20% de la población nacional, misma que demanda servicios básicos adecuados y eficientes.

En la actualidad esta megalópolis la conforman dieciséis delegaciones del Distrito Federal y 60 municipios conurbados (uno de ellos del Estado de Hidalgo, los restantes del Estado de México). Según los resultados del censo 2010, esta zona contaba con una población de poco más de 20 millones de habitantes (20'137,152 hab) y coloca a esta área urbana como la novena más poblada del mundo, y la más poblada de América, con una densidad de 2,559.8 hab/km<sup>2</sup>.

La cuenca hidrológica del Valle de México, por sus características se denomina endorreica, es decir sin salida natural de sus aguas ocasionada por un conjunto montañoso que condiciona el drenaje natural del valle y le dio origen a cinco grandes lagos: Chalco, Xochimilco, Texcoco, Xaltocan y Zumpango.

Estos grandes lagos desde la época colonial, gradualmente fueron desecados para evitar inundaciones en la Ciudad de México; actualmente sólo existen muy reducidos los de Chalco y Xochimilco al sur de la ciudad y el de Zumpango al norte.

Esta condición geográfica ha sido la causa de inundaciones en el pasado agravada por dos factores adicionales: el crecimiento urbano acelerado de los últimos veinte años y la sobreexplotación del acuífero subyacente al antiguo fondo lacustre.

El crecimiento urbano, disminuye la permeabilidad y aumenta las velocidades de concentración en las partes bajas generando grandes picos en lapsos reducidos, lo cual ha aumentado las zonas de desbordamiento.

Por su parte la sobreexplotación del acuífero subyacente al antiguo fondo lacustre, ha provocado hundimientos diferenciales y regionales del terreno que afectan a todo tipo de infraestructura superficial y en especial al sistema de drenaje, el cual es de tipo combinado y se diseñó y construyó para funcionar originalmente por gravedad.

Los problemas de inundaciones han ido creciendo en cantidad y afectación, razón por la cual es manifiesta la necesidad de generar la infraestructura hidráulica que permita el control y el desalajo eficiente de las avenidas y descargas residuales de la ciudad.

Especial atención merece el Valle de Chalco, por su vulnerabilidad cíclica a las inundaciones; los desbordamientos y fracturas en los bordos del sistema de canales que drenan la zona, se han sucedido unos a otros en lo que llevamos del siglo XXI, provocando daños materiales en todos ellos y a la integridad de los habitantes en algunos casos.

## 1.3 Problemática

El Valle de Chalco se encuentra ubicado entre la Sierra de Chichinautzin y la Sierra de Santa Catarina, que confinan los depósitos de suelos compresibles y al mismo tiempo le confieren la capacidad de almacenar agua de manera natural, es una de las partes más bajas de la zona oriente del Estado de México.

Se estima que la capa compresible del Valle de Chalco es de 300 metros de profundidad, en la cual se han registrado velocidades de hasta 25 centímetro de hundimiento por año, también una de las velocidades más altas en la Zona Metropolitana del Valle de México.

El hundimiento regional registrado de 1862 a 2005 en la Zona Lacustre de la Cuenca de México; el Valle de Chalco cuenta con una de los valores más altos de 9 a 10 mts, sólo comparable a los datos contabilizados en la zona de vestigios del Lago de Xochimilco y Lago de Texcoco, cuya influencia de éste se extiende a las delegaciones de Iztapalapa, Iztacalco, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero,

así como los municipios de Nezahualcóyotl y el mismo Texcoco donde se aprecian hundimientos de hasta 13m, en el mismo periodo.

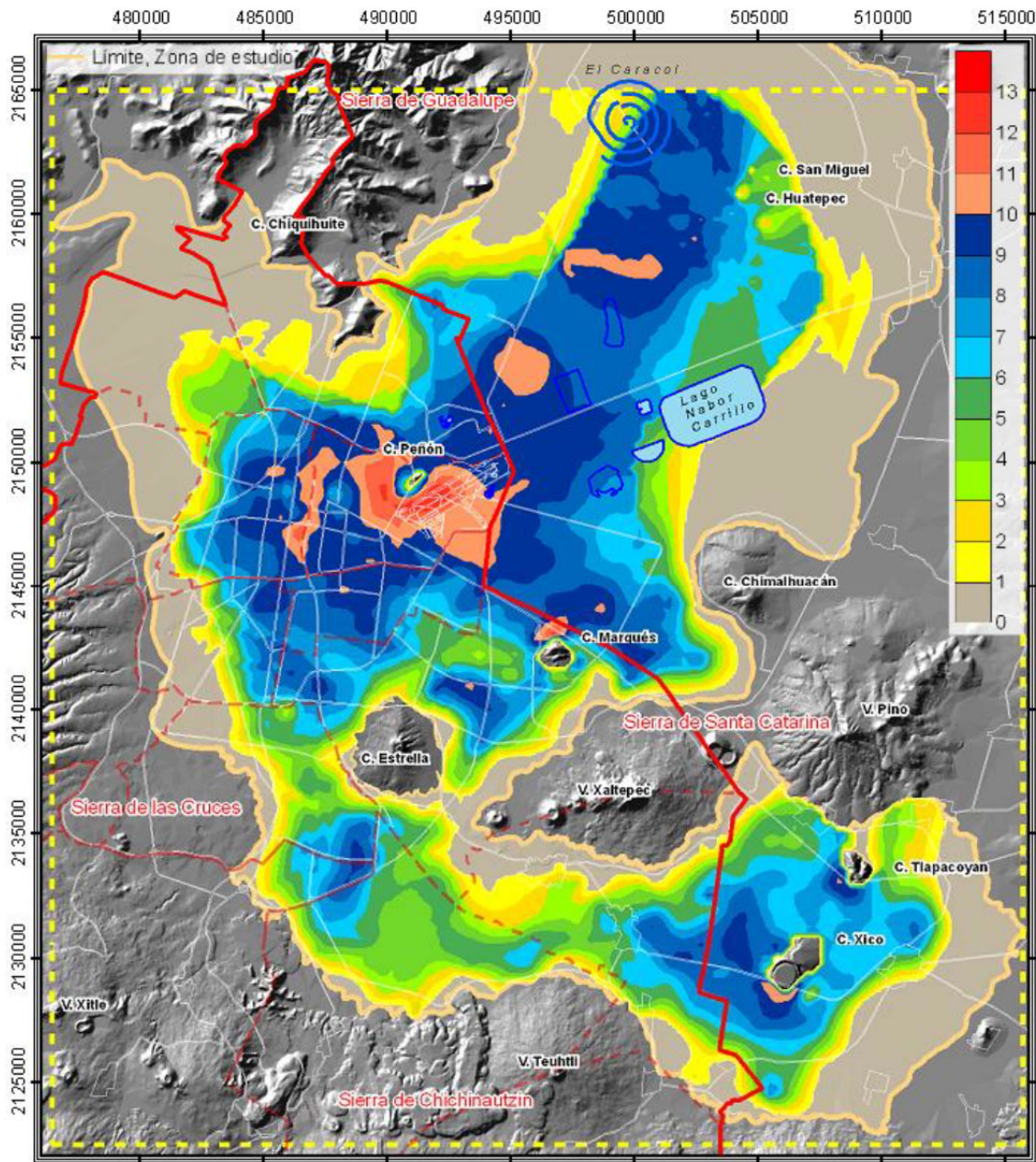


Figura 1 Hundimiento Regional de 1862 a 2005 en la zona lacustre de la Ciudad de México<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ingeniería Geotécnica en Zonas Urbanas Afectadas por Hundimiento Regional. Gabriel Auvinet y Moisés Juárez. Instituto de Ingeniería, UNAM. 2009.

En dicha zona, a mediados de la década de los ochentas, se construyó una batería de pozos denominada sistema Mixquic-Santa Catarina, en el Valle de Chalco, que ha llegado a proveer a la Ciudad hasta 8 m<sup>3</sup>/s con sus 14 pozos, distribuidos a lo largo de 6 Km.

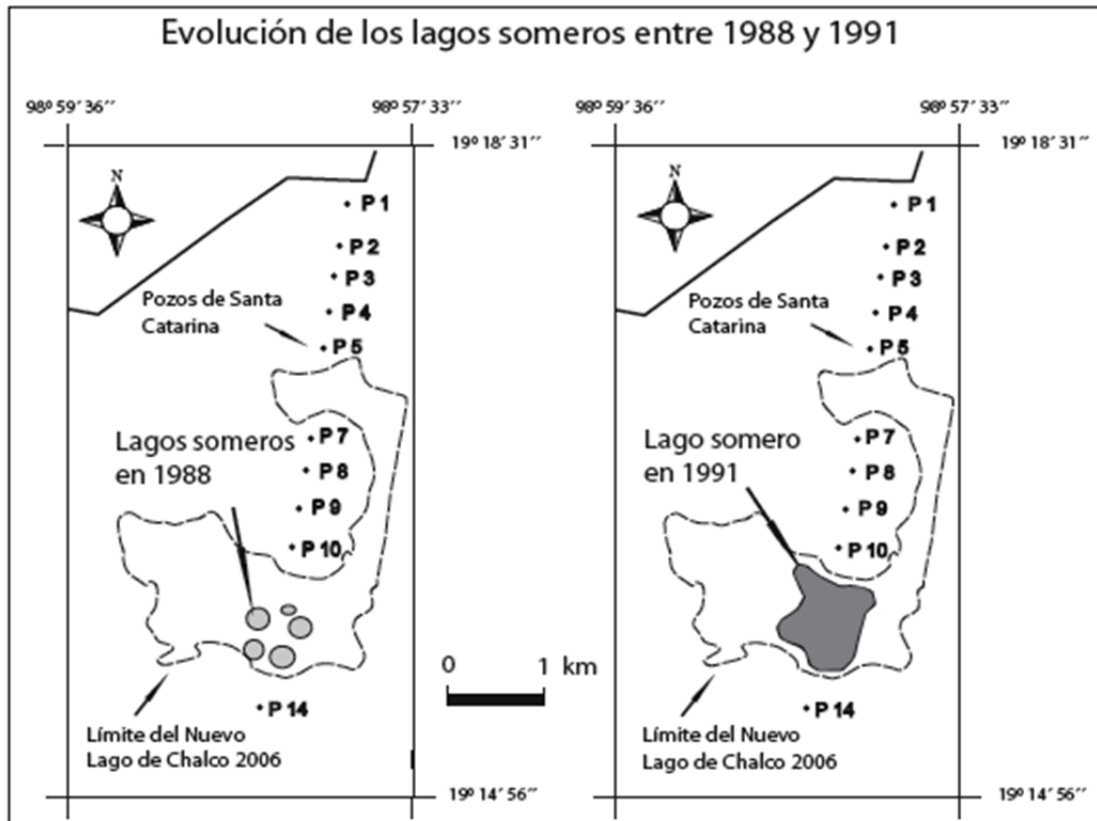


Figura 4a. Ubicación y dimensión de los lagos someros en 1988. Se muestra el contorno del nuevo lago de Chalco en 2006 como referencia.

Figura 4b. Ubicación y dimensión de los lagos someros en 1991. Se muestra el contorno del nuevo lago de Chalco en 2006 como referencia.

Figura 2 Aparición del Lago de Chalco<sup>2</sup>

La subsidencia de la superficie alrededor de los pozos 11, 12 y 13, así como el pozo 6 y los escurrimientos del Cerro de Xico, dieron origen a la aparición gradual de un nuevo lago (Lago de Chalco), que en la actualidad cuenta con unas 1,000 hectáreas de extensión y puede contribuir a la capacidad de regulación del agua de lluvia. Sin embargo, el problema principal de la zona es la baja de eficiencia del sistema de canales que conducen las aguas hacia fuera de la zona.

Por lo que en época de lluvias es necesario el bombeo de las aguas pluviales, para evitar inundaciones en la zona, utilizando los cauces de los ríos como canales: el Río de la Compañía, el Río Amecameca y el Río Acapol (Canal General).

<sup>2</sup> Origen y Evolución de un Nuevo Lago en la Planicie de Chalco. Carmen Ortiz y Adrián Ortega. Boletín del Instituto de Geografía. Núm. 65. Año 2007.

En suma, debido a las cotas bajas de la zona, la transformación total que ha sufrido el ecosistema lacustre en la zona, al origen de su suelo y la sobreexplotación del acuífero han ocasionado inundaciones cíclicas, cada año, ocasionando pérdidas materiales e incluso humanas en el Valle de Chalco.

## 1.4 Descripción del proyecto

A partir de la problemática descrita el Gobierno del Estado de México a través de la Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM), proyectó la construcción de un túnel en la trayectoria del mismo canal, capaz de desalojar hasta 20 m<sup>3</sup>/s y generó el proyecto denominado “Túnel Canal General y sus Captaciones, Cobertura Regional”, de 5 metros de diámetro interior y aproximadamente 7.9 kilómetros de longitud, que inicia en la Planta de Bombeo “El Toro”, a la altura de la carretera Tláhuac-Chalco, donde se construiría la primer lumbrera (L-1), hasta la Lumbrera 3A del Túnel Río de La Compañía, continuando por éste último hasta la Planta de Bombeo La Caldera, para descargar finalmente al Río de La Compañía, incluyendo 4 lumbreras de 12 m de diámetro interior y 20 metros de profundidad.

El Fideicomiso No. 1928, para apoyar el Proyecto de Saneamiento del Valle de México, por conducto de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), representada por la Coordinación de Proyectos Especiales de Abastecimiento y Saneamiento, determinó llevar a cabo la construcción del Túnel Canal General para contribuir a resolver la insuficiencia hidráulica del sistema de drenaje urbano de la zona de Chalco.

El proyecto prevé captar agua del Lago de Chalco y de los colectores de los asentamientos urbanos cercanos al Canal General y conducir por gravedad, los caudales que actualmente se desalojan mediante las plantas de bombeo que en el sentido de flujo del cauce (sur - norte), son las denominadas: PB 10, PB 6 Axayácatl, PB 6A Sur 20, PB 14 Tezozómoc, PB 7 y PB 8 Hermenegildo Galeana. Dicha conducción se incorporará al cauce del Río de la Compañía.

Operando en época de lluvias y en estiaje continuará la conducción superficial por el Canal General.

El túnel será excavado mediante máquina tuneladora (TBM), el Licitante en su proposición técnico-económica deberá especificar la máquina que considera apropiada para la excavación de los suelos de la zona de la obra, cuyas características geológicas y geotécnicas se describen en el proyecto y forma parte del paquete de información que se entrega a los interesados en el proceso de licitación de la obra.

El Contratista deberá presentar la documentación que acredite la posesión de la máquina tuneladora por lo menos por el tiempo de ejecución de la obra, presentando factura original o carta compromiso notariada y copia de factura original, la posesión también podrá ser mediante renta, comodato o cualquier medio lícito.

El Licitante también podrá considerar la posibilidad de utilizar, previo acuerdo o convenio con el Gobierno del Distrito Federal, las tuneladoras marca Okumura, utilizadas en excavaciones de suelos similares en el Valle de México y en consecuencia, aprovechar el diseño del revestimiento primario incluido en el proyecto que se les entrega.

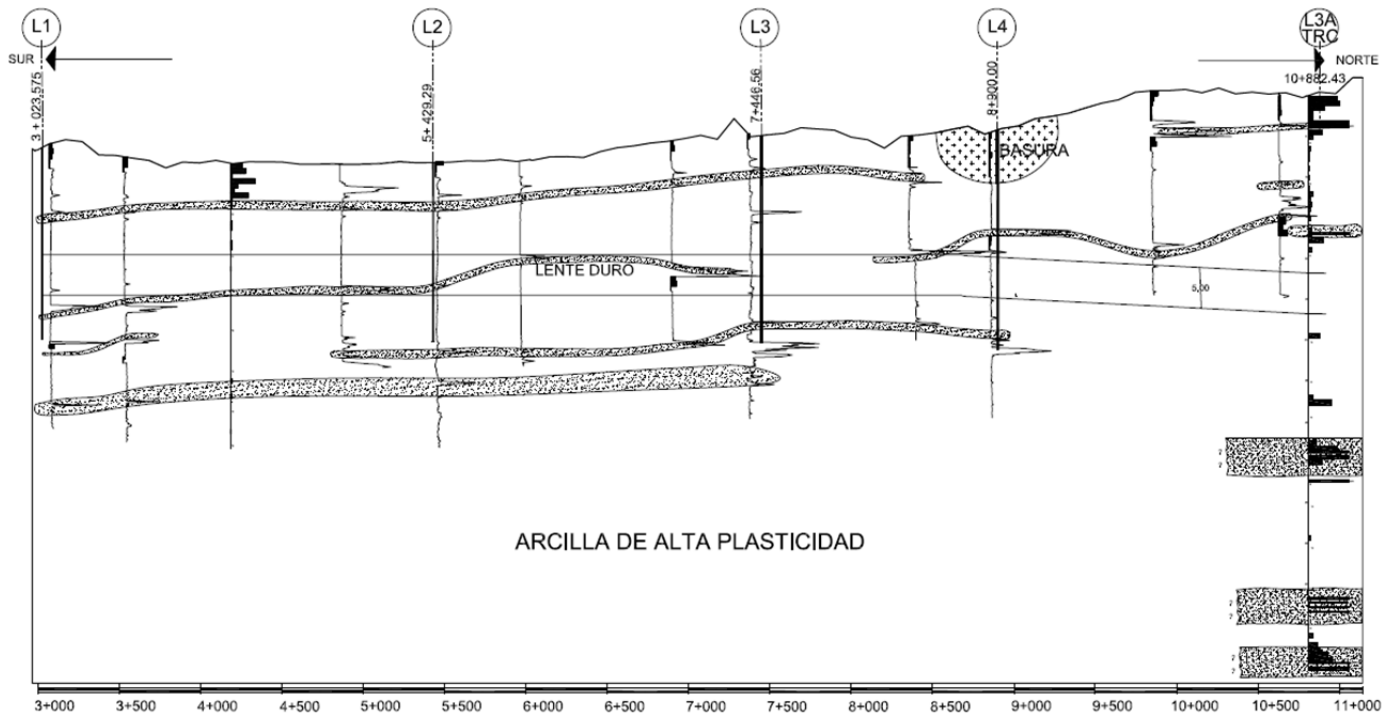


Figura 3 Perfil del Trazo

En caso de proponer la utilización de otro tipo de máquina tuneladora, será responsabilidad del Licitante ganador el diseño y cálculo de los revestimientos primario y secundario del túnel; por lo que deberá incluir en su proposición técnico-económica el pre-diseño de los elementos estructurales del túnel y el presupuesto a precio alzado que sustituirá los conceptos que correspondan del Catálogo de Conceptos.

En cualquier caso se deberá indicar en la proposición técnico-económica del Licitante, las características detalladas de los componentes de la máquina tuneladora y la ubicación física actual de la tuneladora, así como la descripción de la logística para carga, transporte y descarga, armado, instalación y puesta en operación, incluyendo un resumen de operación del equipo de un ciclo completo desde el arranque hasta el sitio del tiro de la rezaga por la excavación.

Respecto a las cuatro lumbreras de construcción, se cuenta con el proyecto con procedimiento constructivo denominado “lumbreras flotadas”, sin embargo debido a la factibilidad de lograr una economía en la obra se permite incluir en formato libre el pre-diseño mediante cualquier otro procedimiento constructivo, siempre y cuando el Contratista asuma la responsabilidad del diseño y la

seguridad de dicho elemento estructural, el presupuesto a precio alzado que sustituirá los conceptos que correspondan a la lumbrera flotada.

El Licitante deberá considerar que en esta etapa constructiva se incluyen siete refuerzos o preparaciones estructurales para la conexión del mismo número de captaciones, las cuales serán construidas en una etapa posterior y fuera de este contrato.

El Licitante deberá considerar que el objeto del contrato que se derive de esta licitación, es la obra terminada, que cumpla satisfactoriamente las condiciones de funcionamiento, durabilidad, seguridad y calidad.

Por obra terminada se entenderá la conclusión de la obra principal, túnel y lumbreras, incluyendo las obras complementarias: preparación para interconexiones, construcciones para equipos de vigilancia y operación, protección definitiva a predios donde se alojan las estructuras, así como toda la obra inducida prevista o no, en edificaciones, pisos interiores y exteriores, pavimentos, bardas perimetrales, banquetas, reparación de pavimentos, daños a propiedades de terceros y a la vía pública.

## 1.5 Documentos de referencia

Los documentos (vigentes) que deberá considerar el Contratista, como mínimo son:

- Proyecto Túnel Canal General y sus Captaciones, Cobertura Regional, Comité de Aguas del Estado de México (IUYET).
- Recomendaciones del Instituto de Ingeniería para el Túnel Emisor Oriente, Instituto de Ingeniería, 2013
- Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionadas con las Mismas y su Reglamento.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento 2007 de CONAGUA –MAPAS, en los casos en que apliquen.
- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias, sólo en los casos que le apliquen.
- Recomendaciones para el Revestimiento Definitivo del Túnel Emisor Oriente, en relación con la durabilidad del concreto (Ver anexo 6)
- Ley General de Protección Civil y su reglamentación.
- Normativa para la Infraestructura del Transporte SCT.
- Manual de Diseño de Obras Civiles, CFE, sólo en los casos que aplique
- Reglamento ACI-318M-99.
- Reglamento AISC-ASD89
- Reglamento AWS.

- Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX) citadas en las especificaciones del proyecto.

Las normas aplicables de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización o, a falta de éstas, las normas internacionales.

En particular, para las obras del Túnel y Lumbreras asociadas, se estipula la utilización de cemento tipo CPC- 30R - RS, de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-1999.

También se considerarán las Normas emitidas por las siguientes instituciones:

- DGN (Dirección General de Normas)
- SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial)
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos)
- IMCYC (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto)
- PEMEX (Petróleos Mexicanos)
- ASTM (American Society for Testing Materials)
- Excepción. Cuando un campo del conocimiento o tema no esté contenido en los incisos anteriores, utilizar (previa autorización de la Residencia de Obra) bibliografía reconocida como:
  - Hydraulic Institute Standars
  - American Concrete Institute (ACI)
  - American Society for Testing and Materials (ASTM)
  - American National Standard Institute (ANSI)
  - Manual de Operación y Mantenimiento de la Máquina Tuneladora, utilizada.

## 2 Responsabilidades y requisitos

La Comisión Nacional de Agua, a través de la Coordinación General de Proyectos Especiales de Abastecimiento y Saneamiento (CGPEAyS), también denominada en el presente documento la Dependencia, es la autoridad máxima en lo relacionado con la planeación de la obra que da origen a los presentes términos de referencia, la ejecución, la supervisión y el control de la misma.

La CGPEAyS, está facultada para llevar a cabo el proceso de licitación y contratación de la ejecución de la obra, para tal efecto en el primer proceso mencionado los licitantes acreditarán su experiencia y capacidad técnica y financiera que se requiera para participar en la licitación, de acuerdo con las características, complejidad y magnitud de los trabajos.

El licitante, para ser susceptible de contratación deberán demostrar en el proceso de licitación su capacidad económica, experiencia y capacidad técnica comprobada y/o comprobable, con un mínimo de diez años en obras subterráneas o tres obras similares que sean congruentes con las características y magnitud de la obra por ejecutar, anexando en formato libre la comprobación en su proposición, para garantizar el cumplimiento de los alcances que se fijen contractualmente.

Es responsabilidad del Licitante conocer los documentos de la licitación, para que las disposiciones, condicionantes y todo lo establecido en ellos, se consideren en la proposición técnico-económica, asimismo el Licitante ganador, para el desarrollo de los trabajos, deberá tener conocimiento completo del proyecto, del contrato y sus anexos, de la normatividad vigente, la legislación aplicable para este tipo de obras, los métodos y las técnicas generalmente aceptados en la construcción para controlar las distintas fases de construcción de este tipo de obras.

Es responsabilidad de cada licitante, que en su proposición técnico-económica se incluyan todas las consideraciones y previsiones necesarias que garanticen la ejecución del alcance íntegro de los trabajos, objeto de los presentes Términos de Referencia, en caso de que el Licitante dentro de sus análisis de costos omita el cargo de algún costo directo o indirecto, necesario para la ejecución de la obra o alguna actividad descrita en el presente documento o esté implícito en los conceptos del catálogo de conceptos, dicha omisión no será motivo de reclamación posterior en costo y reprogramación.

La flexibilidad en la elección de alternativas tanto para la construcción de las lumbreras como del túnel, tiene el propósito de optimizar el proyecto y el único criterio de aceptación es que signifique una mejora evidente a la obra y genere un beneficio técnico y económico a la obra. Las alternativas para el Contratista se describen en la sección 2.3 y se resumen en:

- Construir las lumbreras por el procedimiento de lumbrera flotada de acuerdo al proyecto ejecutivo o utilizar otro procedimiento, para el cual se deberá elaborar el proyecto estructural.

- Construir el túnel con equipo propiedad del gobierno del Distrito Federal de acuerdo a proyecto ejecutivo o realizarlo con equipo propio, rentado, en comodato, etc. en este caso, deberá de desarrollar el proyecto ejecutivo para los revestimientos primario y definitivo.

En cada alternativa se deberá elegir sólo una e indicarlo en la proposición técnico-económica. También se requiere de los proyectos de barda perimetral y caseta de vigilancia cuyas características se mencionan en la sección 4 de estos Términos de Referencia.

El contratista es y será el único responsable del suministro de todos los materiales requeridos para la ejecución de la obra, en este sentido si algún proveedor no suministra en el tiempo y forma indicados en su programa de concurso los insumos correspondientes, este hecho no será motivo de reclamación alguna hacia la dependencia, no será motivo de cambio en el precio unitario ni de reprogramación alguna.

Los equipos, instrumentos, o cualquier insumo que requiera importarse, deberán estar plenamente identificados en su propuesta y en los programas. Se deberán considerar los tiempos de suministro y su correlación con el programa de ejecución ya que cualquier atraso por este motivo, no será considerado como base de reclamación, cambio de precio unitario ni reprogramación de la obra.

Los pagos a terceros por trámites de cualquier tipo incluyendo los de los sindicatos, los derechos de utilización de caminos vecinales o locales, CFE, y cualquier contribución local, estatal o federal si la hubiere, deberán estar considerados en los indirectos de su propuesta. De la misma forma se debe considerar el pago por el concepto de consumo de energía eléctrica que requiera el contratista para llevar a cabo la ejecución de los trabajos objeto de la presente licitación.

Los Licitantes deben conocer y comprometerse a cumplir lo dispuesto en cada una de las leyes y reglamentos que aplican al proceso de ejecución de la obra motivo de los presentes documentos, especialmente la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, así como aplicar los Términos de Referencia y todos y cada uno de los documentos que integran la licitación, los cuales son de observancia obligatoria, tanto para la conformación y presentación de sus propuestas técnico-económicas, como para el desarrollo de los trabajos.

La Coordinación de Proyectos Especiales de Abastecimiento y Saneamiento, por conducto de la Dirección General Adjunta de Supervisión de Obras Hidráulicas y de la Subgerencia de Supervisión de Obras hidráulicas, delegan la responsabilidad en la Residencia de Obra, quien deberá cumplir con lo dispuesto en la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y su Reglamento.

La Dependencia podrá delegar su autoridad en una Supervisión por contrato, lo cual se hará del conocimiento del Licitante adjudicado o Contratista, mediante escrito notificándole las facultades de la misma, para que el Contratista acaté las disposiciones e instrucciones en el ámbito de las atribuciones que se le asignen, las cuales deberán transmitirse siempre por escrito, reservándose la Dependencia el

derecho de revocar cualquier decisión de la Supervisión que a su juicio no proceda porque lesione los intereses del Estado, se contrapongan a las metas y objetivos de la Dependencia o no cumplan con los requisitos pactados contractualmente. Cualquier reclamo y trámite bajo este esquema, deberá ser presentado a la supervisión de la obra quien podrá revisar, estudiar, y emitir su opinión al respecto, así como avalar con su firma la puesta a consideración de la Residencia de Obra.

El licitante ganador o Contratista se considera como extensión de la Dependencia, en cuanto a su relación de trabajo; por lo tanto, debe estar integrada a la misma, identificarse plenamente con sus políticas y metas y ser corresponsable en la optimización de la calidad, costo, tiempo de ejecución y seguridad de la obra, así como ante las autoridades de control y vigilancia.

Por lo que deberá conocer la estructura y organización interna de la Coordinación de Proyectos Especiales de Abastecimiento y Saneamiento, los canales de comunicación y las atribuciones de sus niveles jerárquicos que intervienen directamente en la ejecución de la obra.

La Dependencia está obligada a la mejora continua tanto del proyecto como de los procedimientos constructivos, por tanto si en el transcurso de la ejecución se presentaran variaciones al proyecto y a los volúmenes de obra a ejecutar, que beneficien al Estado, la misma se reserva la facultad y derecho de variar cantidades de los conceptos de trabajo e incluso cancelar los que sean necesarios.

Dentro de sus indirectos, el Contratista deberá considerar la elaboración de una presentación “renderizada” en tercera dimensión utilizando un programa de diseño 3D por computadora, recreando el avance de la construcción del túnel en forma gráfica animada, el video producido se entregará a la Residencia de Obra en formato DVD, el objetivo es dar a conocer el desarrollo de la obra, considerando las etapas constructivas y los resultados de esta hasta la conclusión y recreación del funcionamiento del túnel y las cajas en construcción, este trabajo se desarrollara dentro de los primeros 2 meses de iniciada la obra.

El Licitante adjudicado o Contratista estará obligado a mantener informada a la Dependencia con veracidad y oportunidad. Además a proponerle todas aquellas acciones que en alguna forma redunden en beneficio del trabajo, ya sea en calidad, costo, tiempo o seguridad y alertar a la Dependencia sobre la incidencia de factores negativos que influyan o pudieran influir en la ejecución de la obra, elaborando pronósticos que permitan tomar medidas preventivas.

El Contratista, será responsable de proporcionar todos los datos y dar las facilidades necesarias para que la Dependencia o cualquier otro organismo facultado por la misma, vigile y revise la ejecución de la obra, así como el cumplimiento de sus propias funciones y asistir a las juntas técnicas o administrativas que se convoquen, con personal que tenga la debida representatividad y facultades para tomar decisiones que competan a la obra, en los temas a tratar.

La Residencia de obra por su propio conducto o por conducto de la supervisión, estarán autorizados para rechazar los trabajos mal ejecutados, los materiales y productos que no cumplan con los requisitos de calidad y será responsable de exigir al Contratista la reparación o sustitución de lo que no cumpla con las especificaciones establecidas en el contrato, sin cargo adicional.

Los pagos se realizarán en los términos establecidos en el contrato y de conformidad a lo dispuesto en la Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con las Mismas y su Reglamento.

Previo al inicio de la obra el Contratista realizará los acuerdos y conciliaciones necesarias con los sindicatos que eventualmente tuvieran injerencia legal, a efecto de que coadyuven en el desarrollo de los trabajos, debido a que cualquier conflicto de esta naturaleza que genere retrasos a la obra será imputable al Contratista.

Asimismo el Contratista deberá cumplir las obligaciones laborales y de seguridad social con sus trabajadores y empleados, de conformidad con lo dispuesto en las leyes vigentes al respecto.

Para la preparación de la propuesta el Licitante debe considerar que la(s) acometida(s) eléctrica(s) y colocará su subestación, realizará el cableado a sus equipos y pagará el consumo, previa instalación de un medidor proporcionado y colocado por la CFE.

Así como la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los equipos de oficina, laboratorios de control de calidad, iluminación de bodegas, patios y talleres, deberá ser contratada con la CFE previo al inicio de las actividades. Se deberán establecer los contratos necesarios para incluso el tendido de líneas a partir de subestaciones cercanas, para lo cual se deberá solicitar a la misma CFE la denominada posibilidad de suministro y en su caso cubrir los costos.

El Licitante adjudicado y contratado, será el único responsable de la ejecución de los trabajos y deberá sujetarse a los ordenamientos y reglamentos que apliquen a la obra en materia de seguridad, uso de la vía pública, protección al medio ambiente, de la seguridad y funcionalidad de la obra y en su caso proponer alternativas técnicas para garantizar la eficiencia y eficacia del proyecto a construir. Las responsabilidades, daños y perjuicios que resultaren por su inobservancia serán a cargo del contratista.

El Licitante adjudicado y contratado, deberá considerar que la ruta crítica de la ejecución de obra que genera su proposición, es la que determina la planeación de recursos para la misma, por lo que no podrá adelantar conceptos de trabajo o partidas que afecten de manera negativa el consumo de recursos financieros, incluyendo aquellas que aunque estén dentro del programa de ejecución estén ligadas a actividades con retraso, por lo que no procederá pago alguno si existe afectación con motivo de la modificación de la ruta crítica que genera las modificaciones al calendario de ejecución. Para el caso de la fabricación de dovelas que está directamente ligada con el avance de la excavación del túnel, se deberá tener un stock mínimo de 300 anillos y un máximo de 700 anillos, cualquier sobreproducción será total y absoluta responsabilidad financiera de la empresa.

El Contratista deberá contar durante la ejecución de la obra, con el equipo y las herramientas en buen estado y de la precisión requerida para cada uno de los trabajos a realizar, previo al inicio de la obra el Contratista elaborará y entregará a la Residencia de Obra, el Programa de Mantenimiento a la maquinaria y equipo a utilizar en obra, el cual deberá garantizar el cumplimiento de los rendimientos incluidos en la proposición del Licitante.

El contratista entregará a la Residencia de Obra copia de los controles de calidad de los materiales previo a su utilización en la obra y los de control de calidad de los procesos de construcción acompañado del dictamen de interpretación elaborado y firmado por el propio responsable del laboratorio; el proceso de revisión por parte de la Residencia y en su caso las observaciones que resultasen no serán motivo para aducir retrasos en la entrega de los trabajos.

Los formatos necesarios para los reportes y en general los papeles de trabajo, deberán ser aprobados por la Residencia de Obra, previo a su utilización, por ejemplo: informe físico – financiero real comparado con el programa ejecutivo de obra, gráficos de avances por estructura, cuadro de costo de obras a la fecha, etc.

Se deberá contar en obra en forma permanente en cada uno de los frentes de trabajo, con existencia de accesorios e implementos de seguridad para toda la plantilla de trabajadores, además de contar con un 10% más de estos para atención de posibles emergencias y protección civil, por ejemplo: cascos, guantes, goggles y guantes, botiquines, equipo contra incendio y la implantación de medidas y equipo de acuerdo al Programa de Seguridad, para el desarrollo normal de los trabajos y prevención de accidentes.

El licitante ganador deberá proponer como complemento y con cargo a sus indirectos la señalización preventiva y de seguridad, profesional, por ejemplo: señales informativas, restrictivas y preventivas, barreras, letreros, protecciones, etc., así como bandereros y personal de seguridad, en cantidad suficiente para el control de las instalaciones de campo.

El Contratista será corresponsable en la atención de trámites y solventación de observaciones que se deriven de las revisiones y/o auditorias de cualquier órgano revisor.

El contratista se compromete a cumplir sus responsabilidades contractuales y a responder en su totalidad las reclamaciones, daños y accidentes originados como consecuencia de los trabajos realizados por ésta. Razón por la cual, no existirá argumento alguno que lo deslinde de la responsabilidad de las disposiciones que describan sus obligaciones inherentes por concepto de indemnización y la reparación de los daños originados a terceros. Para atender lo anterior será necesario que el licitante ganador presente la fianza correspondiente.

El Licitante adjudicado y contratado acepta la rescisión del contrato por los siguientes motivos:

- Durante el proceso de la obra reiteradamente deje de cumplir con la calidad que estipula el proyecto.
- Existan evidencias de actuar con dolo reiteradamente.
- Incurra en falsedades en los reportes o informes.
- Por errores u omisiones en la ejecución de la obra.
- Por contravenir las Leyes, Reglamentos, Normas y demás disposiciones de carácter Internacional, Federal, Estatal o Municipal que le resulten aplicables y que incidan directa o indirectamente en la obra.

Al termino de los trabajos el Contratista deberá presentar una garantía para responder por los defectos o vicios ocultos que resulten de la ejecución de los trabajos o de cualquiera otra índole, en que hubiese incurrido en la obra; se presentara dicha garantía previamente a la recepción formal de los mismos, conforme a lo establecido en la Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con las Mismas.

## 2.1 Perfil del personal profesional

El Contratista, se constituirá en el lugar de los trabajos y nombrará un Superintendente de construcción, el cual deberá cumplir con el perfil indicado en la proposición técnica-económica del licitante adjudicado ganador, con experiencia mínima de 15 años en la construcción de túneles y lumbreras quien tendrá a su cargo la dirección de la obra, con la responsabilidad de dirigir, coordinar, orientar y evaluar a los grupos de trabajo que intervienen en la ejecución y facultado para oír y recibir toda clase de notificaciones relacionadas con los trabajos, aún las de carácter personal, así como tomar las decisiones que se requieran en todo lo relativo al cumplimiento del contrato.

En la propuesta técnico-económica, el Licitante deberá incluir, en formato libre, la documentación que demuestre experiencia, en trabajos de características técnicas y magnitud similares, de 15 años para el Superintendente y 10 años para los especialistas en línea directa al mismo y considerar en su propuesta por lo menos un ingenieros para jefe de frente o turno.

Este personal deberá demostrar ante la Dependencia que ha dirigido trabajos similares a los que son objeto de esta licitación, considerando que deberán permanecer tiempo completo en el lugar donde se desarrollen los trabajos durante todo el periodo de ejecución de los mismos, además de participar en todas las juntas de trabajo que se realicen.

La plantilla del Contratista, conformada con personal técnico suficiente y debidamente capacitado para la ejecución de la obra, incluyendo el personal especializado en servicios de asesoría y consultoría, formará parte del costo indirecto.

El licitante adjudicado, utilizará el mismo organigrama de su propuesta técnica-económica, en la obra, el cual solo se podrá modificar por causa justificada de fuerza mayor y previa autorización de la

Residencia de Obra, en caso de que el Contratista requiera relevar personal de su plantilla deberá notificarlo con anticipación al Residente de Obra, anexando curriculum y cedula profesional que demuestre que el personal de relevo cuenta con la experiencia y conocimientos del personal que releva o mayor, reservándose el Residente de Obra y la Dependencia el derecho de aceptar o no dicho cambio.

### 2.1.1 Superintendente

El Superintendente, además de la experiencia indicada en los párrafos anteriores deberá ser ingeniero civil titulado y contar con experiencia en administración de obra, métodos de construcción, logística en obra y manejo de personal profesional, así como tener el conocimiento de:

- Los procedimientos constructivos involucrados en la construcción de esta obra.
- Ingeniería estructural.
- Geotecnia.
- Legislación ambiental.
- Planeación de obras.
- Los documentos del procedimiento de licitación, el proyecto ejecutivo y el contrato.
- La normatividad a aplicar para la construcción del Túnel Canal General.
- La Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, así como su Reglamento.
- Las normas de calidad relacionadas con la construcción.

Incluyendo, habilidades, para:

- Liderazgo
- Trabajo en equipo
- Capacidad de organización
- Propositivo
- Ortografía y redacción profesional.

### 2.1.2 Especialistas

Se requiere de la participación de ingenieros especialistas que cumplan con una experiencia mínima en la construcción específica del área a su cargo. Se requiere de un ingeniero civil titulado y especialista en las siguientes disciplinas:

- a) Ingeniero Especialista en Construcción de Túneles. Que conozca las actividades inherentes a la excavación, equipo utilizado y colocación de revestimiento primario con dovelas y definitivo de concreto reforzado, especialmente en la intersección con lumbreras y obras que llegan al túnel (captaciones).

- b) Ingeniero Especialista en Fabricación de Dovelas. Con amplio conocimiento de los procedimientos de fabricación en serie de dovelas y las tareas relacionadas.
- c) Ingeniero Especialista en Construcción de Lumbreras. Con experiencia en la construcción de lumbreras, conocedor del trabajo funcional y estructural de las mismas y los sitios de refuerzo especial por aberturas y presencia de estructuras especiales.

Los especialistas deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Diez años de experiencia en el área a su cargo.
- Conocimiento de los documentos del procedimiento de licitación, el proyecto ejecutivo y el contrato.
- La normatividad a aplicar para la construcción del Túnel Canal General.
- Capacidad de aplicación de métodos, criterios y procedimientos que le permita apreciar errores o faltantes o situaciones a mejorar de sus tareas en obra, producción o del proyecto ejecutivo.
- Conocimiento especializado de la disciplina en la que interviene, así como de los equipos y herramientas –máquinaria, controles, programas de cómputo y otros– que se requieran para su tarea, que le permita distinguir detalles inaceptables en sus procedimientos en obra o producción.
- Conocimientos de las herramientas y las técnicas que utiliza para su labor, que le permitan calificar y exigir al personal técnico de apoyo (ingenieros, operadores, etc).
- Conocimiento en la elaboración de catálogo de conceptos, cantidades de obra, números generadores, costos y presupuesto base.
- Conocimiento en la determinación de riesgos en obra civil y la aplicación de medidas de seguridad.
- Conocimiento en legislación ambiental –según lo requiera la disciplina–.
- Ortografía y redacción profesional.

### 2.1.3 Demás personal

Para el resto del personal que laborará en la obra, el licitante propondrá sus propios criterios de selección del personal en cuanto a perfil y experiencia requiera la cual no deberá ser menor a tres años en las tareas que se le encomienden. Sólo para el operador de la almeja guiada y la máquina tuneladora TBM se contempla su requisito de experiencia en la sección siguiente. El personal profesional que cuenta con experiencia menor a la solicitada, no formará parte en la integración de precios unitarios, El Contratista deberá contemplar su participación dentro de sus indirectos.

## 2.1.4 Plantilla mínima

En la siguiente tabla se indica la plantilla técnica mínima que El Contratista requerida para los trabajos para la construcción del túnel y sus obras complementarias. Además del personal aquí enunciado, contemplará –dentro de sus costos de maquinaria– al operador de cada equipo.

Cant.	Personal	Licenciatura	Perfil Requerido
1	Superintendente	Ing. Civil	Ver 2.1.1
1	Especialista Túneles	Ing. Civil	Ver 2.1.2
1	Especialista Lumbreras	Ing. Civil	Ver 2.1.2
1	Especialista Dovelas	Ing. Civil	Ver 2.1.2
4	Residente en sitio (uno por lumbrera)	Ing. Civil	Ver 2.1.2
3	Residente en sitio (uno por tuneladora turno continuo de 24 hrs.)	Ing. Civil o Arquitecto	Ver 2.1.3
5	Auxiliar de residente en sitio (un auxiliar interactuará con los tres turnos de la tuneladora)	Ing. Civil o Arquitecto	Ver 2.1.3

## 2.2 Maquinaria y Equipo

Se reitera que el Licitante deberá presentar evidencias de la posesión de la máquina tuneladora, la cual puede ser propia, rentada o tener dicha posesión por un medio lícito, incluyendo las máquinas Okumura propiedad del Gobierno del Distrito Federal (ver sección 2.3), pero será su responsabilidad verificar que sea adecuada para los trabajos, que esté en condiciones de proporcionar los rendimientos que establezca en su proposición técnica-económica y permanezca así hasta la conclusión de sus tareas dentro de la construcción de la obra Túnel Canal General.

### 2.2.1 Máquina Tuneladora TBM (Tunnel Boring Machine)

Entre las distintas opciones que se ofrecen al Licitante para la propuesta de la máquina tuneladora, en cualquier caso queda bajo su estricta responsabilidad que se trata de una máquina tuneladora de frente presurizado para excavar en el terreno cuyas características se indican en la información que CONAGUA entrega a los licitantes como parte del proyecto ejecutivo. La máquina deberá contar con equipo adecuado para la colocación de dovelas (revestimiento primario) y para inyectar la capa de mortero en el espacio entre dovela y suelo (sobre excavación), así como sus aditamentos necesario para la extracción de rezaga. El operador deberá acreditar 5 años de experiencia en trabajos similares y conocimiento suficiente en manejo y lecturas de los controles y equipo de cabina.

Las dimensiones del túnel se pueden ver en la sección 5 de estos términos de referencia.

## 2.2.2 Almeja Guiada

La cual deberá ser capaz de excavar los tableros en las dimensiones y profundidad que se indican en el proyecto (sea el ejecutivo o el desarrollado por El Contratista) con una desviación vertical máxima del 0.5% de la profundidad excavada. El operador deberá acreditar 5 años de experiencia en el manejo de la almeja guiada y conocimiento suficiente de los controles de cabina.

## 2.2.3 Demás maquinaria y equipo

Para el resto de la maquinaria y equipo a emplear en la construcción del Túnel Canal General, el licitante ganador podrá utilizar los que considere adecuados, según convenga a sus intereses. Los operadores deberán acreditar un mínimo de 3 años de experiencia en el manejo de la máquina que se le encomienda o similar.

## 2.3 Selección de Alternativas

El Contratista seleccionará sólo una de las alternativas en cada caso (lumbreras y túnel), para la elaboración de su propuesta técnico-económica con la que participará en la licitación.

### 2.3.1 Túnel

#### 2.3.1.1 Alternativa 1. Máquinas Tuneladoras propiedad del Gobierno del D.F.

##### 2.3.1.1.1 Del equipo excavador del túnel

De elegir esta alternativa, El Contratista deberá tramitar ante el Gobierno del Distrito Federal la autorización para el uso de una o dos máquinas tuneladoras Okumura para excavación de túnel, que son propiedad del mismo. Los licitantes interesados en esta alternativa deberán realizar una visita de inspección para las tuneladoras al sitio donde se encuentran los equipos para valorarlos y determinar las condiciones de ellos.

Deberá apegarse a los requisitos que el propietario indique respecto al traslado, mantenimiento, seguros y fianzas, reparación de eventuales daños y los demás que el mismo propietario de a conocer al Contratista.

En su propuesta, el licitante considerará los siguientes aspectos relacionados con las máquinas Okumura:

1. Se entregan planos ejecutivos con geometría y refuerzo de las dovelas y los moldes para la fabricación de las mismas.
2. El Contratista podrá hacer uso de uno o de los dos equipos, a su consideración. Estará bajo su total responsabilidad la rehabilitación, así como el mantenimiento preventivo durante el proceso

de excavación, para lo cual El Contratista deberá conseguir del propietario, el manual de operación y de mantenimiento, el cual se deberá tomar como guía, para elaborar su propio procedimiento. Así mismo, deberá entregar un informe quincenal de los trabajos de mantenimiento que se realicen a los equipos excavadores, debidamente soportado con fotografías, diagramas y gráficas.

3. El proyecto de construcción del túnel está basado en el estudio geotécnico que se realizó en la trayectoria donde se realizará la obra. En el trazo del eje se obtuvo como resultado final, suelos arcillosos del Valle de Chalco, no obstante lo anterior, se debe considerar que pudieran encontrarse estratos de arena, boleos e inclusive fragmentos de roca, que pudieran ocasionar taponamientos, paros y daños que ameriten reparaciones para el equipo TBM o sus componentes como su cámara de lodos, bombas o en la tubería de descarga, para lo cual deberá estar preparado en tiempo y refacciones y haberlo considerado en los análisis de precios unitarios de la excavación del túnel. De requerir exploración y análisis adicionales a los suelos, deberá considerarlo en el costo de excavación.
4. No se aceptarán reclamos posteriores a la presentación de su propuesta por costos o actividades no consideradas en la verificación del estado actual de los equipos, ni de los traslados, funcionamiento, tipo de material excavado –aun siendo frentes mixtos–, operación, mantenimiento, movimientos, colocación en sitio y demás relacionados con el equipo.
5. Para el traslado de los equipos El Licitante deberá estudiar la ruta y los accesos e incluir en sus costos todas las actividades que tenga que realizar con el objeto de cubrir cualquier riesgo. Deberá considerar la ubicación del equipo, misma que deberá conocer por medio del propietario.
6. Será responsabilidad del licitante el traslado al sitio de los trabajos y su posterior retiro al sitio que señale el propietario (GDF) dentro del área metropolitana de la Ciudad de México, por lo que deberá incluir en su oferta todos los costos necesarios para dicha actividad.
7. La convocante contará con personal para supervisar el funcionamiento y el mantenimiento, para que al final de la obra los equipos se entreguen en condiciones aceptables considerando el deterioro normal por el uso. Por lo anterior, El Contratista cubrirá los costos de reparación de daños provocadas por falta de mantenimiento o por causas ajenas al uso del procedimiento de excavación y los que reclame el propietario.

#### 2.3.1.1.2 De las conexiones futuras para las captaciones

Realizar la revisión correspondiente de las conexiones de las captaciones que llegarán a conectar directamente al túnel (se anexan planos geométricos), y definir el refuerzo alrededor del hueco.

#### 2.3.1.2 Alternativa 2. Equipo tunelador propiedad de El Contratista o rentado por él

##### 2.3.1.2.1 Del equipo excavador del túnel

De elegir esta alternativa, El Contratista deberá contar con la ficha técnica del equipo y su manual de mantenimiento.

En su propuesta deberán considerar los siguientes aspectos relacionados con el equipo TBM:

1. Deberá considerar la elaboración del proyecto estructural y geométrico del revestimiento primario (dovelas) y del revestimiento definitivo de acuerdo a la sección 4 de estos términos de referencia.
2. El equipo elegido por El Contratista será el adecuado para los trabajos de excavación de túnel que se solicitan según los términos contractuales de la presente licitación, contemplando el tipo de terreno que se excavará, las herramientas de corte o refacciones que se requieran y el mantenimiento que le especifique el propietario o proveedor de la máquina. El equipo deberá ser de frente presurizado (EPB). Ésta deberá estar en buenas condiciones antes del inicio de los trabajos y permanecer así durante la ejecución de los mismos hasta su conclusión.
3. El proyecto de construcción del túnel está basado en el estudio geotécnico que se realizó en la trayectoria donde se realizará la obra. En el trazo del eje se obtuvo como resultado final, suelos arcillosos del Valle de Chalco, no obstante lo anterior, se debe considerar que pudieran encontrarse estratos de arena, boleos e inclusive fragmentos de roca, que pudieran ocasionar taponamientos, paros y daños que ameriten reparaciones para el equipo TBM o sus componentes como su cámara de lodos, bombas o en la tubería de descarga, para lo cual deberá estar preparado en tiempo y refacciones y haberlo considerado en los análisis de precios unitarios de la excavación del túnel. De requerir exploración y análisis adicionales a los suelos, deberá considerarlo en el costo de excavación.
4. No se aceptarán reclamos posteriores a la presentación de su propuesta por costos o actividades no consideradas de traslado, movimientos, colocación en sitio, funcionamiento, tipo de material excavado, operación, mantenimiento y demás relacionados con el equipo.
5. Para el traslado de los equipos El Licitante deberá estudiar la ruta y los accesos e incluir en sus costos todas las actividades que tenga que realizar con el objeto de cubrir cualquier riesgo.
6. Tan pronto se concluyan los trabajos de excavación del túnel, la máquina deberá ser retirada del sitio de la construcción.
7. El Contratista cubrirá los costos de reparación de daños que sufra su equipo o los que reclame su propietario.

#### 2.3.1.2.2 De los portales de entrada y salida de las lumbreras

El Contratista deberá realizar un proyecto estructural para la conexión del túnel a las lumbreras (portales), de acuerdo a lo indicado en la sección 4 de Estos términos de Referencia, incluyendo el procedimiento constructivo que contenga los detalles de los muros de reacción y los mejoramientos al terreno en las vecindades de las lumbreras según lo indique su análisis.

Para el mejoramiento se recomienda utilizar cualquiera de los siguientes:

**Manguitos.** Inyecciones de mortero en proporción diseñada por el Contratista, con perforaciones en el muro de la lumbrera en la vecindad del hueco del túnel.

**Mejoramiento por Sustitución con Almeja.** Retiro de material en la vecindad de la lumbrera con Almeja guiada hasta la profundidad y con las dimensiones y cantidad de tableros diseñados por El Contratista. Éste determinará las proporciones de la mezcla de sustitución con mortero en la parte inferior en la vecindad del túnel y suelo cemento en el resto de la cobertura.

**Ambos.** Combinar las dos técnicas anteriores.

#### 2.3.1.2.3 De las conexiones futuras para las captaciones

Realizar la revisión correspondiente de las conexiones de las captaciones que llegarán a conectar directamente al túnel (se anexan planos geométricos), y definir el refuerzo en la vecindad de dicha conexión.

#### 2.3.1.2.4 De los revestimientos primario y definitivo

Desarrollará El Contratista el proyecto estructural para definir la geometría y refuerzo de los revestimientos primario y definitivo del Túnel, considerando que debe contar con un diámetro final libre de 5.00m.

## 2.3.2 Lumbreras

### 2.3.2.1 Alternativa 1. Lumbrera Flotada (solución contenida en el Proyecto Ejecutivo)

Construir las lumbreras con el procedimiento de lumbrera flotada. Se apegará a lo indicado en el proyecto ejecutivo.

Si elige esta alternativa, en caso de resultar adjudicado deberá desarrollar el programa de inmersiones con el que trabajará para la construcción de cada lumbrera. El Contratista deberá considerar los costos de la elaboración de dicho programa dentro de su propuesta en la excavación de la lumbrera.

### 2.3.2.2 Alternativa 2. Lumbrera con muro Milán (El Contratista desarrollará el proyecto estructural)

Construir las lumbreras con muro Milán como revestimiento único, tomando en cuenta que deberá desarrollar el proyecto estructural y procedimiento constructivo de las cuatro lumbreras (L-1 a L-4). Para la elaboración del proyecto referirse a la sección 4 de estos Términos de Referencia.

### 3 Documentación

Para efectos de la revisión, selección, conclusiones y toma de decisiones en las alternativas que El Contratista deba realizar, se le proporciona la siguiente información ordenada en los anexos que se indican:

**Anexo 1.** Requisitos Mínimos para la elaboración de estudios y Proyectos.

**Anexo 2.** Exploración, laboratorio y memorias geotécnicas.

**Anexo 3.** Instrumentación.

**Anexo 4.** Relación de Planos, se incluyen los planos en formato electrónico.

**Anexo 5.** Memoria de Revestimiento Definitivo.

**Anexo 6.** Recomendaciones para el Revestimiento Definitivo del Túnel Emisor Oriente, en relación con la durabilidad del concreto. Instituto de Ingeniería de la UNAM. Carlos J. Mendoza y Roberto Meli. Septiembre 2013.

## 4 Elaboración estudios y proyectos

Con base en el proyecto ejecutivo que se entrega al licitante, éste realizará la elección de la alternativa que considere adecuada para la construcción del túnel y las lumbreras. De acuerdo a su elección se requiere que desarrolle los análisis y diseños complementarios o sustitutos para los proyectos estructurales y sus procedimientos constructivos de acuerdo a la selección realizada según la sección 2.3, acerca de las cuatro lumbreras de construcción y para los revestimientos primario y definitivo del Túnel Canal General, para lo cual deberá apegarse a lo indicado en esta sección, así como al Anexo 1 'Requisitos mínimos para la presentación de proyecto estructural'.

### 4.1 Estudio Geotécnico

#### 4.1.1 Análisis de la información geotécnica del proyecto ejecutivo

El Contratista evaluará la información geotécnica y las propiedades físicas y mecánicas del suelo consignadas en el Proyecto Ejecutivo. Determinará si es necesaria la actualización de esta información o su verificación, con el objeto de que los resultados sean aplicados a los proyectos solicitados en la sección 4.2 de estos términos de referencia.

En caso de determinar la necesidad de verificar la información geotécnica mediante una campaña de exploración complementaria, ésta se realizará en sitios específicos del trazo del túnel. El Contratista deberá considerar en su propuesta económica de concurso esta situación.

El Contratista deberá considerar en la exploración complementaria un proceso para ubicar específicamente los sitios y profundidades adecuadas para la recuperación de muestras. Debiendo proporcionar al menos los siguientes datos una vez finalizada esta etapa de exploración.

- Reconocimiento de la columna estratigráfica y ubicación del nivel de aguas freáticas NAF.
- Obtención y actualización del modelo geotécnico del Proyecto Ejecutivo (parámetros físicos y de diseño) para los análisis correspondientes.
- Recomendaciones geotécnicas para cada tipo de estructura (túnel, portales, lumbreras, interconexiones, excavaciones, etc.).

Independientemente que EL Contratista determine o no la realización o actualización de la información geotécnica del proyecto Ejecutivo, es su total responsabilidad la revisión de la información y construcción del proyecto, así como los proyectos que realice de acuerdo a esta sección 4.

Los resultados del análisis de la información y sus conclusiones las integrará en su memoria geotécnica.

El Contratista este entregable la programación, objetivo, tipo y características de los sondeos, así como de las pruebas de laboratorio y la manera en que estas actividades complementarán la geotecnia del Proyecto Ejecutivo en caso que se proponga la realización de la exploración complementaria

#### 4.1.2 Trabajos de exploración.

Si como resultado del análisis de la sección anterior, El Contratista requiere de trabajos de exploración complementaria deberá integrar en su campaña de exploración al menos los sondeos que aparecen en la siguiente tabla con recuperación de muestras (alteradas e inalteradas).

Propuesta de Exploración Complementaria		
Lumbrera	Cadenamiento	Profundidad(m)
TCG-SS-A-L1	4+700	30.00
TCG-SS-A-L2	6+500	30.00
TCG-SS-A-L3	8+000	30.00

El tipo de sondeos a realizar serán de tipo selectivo (SS) con recuperación de muestras alteradas e inalteradas siempre que sea posible y dependiendo de la ubicación final de la rasante hidráulica del túnel. Se identificará la secuencia estratigrafía de la etapa de exploración del Proyecto Ejecutivo y precisará las profundidades de recuperación de muestras en base a la recomendación siguiente:

- Un diámetro arriba de la clave del túnel
- Al eje del túnel
- Un diámetro debajo de la rasante hidráulica

Los trabajos de exploración se realizarán de acuerdo a la normatividad correspondiente indicada en estos términos de referencia.

Se utilizará la Prueba de Penetración Estándar (SPT) con recuperación continua de muestras alteradas y se evaluará la consistencia de los materiales superficiales, lentes de arena, estratos resistentes etc. La ejecución de estos sondeos será de acuerdo a lo indicado por las normas ASTM. Para la recuperación de muestras inalteradas, se utilizarán tubos de acero de pared delgada de 4 pulgadas de diámetro y 90cm de longitud (Tubo Shelby).

Si durante la exploración las condiciones estratigráficas del suelo de estudio (materiales pétreos, rellenos heterogéneos, lentes de arena, etc.) impiden realizar la toma de muestras, se realizaran avances con broca tricónica hasta encontrar materiales que permitan continuar con el sondeo.

Con esta información El Contratista elaborará del perfil de cada sondeo con la descripción de la secuencia estratigráfica, además de (número de golpes, profundidad ubicación del NAF, etc.) en caso de

no encontrar el nivel NAF a la profundidad explorada se debe indicar en los perfiles explícitamente que no se encontró.

### 4.1.3 Trabajos de laboratorio

A partir de las muestras alteradas e inalteradas obtenidas de los (SS) se obtendrán en el laboratorio las propiedades físicas y mecánicas de acuerdo a los criterios siguientes y a la normatividad correspondiente para este proyecto, indicada en estos términos de referencia:

#### 4.1.3.1 Muestras alteradas

1. Identificación visual y al tacto. Se realizará de tal manera que se describa la secuencia estratigráfica para poder compararla con la obtenida en el Proyecto Ejecutivo.
2. Contenido natural de agua,  $\omega$  (%). Se realizará una determinación por cada 0.30m de exploración, conforme el número de muestras lo permita.
3. Densidad de Sólidos (Ss). Se realizará una prueba con dos determinaciones por cada consolidación realizada.

#### 4.1.3.2 Muestras inalteradas

1. Torcómetro manual y/o Penetrómetro de bolsillo. Se realizará de manera sistemática en cada muestra recuperada de tubo Shelby. La selección de la herramienta para estas determinaciones será a criterio de la constructora en base a la recuperación de las muestras inalteradas.
2. Prueba de Compresión Triaxial No Consolidada – No Drenada (TX-UU) con obtención del módulo de elasticidad al 50% de la carga máxima. Se realizarán en suelos cohesivos en series de tres probetas, en las profundidades recomendadas.
3. Prueba de Compresión Triaxial Consolidada-No Drenada (TX-CU), con medición de presión de poro y obtención del módulo de elasticidad al 50% de la carga máxima. Se realizarán en suelos cohesivos y en series de tres probetas, en las profundidades recomendadas.
4. Consolidación unidimensional (CU). Se realizará una prueba de consolidación por cada muestra de tubo Shelby recuperada.

La decisión del número de sondeos a realizar y a las profundidades de investigación, es responsabilidad del Contratista en base a los objetivos y características del proyecto a construir. Si El Contratista considera que los sitios de exploración recomendados en este anexo son insuficientes y determina en base al análisis de la información geotécnica del Proyecto Ejecutivo, requiere redefinir la campaña de exploración complementaria (otro tipo de sondeos, colocación de BN, otro tipo de pruebas, instrumentación, piezómetros, pozos de bombeo, etc.). Deberá incluir en su propuesta económica los alcances de su exploración y no será objeto de reclamación ni bonificación de ninguna especie.

Los resultados de las pruebas de laboratorio los incluirá El Contratista en su memoria geotécnica.

#### 4.1.4 Análisis Geotécnico

Para realizar el análisis geotécnico, El Contratista contemplará el desarrollo de los siguientes puntos:

**Análisis Geotécnico del Túnel.** En el que abordará las secciones que definen el diseño óptimo estructural para su realización o revisión, cuando aplique, en tantas secciones como cambios de condiciones haya, especialmente en la cercanía e intersección con lumbreras y la futura llegada de las captaciones. En su revisión incluirá los efectos del sismo, de hundimientos diferenciales y regionales, así como de subpresión.

**Análisis Geotécnico de las Lumbreras.** En el que determinará las condiciones de esfuerzo a que se verán sujetas las estructuras y el suelo durante el proceso de construcción y la vida útil de ellas. Revisará la estabilidad durante la construcción y en la etapa de servicio. Incluirá en su revisión los efectos de sismo, hundimientos diferenciales y regionales, así como la subpresión. Determinará las condiciones adecuadas para la apertura del hueco para la llegada o salida de la tuneladora de las lumbreras L-1 a L-4 y la lumbrera L-3 del Túnel río de la Compañía y propondrá el mejoramiento si se requiere, en concordancia con lo indicado en la sección 2.3.2 de estos Términos de Referencia.

**Elaboración del Programa de Inmersiones.** Sólo cuando hubiera elegido la alternativa de construcción de lumbrera flotada de acuerdo a la sección 2.3.2 de estos Términos de Referencia. Tomará en cuenta las densidades del lodo y los materiales involucrados, así como el llenado y vaciado del tanque de inmersiones.

Y, en general, incluirá los cálculos que requiera el diseño de elementos de acuerdo a las secciones subsecuentes a esta (4.3 a 4.6).

La construcción del túnel generará una disminución de los esfuerzos en el suelo circundante, provocando desplazamientos radiales hacia su interior, los que se traducen en asentamientos de la superficie del terreno.

Por lo tanto El Contratista estimará la magnitud y distribución de estos asentamientos. Esto es muy importante para proponer el procedimiento de construcción que reduzca al mínimo la posibilidad de dañar infraestructura urbana así como servicios públicos (viviendas, edificios, tuberías de agua, drenaje, etc.). Por lo que se deberá de obtener los FS adecuados para este tipo de estructura.

El fenómeno de hundimiento regional, como el del valle de México, está acompañado por la disminución del espesor de las capas de arcilla compresibles. Por lo que La contratista deberá analizar la interacción suelo-estructura de todas las obras del Túnel Canal General (TCG) para analizar la influencia que tiene este fenómeno una vez construidas todas las obras.

Tomando en cuenta la diferencia de rigideces entre las estructuras El contratista evaluará el fenómeno de hundimiento regional de las estructuras en conjunto para conocer el comportamiento que presentarán cada una de ellas.

## 4.2 Aspectos Geohidrológicos

Un factor importante a considerar en la construcción del Túnel canal General, son las aguas subterráneas y el efecto que tendrá en las obras tomando en cuenta la existencia de cuerpos de agua existentes en la zona (lago de Chalco y canales) de los cuales es conveniente saber si tienen aportaciones de flujo y si estas generan presiones sobre las estructuras, además de los aspectos anteriores cabe mencionar que muy cercano a la zona del Túnel Canal General, se localiza una batería de pozos para abastecimiento de agua (ver figura correspondiente), para ello es necesario conocer las condiciones geohidrológicas que imperan en la zona y sus implicaciones para las obras.

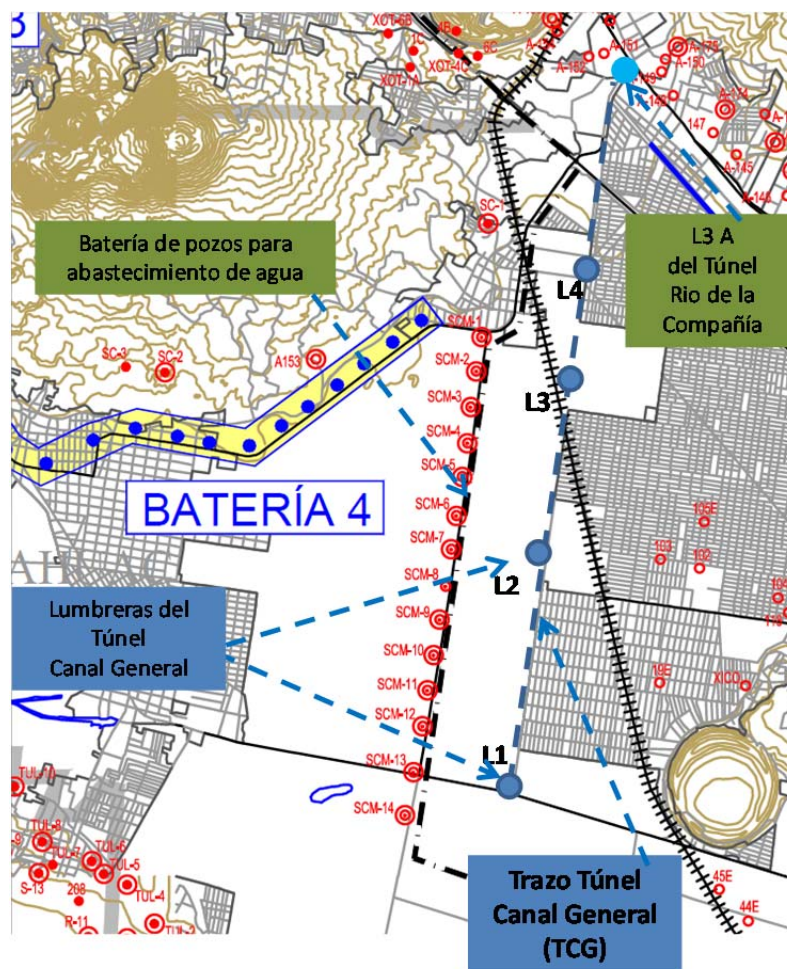


Figura 4 Batería de Pozos de abastecimiento de agua

#### 4.2.1 Pruebas de permeabilidad

Es de vital importancia establecer las condiciones de permeabilidad en la zona, de ello se deriva si existe posible transmisión de agua del lago de Chalco hacia el túnel, de los acuitardos y de los estratos arenosos y de los distintos materiales que se cortaran durante la obra en sitios de interés, de esta manera se entenderá el funcionamiento hidrogeológico de los diversos materiales que conforman el subsuelo en la zona de las obras. La empresa contratista deberá presentar su sembrado con la distribución de pruebas de permeabilidad tipo Lefranc indicando cadenamamiento, profundidad, estrato que se planea ensayar, entre otros, para ello deberá de tomar en cuenta los aspectos relacionados con la obra, tales como clave, rasante hidráulica, niveles máximos de excavación, zonas de interconexión, frentes de excavación, etc. Las pruebas de permeabilidad se realizarán en tramos de hasta 5m de profundidad como máximo, dependiendo de los espesores de los estratos de interés a ensayar. La propuesta de pruebas de permeabilidad debe contar con la anuencia de la Supervisión y de la CONAGUA.

El Contratista proporcionará a la Dependencia las metodologías para su ejecución, localización topográfica, los análisis y resultados obtenidos, datos de campo, memoria de cálculo así como su interpretación que incluye los resultados alcanzados de conductividad hidráulica de todas las pruebas realizadas y representados en un perfil geohidrológico (que muestre la estratigrafía y los tipos de materiales ensayados) a satisfacción de la Supervisión y de la CONAGUA. Se realizará la integración y análisis de las pruebas y de los resultados obtenidos mediante un informe (digital e impreso) con soporte fotográfico, conclusiones y recomendaciones.

#### 4.2.2 Sondeos de piezocono

En esta etapa el Contratista realizará, para cada lumbrera y en sitios estratégicos sobre el túnel, sondeos de piezocono (previa anuencia de la Supervisión y de la CONAGUA) para determinar las presiones de poro hasta 30m de profundidad, al respecto bajo el siguiente criterio deberá realizar las siguientes consideraciones que se indican:

- Realizar la recopilación, análisis e interpretación de información de utilidad de estudios anteriores referente a geología, geotecnia y geohidrología, lo anterior para conocer las condiciones estratigráficas y de agua subterránea de la zona.
- Tomar en cuenta la distribución y sembrado de la instrumentación, específicamente la referente a las piezoceldas, piezómetros eléctricos, abiertos y pozos de observación.
- Realizar una descripción detallada de todos los resultados obtenidos e indicara para cada sitio y a lo largo del túnel, la distribución y valores de presión de poro zonas de interconexión, clave, eje y rasante del túnel, niveles máximos de excavación, entre otros que sean de interés para la obra. En este sentido se deberá de incluir un perfil geotécnico -geohidrológico los resultados obtenidos que muestre la ubicación de las lumbreras, túnel y presiones de poro.

Dichos sondeos deberá realizarse antes de iniciar los trabajos respectivos de cada una de las estructuras subterráneas.

El Contratista efectuará el sembrado de los sondeos (previa anuencia de la Supervisión y la CONAGUA) que deberán considerar las condiciones geológicas, geotécnicas y características constructivas propias de la estructura de interés así mismo entregará las metodologías y procedimientos para su ejecución. Dentro de los alcances para los trabajos correspondientes el contratista deberá incluir los trabajos de perforación, equipo de medición debidamente calibrados, localización topográfica de cada sondeo (X, Y y Z), mano de obra, los análisis, interpretación e integración de los resultados obtenidos mediante un informe (digital e impreso) con su respectivos soportes técnicos y fotográficos, conclusiones, recomendaciones y todo lo necesario para su correcta ejecución a satisfacción de la Supervisión y de la CONAGUA.

### 4.2.3 Estudio Geohidrológico

Entre los aspectos a considerar durante los trabajos de la obra, es el agua y en este sentido se deberá de tomar en cuenta las presiones generadas por esta y las condiciones de flujo, aunado que en la zona se cuenta con el lago de Chalco, el cual no se tiene conocimiento sobre su influencia de este hacia las obras correspondientes y que será conveniente definir.

En esta etapa El Contratista deberá proponer e incluir en su propuesta los trabajos correspondientes para contar con la prospección, caracterización, presiones del agua condiciones de flujo y modelo geohidrológico que permitan definir de manera clara las condiciones actuales de la zona del túnel.

El Contratista realizará la recopilación, análisis e interpretación de la información existente (geología, geotecnia, geofísica, piezometría, entre otros), además de aprovechar al máximo la información piezométrica de la instrumentación instalada mediante estaciones piezométricas, de los resultados de los sondeos piezocono y de pruebas de permeabilidad, con ello se obtendrá el perfil piezométrico (plano) que muestre la estratigrafía y distribución de presiones que se tendrán sobre el túnel así como parámetros hidráulicos (permeabilidad, gastos de entrada al túnel, entre otros). En el plano se deberá incluir la superficie piezométrica de los pozos para abastecimiento de agua con su respectiva dirección de flujo subterráneo y su posición con respecto al túnel.

En los estudios correspondientes se deberá de evaluar los efectos que se tendrán al túnel y a las obras asociadas por la operación de la batería de pozos para abastecimiento. En esta etapa se deberá realizar la recopilación y análisis de las características constructivas, hidráulicas y electromecánicas de los pozos, régimen y políticas de operación, censos de los pozos, piezometría de los mismos, entre otros conforme a especificación (E-GEH-3), que permitan sustentar las bases y establecer su influencia y los efectos de dicha batería al túnel, derivado de las extracciones de agua de subterránea de dichos pozos.

Deberá indicar si en la zona del túnel presenta artesianismo (en estratos de arena), ya sea por debajo del túnel o lumbreras, si el agua genera presiones y de que orden de magnitud, o bien cómo está distribuido sobre el túnel dicho artesianismo (en caso de que lo hubiera), cómo afecta a las obras y la manera de mitigarlo en el caso de ser necesario para ciertas obras. Establecerá en que zonas del subsuelo las arcillas funcionan como acuitardos y en qué zonas del túnel se tendrán posibles infiltraciones y de que orden de magnitud.

El Contratista entregará un informe final (digital e impreso) con los resultados alcanzados, con la integración de toda la información recopilada y analizada, incluyendo la obtenida durante el desarrollo de los trabajos, planos (planta y perfiles), que muestre de manera clara el funcionamiento hidrogeológico de la zona del túnel, superficie piezométrica, distribución de cargas hidráulicas sobre las obras de los pozos de abastecimiento de la batería (estatus y censos de pozos, piezometría, fichas técnicas de los mismos, efecto del bombeo y de los conos de abatimiento hacia el túnel) y aspectos relevantes, con su respectivos soportes técnicos y fotográficos, conclusiones, recomendaciones y todo lo necesario para su correcta ejecución a satisfacción de la Supervisión y de la CONAGUA.

#### 4.2.4 Aspectos relacionados con el bombeo mediante pozos

Derivado de las condiciones del subsuelo existentes para el Túnel Canal General (arcilla, posible acuífardo arcilloso y lentes de arenas y/o limos) los cuales se encuentran intercalados y en este sentido se deberá de tener cuidado con bombeos innecesarios, pozos mal diseñados y/o construidos. Si fuera el caso de requerirse se deberá de contar con la anuencia de la Supervisión y de la CONAGUA, bajo las siguientes restricciones y/o condiciones que se enuncian de manera enunciativa más no limitativa:

- Justificación del bombeo
- Identificación y factibilidad para abatir las presiones en los estratos que correspondan
- Evaluación de la ubicación y del diseño del(os) pozo(s)
- Revisión del proceso constructivo del(os) pozo(s) y supervisión del(os) mismo(s) así como de la(s) prueba(s) de aforo y bombeo
- La cantidad de pozos estará en función de los resultados de las pruebas de aforo y bombeo.
- Selección adecuada del(os) equipo(s) de bombeo
- Definición del sistema de bombeo, arreglos y política de operación
- Monitoreo de la instrumentación y comportamiento de los pozos durante los bombeos

En caso de realizar la perforación de pozos sin la anuencia de Supervisión y CONAGUA, no serán reconocidos los trabajos ejecutados para fines de pago y tampoco la operación de estos. La empresa Contratista será la responsable de las afectaciones o daños que se generen por bombeos injustificados o no autorizados.

Cabe mencionar que los pozos que proponga la Contratista formarán parte de su propuesta así como el régimen de operación, por lo que no se aceptarán reclamos relacionados con dichos conceptos.

## 4.3 Proyectos Estructurales y Procedimientos Constructivos

Los documentos entregables se detallan en el Anexo 1.

### 4.3.1 Túnel

Para lo concerniente al desarrollo de los proyectos, El Contratista contemplará que el túnel deberá cubrirse con una membrana plástica de acuerdo a la sección 5.2 de estos términos de referencia.

#### 4.3.1.1 Máquinas Tuneladoras propiedad del Gobierno del Distrito Federal

Cuando El Contratista haya elegido esta opción, deberá realizar los siguientes cálculos y diseños complementarios:

**Procedimiento Constructivo.** Desarrollado de acuerdo la sección 3.1.2 del Anexo 1. Este debe incluir, entre otros, la selección del equipo (en este caso, las máquinas tuneladoras propiedad del Gobierno del Distrito Federal), definición de dimensiones y refuerzo de estructuras de apoyo de la maquinaria (muro de reacción, base de apoyo y de paso en las lumbreras), diseño de la inyección de contacto a aplicar entre el revestimiento primario y el terreno, determinación del apoyo del sistema de avance en el revestimiento primario de acuerdo a los esfuerzos provocados y resistentes en el mismo, análisis de la estabilidad del terreno en la vecindad de la conexión con las lumbreras con el diseño del mejoramiento cuando el análisis del contratista determine que lo requiere. Las opciones para dicho mejoramiento se describen en la sección 2.3 de estos términos de referencia.

**Diseño estructural de los refuerzos en las futuras conexiones para las captaciones.** El contratista revisará estructuralmente las conexiones de las captaciones de las cuales deberá dejar preparado el refuerzo necesario dentro de los revestimientos del túnel.

**Revisión Estructural del Revestimiento Definitivo.** Dado el plano con la geometría y refuerzo del revestimiento definitivo, El Contratista revisará estructuralmente la sección y armado, tomando en cuenta los estudios geotécnicos existentes y los que él realice.

#### 4.3.1.2 Equipo tunelador propiedad de El Contratista o rentado por él

Habiendo resultado esta opción la elegida por El Contratista, éste elaborará el proyecto estructural del revestimiento primario del túnel a base de dovelas y del revestimiento definitivo, tomando en cuenta la información geotécnica con la que se cuente y las características geométricas y de apoyo de la máquina

tuneladora a utilizar. Para ello deberá desarrollar el procedimiento constructivo de construcción del túnel y el diseño estructural para los revestimientos, mismos que deberán apegarse a lo indicado en el anexo 1.

**Procedimiento Constructivo.** Desarrollado de acuerdo la sección 3.1.2 del Anexo 1. Este debe incluir, entre otros, la selección de la maquinaria a utilizar, del equipo, definición de dimensiones y refuerzo de estructuras de apoyo de la maquinaria (muro de reacción, base de apoyo y de paso en las lumbreras), diseño la inyección de contacto a aplicar entre el revestimiento primario y el terreno, determinación del apoyo del sistema de avance en el revestimiento primario de acuerdo a los esfuerzos provocados y resistentes en el mismo, análisis de la estabilidad del terreno en la vecindad de la conexión con las lumbreras con el diseño del mejoramiento cuando el análisis de El Contratista determine que lo requiere. Las opciones para dicho mejoramiento se describen en la sección 2.3 de estos términos de referencia.

**Diseño estructural de los revestimientos del túnel.** Para el diseño de los revestimientos del túnel, El Contratista contemplará lo siguiente:

1. Revisará estructuralmente los revestimientos primario y definitivo del túnel, en todas las secciones que requieran de una configuración distinta de refuerzo, de tal manera que resulte un diseño óptimo, donde se muestren claramente las diferencias entre la sección de refuerzo mínimo y las que requieran mayor refuerzo por sus situación particular. Por ello, revisará especialmente las conexiones futuras de las captaciones de las cuales deberá dejar preparado el refuerzo necesario dentro de los revestimientos del túnel, así como la intersección con las lumbreras (portales) y detallará el refuerzo en planos.
2. El túnel terminado deberá tener un diámetro de servicio de 5m.
3. La excavación se realizará con máquina tuneladora (TBM) de frente presurizado.
4. Es responsabilidad de El Contratista, la selección del equipo excavador y el diseño de mezclas, sean para la inyección de contacto o cualquier otra que se requiera.
5. En el diseño deberán ser tomados los efectos del sismo y la variación de esfuerzos debidos al hundimiento regional y diferencial.
6. Se diseñará el revestimiento primario (dovelas prefabricadas de concreto reforzado) del túnel para resistir el 100% de las acciones a que se verá sujeto a corto plazo. El Contratista revisará que la distorsión máxima (se define la distorsión como la diferencia entre diámetro máximo deformado y el diámetro mínimo deformado, dividido entre el valor del diámetro mínimo deformado) sea inferior al 1%. En cuanto a la deformación diametral máxima (deformación diametral = modificación de distancia que se presenta entre dos puntos diametralmente opuestos de la sección transversal del túnel) sea inferior al 0.5% del diámetro de diseño, y verificará que esta deformación esté contemplada en el análisis y diseño de la sección estructural del revestimiento primario del túnel.

7. Para el revestimiento definitivo, el diseño se realizará para el 100% de las acciones tomando en cuenta la contribución de las dovelas a largo plazo.
8. Ambos revestimientos se diseñarán para concreto clase I, en el caso del revestimiento definitivo se requiere que el concreto sea de  $f_c'$  no menor a  $350\text{Kg/cm}^2$ , que cumpla con los requisitos de durabilidad que se indican en el capítulo 4 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto 2004 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 2004. El cemento a utilizar deberá ser CPC 30 o 40 de acuerdo a su diseño; el que resulte, deberá indicarlo en los planos.
9. Realizar el diseño de conexiones con lumbreras, definiendo la condición de construcción y operación que dará estabilidad y hermeticidad al sistema (portales). Deberá detallarse el refuerzo en la zona de concurrencia del túnel y la lumbrera, así como el mejoramiento que eventualmente requiera el terreno circundante de acuerdo al análisis de El Contratista.
10. Revisar localmente las zonas de esfuerzos que provocará la incrustación de los tubos de interconexión y el refuerzo adicional, si lo hubiera, para el Túnel a fin de resistir los esfuerzos adicionales a que se verán sujetos sus revestimientos.

## 4.3.2 Lumbreras de construcción

### 4.3.2.1 Lumbrera flotada

El Contratista elaborará el programa de inmersiones de acuerdo a la sección 4.1.4 de estos Términos de Referencia.

### 4.3.2.2 Lumbrera con muro milán

Cuando la opción de El Contratista haya sido la construcción de la lumbrera con muro milán, elaborará el procedimiento constructivo y el proyecto estructural, y deberá apegarse a lo que se indica en el Anexo 1 respecto a la elaboración de proyectos. Para las lumbreras deberá contemplar:

**Procedimiento Constructivo.** Desarrollado de acuerdo la sección 3.1.2 del Anexo 1, que debe incluir, entre otros temas, la selección del equipo de excavación de tableros y núcleo, la geometría de brocales, definición de dimensiones y refuerzo de estructuras de apoyo de la maquinaria (bases de apoyo y su influencia en los muros), el procedimiento para la colocación del refuerzo, el concreto y las juntas.

**Diseño estructural de Muro Milán.** En que contemplará que:

1. Las lumbreras serán de concreto, para la fabricación de éste se utilizará cemento portland compuesto –CPC– resistente a los sulfatos, clase 30 o 40 según la resistencia requerida, que cumpla con la norma NMX-C-414-ONNCCE, y deberá especificarse en los planos. El valor de  $f_c'$  no será menor a  $350\text{Kg/cm}^2$  y deberá cumplir con los requisitos de durabilidad contenidos en

la sección 4 de la Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto 2004.

2. La lumbrera se construirá con muro Milán como revestimiento único, por lo que El Contratista tomará esto en cuenta a fin de desarrollar el cálculo y tareas afines. Los tableros del muro Milán serán excavados mediante almeja guiada.
3. Las lumbreras de construcción deberán tener un diámetro interior definitivo de 12m.
4. Verificará la estabilidad del terreno y las estructuras de la maquinaria que se utilice para la construcción y excavación de la lumbrera. Definir los límites de verticalidad para la construcción de los muros de la lumbrera, mismos que deberán contemplarse en los cálculos estructurales.
5. Contemplar que la lumbrera se encuentra rodeada de terreno, para efecto de las acciones que éste aplique sobre la estructura y el apoyo que provee para la misma.
6. Deben revisarse las etapas de construcción y verificar que, en todo momento, la estructura y su construcción sean seguras. Entre las etapas a revisar estructuralmente están cuando no se ha colado la losa fondo y cuando ya cuenta con los huecos para el servicio que se requirió.
7. Revisar especial y localmente los huecos a fin de definir el refuerzo propicio. Del mismo modo, se revisarán los esfuerzos en los límites con los elementos de rigidez (losa fondo y losa tapa).
8. Revisar localmente los apoyos que utilice la máquina tuneladora TBM –apoyos laterales y en la base– en la estructura de la lumbrera cuando sea el caso.
9. El Contratista definirá la deformación diametral máxima permisible (deformación diametral = modificación de distancia que se presenta entre dos puntos diametralmente opuestos de la sección transversal de la lumbrera), contemplando las deformaciones inmediatas y a largo plazo, de tal manera que esta deformación esté contemplada en el análisis y diseño de la sección estructural de la lumbrera.

## 4.4 Proyecto para los Predios de las Lumbreras

Se requiere del proyecto integral –arquitectónico, estructural, instalaciones (hidráulicas, sanitarias, eléctricas, voz y datos, etc) de los siguientes elementos con las características que se mencionan a continuación, la revisión estructural deberá realizarse conforme a lo indicado en el anexo 1:

### 4.4.1 Proyecto de conjunto

Que deberá contemplar la etapa de construcción y la etapa de servicio de las estructuras, donde desarrolle la distribución de espacios, la construcción de la barda perimetral sea definitiva o provisional, caseta de vigilancia los espacios de tránsito vehicular para acceso a la lumbrera, y peatonal (guarniciones y banquetas) y áreas de jardín, así como la definición de la iluminación distribuida en el predio.

#### 4.4.2 Barda Perimetral Definitiva

Altura mínima de 3m y remate con concertina, la barda se especificará de mampostería confinada por dalas y castillos, cimentada con zapatas corridas de concreto reforzado. Los planos de albañilería especificarán que la barda tendrá acabado fino y pintura en ambas caras. Deberá incluir un portón metálico de dos hojas con lámina calibre 18 y estructura de soporte del tamaño que resulte adecuado para la entrada y salida de los vehículos de carga y transporte de maquinaria (alrededor de 10m de ancho por tres de altura) que utilizará el acceso.

#### 4.4.3 Barda Perimetral Provisional

Cuando se trate de límites provisionales en terrenos en renta, se elaborará para la etapa de construcción, la delimitación de predios a base de lámina pintro o similar con una altura no menor a 2.20m.

#### 4.4.4 Caseta de vigilancia

Para uso durante la obra y cuando ésta se encuentre en operación. Con los servicios y los espacios necesarios para alojar la cantidad de vigilantes que determine El Contratista. Considerará para ello el desarrollo de su proyecto en aproximadamente 20m<sup>2</sup>, el proyecto deberá indicar zapatas corridas de concreto, muros de mampostería confinada con dalas y castillos y losa de concreto no menor a 10cm con voladizo en los cuatro lados y pretiles sobre la losa en todo el rededor. Incluirá un área de estancia de la vigilancia con ventanal de recepción y puerta cercanas al acceso del predio, una cocineta, baño completo con regadera, dormitorio para una persona. Los planos de albañilería especificarán los acabados de piso en loseta cerámica, los muros en aplanado fino con pintura (sello más dos manos de pintura) en exterior e interior, mismo acabado en plafón y la azotea estará cubierta con impermeabilizante. El Contratista proveerá los muebles (escritorios, sillas, cama, etc.) y los servicios de cada espacio. Retirá los muebles al término de sus trabajos en la obra, a excepción de los instalados en el baño y cocineta.

#### 4.4.5 Letreros

Se solicita al Contratista la elaboración del proyecto de los letreros en lámina cal 12 alusivos a la obra, para definir los materiales de la estructura y la cimentación de apoyo, para los dos tamaños que se utilizarán 3.0x1.5m y de 6.0x3.0m, a colocarse en los predios de las lumbreras que resulten visibles desde el exterior de dichos predios o en lugares cercanos a la obra del Túnel.

### 4.5 Notas importante respecto a los Proyectos

1. A estos términos de referencia se adjuntan Los Anexos 1 y 3, que contiene los requisitos mínimos para la elaboración de los proyectos estructurales, geotécnicos y de instrumentación.

2. La CONAGUA no cubrirá costos por conceptos de elaboración estudios o proyectos, éstos deberán estar contemplados dentro de los conceptos de construcción de cada una de las estructuras.
3. Para las estructuras de las cuales El Contratista deberá desarrollar el proyecto de acuerdo a lo indicado en la sección 4 de estos Términos de Referencia, presentará el catálogo de conceptos correspondiente con los costos unitarios de obra para integrarlo a su propuesta Técnico Económica. Es entonces necesario que El Contratista realice un anteproyecto de cada uno de los proyectos que se le soliciten para realizar su propuesta técnico económica.

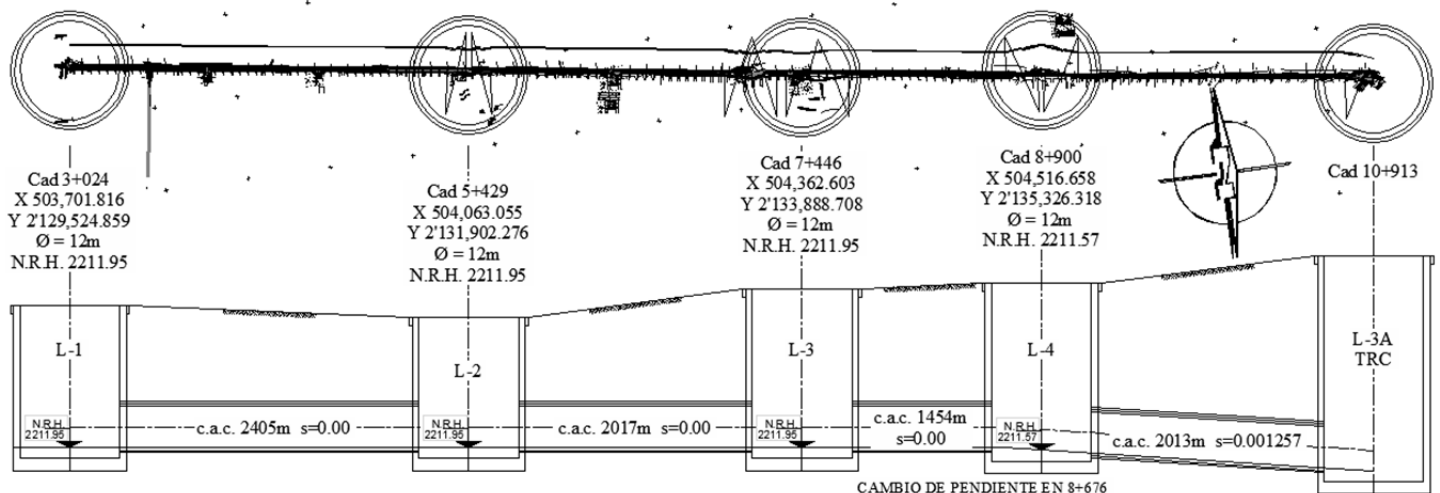
## 5 Alcances para la construcción del túnel canal general

Con el proyecto ejecutivo que le fue entregado a El Contratista o los proyectos desarrollado por él, de acuerdo a la elección que éste realizó en su propuesta técnico económica para las cuatro lumbreras de captación y el túnel, se llevará a cabo la construcción del Túnel Canal General, cuyas obras principales y tareas se describen a continuación.

El Contratista sólo podrá iniciar los trabajos de construcción cuando ya le hayan sido aprobados los proyectos desarrollados que se le indican en la sección 4 de éstos términos de referencia. El tiempo adicional que tome el contratista para la presentación de su proyecto y posterior aprobación, no será motivo de reclamo económico ni para solicitar reprogramación del calendario de actividades.

El Túnel inicia su trayectoria enfrente de la planta de bombeo 'El Toro', ahí se construirá una lumbrera (L-1) que permita bajar el equipo tunelador al nivel que se requiera para excavar el túnel según datos de proyecto. Se construirán 3 Lumbreras más que serán de paso a la tuneladora y, de acuerdo al programa de El Contratista, se ocuparán eventualmente para extraer material producto de la excavación, así como suministrar consumibles del equipo y las dovelas para el revestimiento primario del túnel, que finalmente llegará a la lumbrera 3A del Túnel Río de la Compañía donde será desmantelada la TBM.

PLANTA Y ELEVACIÓN ESQUEMÁTICOS DEL TÚNEL CANAL GENERAL



Se distinguen entonces, dos grupos de estructuras principales:

1. Cuatro Lumbreras de Construcción de 12 metros de diámetro de servicio.
2. Túnel Canal General, de 5 metros de diámetro de servicio, longitud aproximada de 7.880km. Inicia en la avenida Tlahuac-Chalco con un trayecto paralelo al Canal General, a un lado de la

margen derecha sobre las calles Acapol, Toluca y Zacatecas para concluir en la lumbrera 3A del Túnel Río de la Compañía.

## 5.1 Lumbreras

Las cuatro lumbreras a construir se ubicarán según las coordenadas que se muestran en la tabla siguiente:

Captación	X m	Y m
L-1	503701.816	2129524.859
L-2	504063.055	2131902.276
L-3	504362.603	2133888.708
L-4	504516.658	2135326.318

Además de introducir el equipo excavador por la lumbrera L-1 y retirarlo por la lumbrera L-3A del Túnel Río de la Compañía, la utilidad que El Contratista dé a lumbreras, dependerá de su logística desarrollada para llevar a buen funcionamiento y término cada una de las tareas que realizará para la construcción de la obra del Túnel Canal General, con los estándares de eficiencia, seguridad y calidad que se le solicitan. Por lo tanto, será necesario que antes de iniciar la construcción, verifique que los espacios son suficientes para el desarrollo de sus tareas.

### 5.1.1 Tareas preliminares

#### 5.1.1.1 Verificación de la topografía

El Contratista verificará la topografía mediante levantamientos de trazo y nivelación con lo que cotejará la información del proyecto ejecutivo y reportará las diferencias. La nivelación deberá mantenerla durante la construcción de la obra.

#### 5.1.1.2 Construcción de barda perimetral

En el perímetro de los predios que se disponen para las lumbreras, se construirán bardas provisionales a base de lámina (pintro o similar) o definitivas con muros de mampostería confinada con castillos y dalas, de acuerdo al proyecto que El Contratista desarrolló según la sección 4.4 de estos términos de referencia.

### 5.1.1.3 Construcción de Caseta de Vigilancia

La caseta de vigilancia, cuyo proyecto se solicitó en la sección 4.4 de estos términos de referencia, será construida por El Contratista de acuerdo a los planos ejecutivos desarrollados por él, con los servicios que se indican en dicho proyecto.

### 5.1.1.4 Plataforma de trabajo

Con la finalidad de que la maquinaria que haya que emplearse se apoye o circule en terreno adecuado, El Contratista realizará los trabajos necesarios para conformar una plataforma firme y horizontal, para lo cual procederá al despalme del terreno en hasta cincuenta 50cm de espesor, colocando enseguida una capa de tezontle limpio de banco de 50mm de diámetro con un espesor mínimo de 40cm.

## 5.1.2 Procedimiento Constructivo

Las lumbreras serán construidas de acuerdo a la elección que haya realizado El Contratista sea con lumbrera flotada o muro milán.

### 5.1.2.1 Las lumbreras se construyen según el Proyecto Ejecutivo (con lumbrera flotada)

Cuando esta haya sido la opción elegido por El Contratista, se realizará la construcción de dos pantallas, en cada una de ellas se construirán brocales provisionales para restringir lateralmente a la almeja guiada, se iniciará con la pantalla interior de lodo fraguante y se continuará con la pantalla exterior de mortero.

Para los pozos de bombeo, ver plano con el procedimiento.

En la excavación de tableros con almeja, sea para las pantallas o para la zanja que define el núcleo, se deberán excavar tableros alternados.

Se realizará un brocal interior provisional y uno exterior definitivo que definirán la zanja perimetral junto a la cara interior de la primera pantalla, dicha zanja permanecerá ademada con lodo bentonítico. Concluida ésta, se comenzará a excavar el núcleo y el material se sustituirá gradualmente con lodo bentonítico. El tanque de flotación, previamente preparado, será puesto sobre la excavación mediante equipo de izaje y control de verticalidad (control topográfico), que permitan la estabilidad del peso que se vaya agregando y sumergiendo (ver programa de inmersiones elaborado por El Contratista) para proceder con el colado de la losa fondo y el inicio de los muros de la lumbrera (ver geometría y refuerzo en el proyecto ejecutivo).

Referirse a los planos y memoria de procedimiento constructivo para los detalles.

Se dejará pendiente la construcción del firme sobre la losa fondo con media caña, estos trabajos se realizarán posteriormente y no forman parte de la licitación actual.

### 5.1.2.2 Las lumbreras se construyen con Muro Milán

Si esta fue la elección de El Contratista de acuerdo a la sección 2.3.2, las lumbreras serán construidas mediante muro Milán con el diámetro, espesores de muro y refuerzo de acuerdo al proyecto desarrollado por El Contratista. Para la excavación de los tableros se utilizará como guía un brocal de concreto exterior y otro interior que definan el hueco de los tableros, éstos serán excavados con el empleo de una almeja guiada cuya desviación vertical no sobrepase el 0.5% de la profundidad de excavación. Se excavarán en paneles alternados y se estabilizarán las zanjas con lodo bentonítico según planos de procedimiento constructivo.

El Contratista tomará las precauciones necesarias para tener el lugar de los trabajos (lumbrera y Túnel) en condiciones secas ante lluvias o cualquier otro evento.

Preparar el bombeo de achique a ser utilizado eventualmente cuando se requiera.

Se realizará la construcción de dos pozos diametralmente opuestos para bombeo que permita abatir presión de poro e iniciarán las pruebas. De requerirse, se construirán hasta dos pozos más, dispuestos de manera que su eje sea ortogonal al eje de los primeros. Con las pruebas realizadas, El Contratista deberá determinar los tiempos de operación y sujetar su cálculo a la revisión de La Supervisión.

Una vez concluido el colado de muros Milán se procederá a la excavación del núcleo mediante el empleo de almeja loca hasta el nivel máximo de excavación de proyecto, para enseguida preparar el refuerzo de la losa fondo y su colado.

Se dejará pendiente la construcción del firme sobre la losa fondo con media caña, estos trabajos se realizarán posteriormente y no forman parte de la licitación actual.

Referirse a los planos y memoria de procedimiento constructivo para los detalles.

### 5.1.3 Vigilancia

En los sitios de las lumbreras L-1, L-2, L-3 y L-4 de esta obra, así como en la lumbrera L-3A del Túnel Río de la Compañía, deberá mantenerse vigilancia armada para garantizar el resguardo de las instalaciones, personal y equipo las 24 horas del día y durante todo el tiempo de la ejecución de los trabajos. Este concepto, deberá contemplarlo El Contratista dentro de sus indirectos.

### 5.1.4 Limpieza

El Contratista deberá mantener las áreas de los predios de las lumbreras libres de basura, materiales producto de demoliciones o excavación, maquinaria que ya no se utilice y cualquier tipo de obstrucción, por lo que considerará en sus indirectos, los costos que le genere el barrido, regado y limpieza de las

áreas comunes. Instruirá a su personal para que realice sus necesidades fisiológicas en los sitios adecuados.

### 5.1.5 Oficinas de campo

Los gastos generados por la instalación y servicios de las oficinas de campo para la CONAGUA y oficinas, bodegas y demás instalaciones para El Contratista, deberán ser contemplados por éste dentro de sus indirectos.

#### 5.1.5.1 Para el Contratista

El Contratista deberá contar con oficinas de campo para sus trabajadores de gabinete, además de las instalaciones que requiere para resguardo de materiales, equipo, maquinaria, refacciones y accesorios, entre otros. Deberán contar con sanitarios en cantidad suficiente para los trabajadores de obra que se mantengan en condiciones sanitarias aceptables. Sus instalaciones deberán contar con servicio constante de electricidad, agua potable, drenaje, teléfono, internet y demás que requiera para el desempeño de sus trabajos a ejecutar como parte de la construcción de las lumbreras y el túnel.

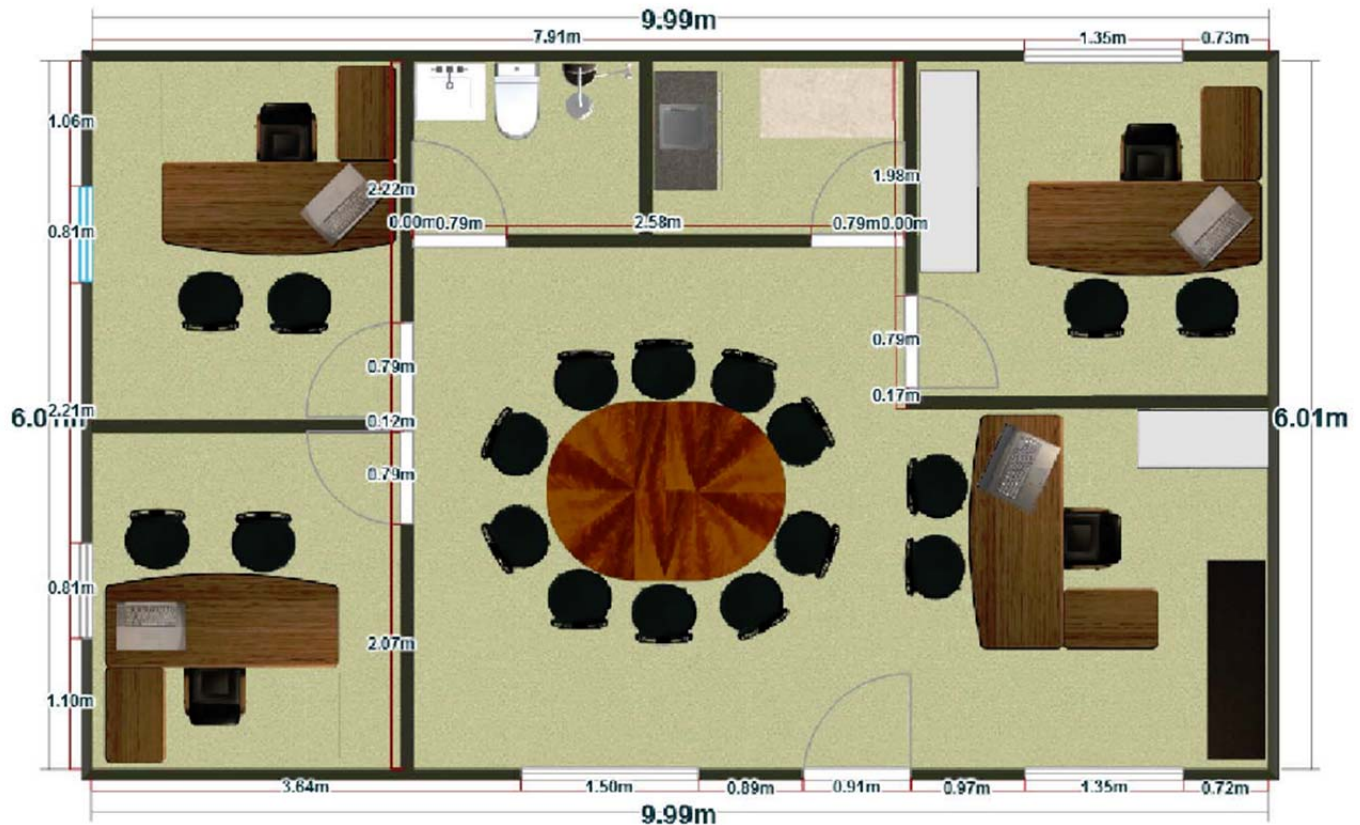
Será su elección el sitio o sitios que utilice para sus oficinas y demás instalaciones, Pero deberá distribuir su espacio de tal manera que resulten las menores afectaciones a los vecinos por el tránsito de vehículos y evitar en lo posible usar como estacionamiento las calles vecinas sea por vehículos de carga, de los trabajadores o de las visitas.

En los sitios de las lumbreras deberá marcar lugares de estacionamiento para al menos dos vehículos de la CONAGUA y dos para la Supervisión de Obra.

#### 5.1.5.2 Para la CONAGUA

En el predio donde se ubicará la lumbrera L-1, para la residencia de la CONAGUA, El Contratista deberá prever como parte de sus indirectos la instalación de una oficina de campo, con todos los servicios (electricidad, agua potable, drenaje, internet, teléfono etc.), dichos servicios deberá mantenerlos ininterrumpidamente durante la ejecución de los trabajos motivo de estos Términos de Referencia.

Se requiere contar con un área aproximada de 60m<sup>2</sup> de multypanel (10x6m, aproximadamente) y piso de concreto son superficie pulida, para alojar cuatro cubículos, sala de juntas, baño completo y cocineta, equipada con cuatro escritorios, cuatro sillones de escritorio más ocho sillas y mesa con diez sillas para sala de juntas. Lo anterior será necesario mantenerlo durante el periodo de la obra y hasta su finiquito.



Dichas oficinas se encontrarán al resguardo de la vigilancia armada solicitada párrafos arriba, y acompañada de cuatro lugares de estacionamiento para camioneta tipo pick up además de los dos lugares para visita que se indicaron en la sección anterior.

### 5.1.5.3 Oficinas para supervisión

La Supervisión deberá encargarse de la construcción y mantenimiento de su propia oficina de campo, pero El Contratista deberá reservar el espacio para ella con las mismas dimensiones y lugares de estacionamiento que la solicitada para CONAGUA, también en el predio de la lumbrera L-1.

### 5.1.6 Difusión y Visitas

Como parte de la difusión que la CONAGUA realiza de las obras en construcción, El Contratista elaborará y colocará un letrero en cada uno de los predios de las lumbreras con las siguientes dimensiones y materiales:

- 6.00x3.00m
- Fabricado en lámina cal. 12, reforzada con perfiles PTR
- Será soportado por perfiles metálicos verticales, los cuales contarán con apoyos a base de zapatas de concreto reforzado.

Mismo que deberá colocar en un lugar visible desde la calle dentro del predio de la obra.

Además contemplará –esto dentro de sus indirectos– el tiempo y costo que le tome la recepción de visitas guiadas para grupos escolares o multidisciplinarios que le provoquen la detención momentánea de los equipos de construcción o del personal. La guía de las visitas correrá a cargo de La Supervisión y las instrucciones de medidas de seguridad a cargo de El Contratista.

Se deberá contar en obra en forma permanente, con una existencia mínima de (50) cincuenta cascos tipo cachucha y guantes para visita de obra, botiquines, equipo contra incendio e implantar las medidas y equipo de seguridad para su personal, en cantidad adecuada y suficiente para el desarrollo normal de los trabajos y prevenir accidentes. Además, incluirán las señalizaciones, de proximidad a la obra, informativos, restrictivos, preventivos anexando el proyecto de señalización, barreras, letreros, protecciones, etc., así como bandereros y personal de seguridad, en cantidad suficiente, a juicio de la Coordinación Técnica; así como cuatro carros para transporte de visitas en el interior del túnel, con capacidad para ocho personas cada uno, para cualquier requerimiento del convocante, cuando lo solicite. Los costos asociados a cualquier accidente de trabajo o derivado de la actividad de construcción serán a cargo exclusivamente de la Contratista.

## 5.2 Túnel

La excavación del túnel deberá realizarse en turnos continuos de 24 horas, excepto los tiempos que requiere la tuneladora para cambios de accesorios y mantenimiento en general.

Cuando la tuneladora alcance el sitio de la siguiente lumbrera, está ya deberá estar en condiciones para recibir la base que permitirá a la tuneladora cruzar hasta el portal siguiente.

Tan pronto como cruce el último portal la tuneladora, deberán comenzar los trabajos necesarios para la revisión de sus condiciones y el retiro de la misma del sitio de obra.

### 5.2.1 Tareas preliminares

En caso de haber optado por la alternativa de los equipos propiedad del Gobierno del Distrito Federal, El Contratista realizará el mejoramiento en el terreno cercano a la lumbrera en la vecindad de la llegada o salida del túnel.

Cuando la alternativa elegida haya sido con máquina tuneladora propia o rentada por El Contratista, si de acuerdo a los cálculos realizados, resultara necesario mejorar el terreno a través del cual comenzará a excavar el túnel, deberá realizarlo conforme a su proyecto de mejoramiento. Una vez concluida esta labor, procederá a retirar el concreto y el refuerzo por medios mecánicos de la zona que penetrará la máquina tuneladora. Será admisible que, dentro de su proyecto, El Contratista proponga que se refuerce

esta zona con varillas de fibra de vidrio, en cuyo caso la tuneladora podrá perforar el concreto tratándose del equipo propiedad del gobierno del Distrito Federal. En otro caso, El Contratista evaluará esta posibilidad. El mejoramiento y la preparación del portal de entrada o salida deberá estar realizado en todas las lumbreras antes de que arribe la tuneladora a cada sitio.

## 5.2.2 Geometría

El Contratista tomará en cuenta que el túnel deberá contar un diámetro terminado de servicio de 5m y contemplar que la máquina excavará el espacio suficiente para dar cabida a los recubrimientos primario y definitivo, además del mortero entre el terreno y las dovelas.

## 5.2.3 Procedimiento Constructivo

La excavación del túnel y sus revestimientos se realizará con el proyecto que aplique según la elección de El Contratista respecto a las alternativas enunciadas en la sección 2.3.1.

En la lumbrera L-1 (y en la lumbrera donde El Contratista determine que iniciará otro tramo de excavación simultáneo cuando haya optado por utilizar más de una máquina tuneladora) preparar el muro de reacción con las placas colocadas en los puntos de apoyo de los gatos hidráulicos de la tuneladora. Asimismo se prepara la base sobre la losa fondo que servirá para dar posición de inicio a la máquina tuneladora.

La tuneladora comenzará su trabajo de excavación empujándose sobre el muro de reacción hasta que el revestimiento primario sea capaz de soportar la fuerza del sistema de empuje de la máquina excavadora de acuerdo con el cálculo de El Contratista. Por cada anillo colocado deberá sellarse inmediatamente con la inyección de contacto, cuyo diseño fue también labor de El Contratista.

Para el paso de la tuneladora en la siguiente lumbrera, se deberá preparar la base –de acuerdo al proyecto de El Contratista–, la máquina seguirá colocando anillos de concreto dentro de la lumbrera, que se desmantelarán cuando el tramo haya alcanzado la longitud suficiente para el apoyo del sistema de empuje de la TBM.

El revestimiento definitivo se construirá con cimbra deslizante, en los tramos que determine El Contratista. El momento en que inicie este trabajo, será el que haya determinado en su programa de obra, que puede ser hasta que se haya concluido la colocación del revestimiento primario en todo el túnel (7.880Km aproximadamente) o cuando esté libre el primer tramo entre dos lumbreras.

Se deberá contemplar en la etapa de colado la colocación de una membrana plástica con anclaje mecánico, deberá de venir definida en su propuesta de concurso, incluyendo en su proposición la ficha técnica del producto y el plazo de la garantía del fabricante. Se deberán considerar las ventanas del colado y de inspección de la cimbra para que posteriormente al colado se pueda llevar a cabo el parcheo

correspondiente de estas zonas garantizando el acabado, considerar de igual manera el parcheo necesario para los orificios generados por la inyección de contacto entre la interfase del anillo de dovelas y revestimiento definitivo, los huecos generados en la membrana para la colocación de la cimbra, así como para ligar la membrana en tramos de colado consecutivos.

## 5.3 Instrumentación

La instrumentación es la herramienta que permite obtener información cuantitativa y cualitativa para adecuar y corregir las obras civiles de manera racional obteniendo seguridad y eficiencia, por lo que se le reconoce una gran utilidad.

La instrumentación tiene como fin conocer el comportamiento de las estructuras, desde la etapa de construcción, para verificar hipótesis y criterios de diseño, para detectar oportunamente cualquier anomalía que se presente durante la vida útil de las estructuras, particularmente durante la construcción y después de la ocurrencia de cargas extraordinarias como pueden ser sismos o tormentas intensas y, sobre todo, observar la tendencia a largo plazo durante la vida útil de la obra, de las variables que pueden indicar un comportamiento anormal, entre otros.

Durante la etapa de construcción será necesario obtener y medir: las presiones de poro, los niveles freáticos y/o piezométricos, desplazamientos de la masa de suelo, asentamientos, y deformaciones, información que será de utilidad para conocer las diferentes variables del subsuelo y contar con una mejor radiografía de las condiciones actuales de la zona donde se llevan los trabajos para el Túnel Canal General.

Con relación a la instrumentación y el sistema de auscultación para la obra compete a la Supervisión la elaboración y diseño del proyecto correspondiente y a la empresa Contratista su instalación con base a dicho proyecto. Bajo esta premisa El Contratista deberá garantizar la calibración y funcionalidad de los instrumentos instalados.

### 5.3.1 Instalación de la Instrumentación

El Contratista deberá realizar la instalación de la instrumentación en el túnel y lumbreras de la obra Túnel Canal General (TCG) con base en lo indicado en el proyecto de instrumentación, mismo que desarrollará La Supervisión. El Contratista es responsable de la calidad y cantidad de los instrumentos, de la calibración, operación y funcionalidad de toda la instrumentación correspondiente. Deberá entregar los soportes (certificados de calibración, pruebas de funcionamiento, fichas de instalación, lecturas iniciales, entre otros), respaldos (información debidamente procesada en digital, CD o DVD) y anexos técnicos (soporte fotográfico, manuales, datos de campo e información relevante) que respalden la instalación de los instrumentos, a satisfacción de la Supervisión y de la Dependencia.

Los instrumentos a instalar en los revestimientos primario y definitivo del túnel y en los muros de las lumbreras durante el desarrollo de la obra son los siguientes: Estaciones piezométricas conformadas por piezómetros abiertos, piezómetros eléctricos y/o pozos de observación, Inclínómetros, extensómetros, referencias superficiales, bancos de nivel, deformímetros para concreto y para acero, convergencias y divergencias, piezoceldas y varillas instrumentadas ‘sister bar’ que deberá considerar El Contratista en su propuesta.

### 5.3.2 Instrumentación complementaria

El Contratista tiene la libertad de instalar la instrumentación, adicional a la indicada en el proyecto, que considere necesaria para garantizar sus trabajos y rendimientos con la seguridad para la obra y para el personal que ameriten las tareas. Sin embargo, los costos que genere la colocación, lecturas e interpretación de dicha instrumentación adicional, deberá considerarla dentro de sus conceptos de obra, es decir, no tendrá cargo adicional para la CONAGUA.

### 5.3.3 Características de los productos entregables por parte del Contratista

El Contratista entregará a satisfacción de la Supervisión y a la Dependencia, la siguiente información incluida en su propuesta:

#### 5.3.3.1 Calibraciones

Los instrumentos a instalarse deberán contar con su certificado de calibración por parte del fabricante con su respectiva garantía del instrumento o equipo que corresponda. El contratista deberá garantizar la calibración de los instrumentos desde su adquisición hasta su instalación in situ y la funcionalidad de estos hasta la conclusión de la obra.

##### 5.3.3.1.1 Calibraciones en campo conforme a fabricante

Se deberá contar con la información de los datos y respaldo de las calibraciones y/o verificaciones del equipo o instrumento antes de instalar y durante su instalación, con el nombre de los encargados de la calibración y la anuencia de La Supervisión.

#### 5.3.3.2 Pruebas de funcionamiento

Los instrumentos a instalar deberán contar con su respectiva prueba, en ella se incluye la siguiente información:

- Datos del instrumento (tipo, modelo, marca, número de serie, número de inventario)
- Datos topográficos (croquis de localización, coordenadas, cadenamamiento, ubicación)
- Datos de la prueba (fechas de la prueba, tipo de prueba, lecturas de la prueba, datos de campo que incluya todas las variables que intervienen)

- Personal responsable de la prueba
- Interpretación de la prueba (procesamiento, análisis y resultados alcanzados)
- Soporte fotográfico
- Reporte de resultados de la prueba mediante un reporte

### 5.3.3.3 Fichas de Instalación

Se define como el documento que contiene los detalles de cómo quedó instalado cada uno de los instrumentos y es indispensable para facilitar el trabajo posterior de análisis e interpretación de los resultados de las mediciones.

Todos los instrumentos instalados deberán cumplir con los siguientes requisitos en la elaboración y entrega de las fichas de instalación correspondientes:

- Datos del instrumento instalado tales como marca, modelo, No. de serie, precisión del instrumento, rango de operación, diagramas de interconexión, dimensiones, intervalo de medición, mediciones antes, durante y después de instalar.
- Información del personal técnico que intervino en la instalación y en las mediciones iniciales, con sus respectivas fechas.
- Datos topográficos; planos de ubicación, coordenadas, cotas, equipo utilizado (marca y No. de serie), desniveles, puntos de referencia externos, cadenamientos, croquis con detalles de la localización respecto a las estructuras o sitios en estudio, bancos de referencia y coordenadas del sistema al que está ligado, etc.
- Dependiendo del instrumento, la ficha deberá contener Información geotécnica y/o geológica como son: estratigrafía del sitio de instalación, diámetros y dimensiones de sondeos, localización del nivel del agua subterránea, materiales y volúmenes de lechadas o rellenos utilizados en la instalación en barrenos.
- Relación que guarda el instrumento con las estructuras circundantes existentes o por construir (si procede).
- Volumetría de los materiales utilizados en la instalación del instrumento.
- Soporte fotográfico que muestre las diferentes etapas de instalación del instrumento con una breve descripción de la actividad correspondiente.
- Todos los detalles de la instalación como, planos, croquis, diagramas de interconexión, tipos de material, dimensiones, etc.

### 5.3.4 Entrega recepción de la instrumentación

Se deberá de contar con un inventario de la instrumentación instalada durante la obra así como el estatus de la misma debidamente relacionada indicando de manera clara y precisa la siguiente información:

número y tipo de instrumentos instalados, identificación, modelo, serie, marca, sitio o estructura donde se instaló y fotografía del estado actual de cada instrumento.

Al concluir los trabajos de instrumentación correspondientes y a satisfacción de la Supervisión y de la CONAGUA, se llevará a cabo la recepción de la instrumentación instalada por el Contratista, reservándose el derecho de aceptación si esta resulta deficiente, no funcional o dañada, ya sea durante su instalación, operación y/o desarrollo de la obra y hasta su conclusión.

### 5.3.5 Consideraciones generales de instrumentación

- Todos los instrumentos a instalarse deberán estar topográficamente referenciados (coordenadas X, Y y Z),
- El contratista deberá de suministrar los instrumentos, equipos de medición y materiales necesarios y adecuados para la instalación de los instrumentos que correspondan.
- La empresa Contratista deberá de incluir en su propuesta los costos y tiempos de la instrumentación correspondiente así mismo deberá de considerar los mantenimientos necesarios para que la instrumentación sea funcional durante el desarrollo de la obra hasta su recepción.
- En caso de dañarse (si fuera el caso) cualquier dispositivo en cualquier etapa de su instalación, operación o en la obra, este deberá remplazarse sin costo alguno para CONAGUA, ya que él contratista deberá garantizar la funcionalidad de los instrumentos.
- Toda la instrumentación instalada deberá ser funcional y operativa, así mismo los trabajos de instrumentación deberán ser a satisfacción de la Supervisión y de la CONAGUA.
- Los instrumentos instalados deberán estar correctamente identificados y rotulados in situ.

### 5.3.6 Volumen de obra a ejecutar

En los planos de instrumentación se indican las cantidades de instrumentos y profundidades a instalar tanto para las lumbreras como para el túnel, sin embargo en el catálogo de conceptos se muestra un volumen de obra mayor a los indicados en el proyecto correspondiente, dicho volumen adicional podrá ser empleado acorde a las necesidades de la obra con la anuencia de la Supervisión y de la CONAGUA.

## 5.4 Suministro de energía eléctrica

La empresa licitante deberá considerar dentro de sus análisis de precios unitarios todo lo referente al suministro, pruebas y puesta en operación de equipos, servomecanismos y materiales en los diferentes sistemas que constituyen los proyectos eléctrico y mecánico, tanto del sistema de alumbrado, fuerza, tierras y control.

Para ello, el Contratista deberá incluir realizar la gestoría necesaria ante C. F. E., los trámites de solicitud de energía, la estructura de acometida eléctrica con el transformador tipo poste de la capacidad requerida acorde al proyecto.

También deberá implementar en conjunto con la obra civil, los ductos subterráneos con tubos de pvc servicio pesado embebidos en concreto, dados de cimentación para la colocación de los postes de alumbrado, cuartos de control de las dimensiones adecuadas para alojar los tableros de fuerza y control así como el armado de trincheras y registros eléctricos.

Aunado a ello se integrará la red general de tierras en el cual se conectarán todos los equipos eléctricos y demás accesorios o partes metálicas tales como barandales, las propias compuertas, etc. Este sistema básicamente estará conformada por electrodos tipo varilla cooperweld y cable de cobre desnudo temple semiduro instalado como mínimo a 60 cm bajo la losa de piso, de tal forma que la malla principal esté conformada con cable calibre 2/0 AWG y las derivaciones hacia equipos eléctricos y demás partes metálicas con cable calibre 2 AWG, todo ello interconectado con moldes soldables y conectores mecánicos.

Por otra parte, se deberá analizar de acuerdo a la localización del terreno, el uso de un sistema de pararrayos para evitar cualquier imprevisto por descargas atmosféricas que pudieran poner en riesgo la integridad física del personal de operación y de las instalaciones en general.

El suministro de la energía eléctrica que se consuma durante todas las etapas de la construcción, limpieza y hasta la entrega de las obras y su recepción final por parte de las dependencias respectivas que se encargarán de su operación, deberán ser incluidas en los precios correspondientes. No se reconocerá ningún pago adicional al respecto.

## 5.5 Suministro de agua potable

También considerará en su propuesta el suministro de agua potable para el consumo en los trabajos de construcción de las captaciones, fabricación de concreto, excavación, revestimiento e inyecciones de mejoramiento a la salida y llegada de las conducciones y el resto de obras complementarias que resulten tales como instalaciones, mezcladoras para morteros que se requieran durante el proceso constructivo, limpieza de áreas, patios y camiones, etc. Con esto debe quedar entendido que los trabajos de esta obra deben incluir todo lo necesario para su correcta ejecución y posterior funcionamiento.

## 5.6 Gestión ambiental de la obra

Dentro de la formulación de la propuesta técnica y económica, los licitantes deberán respetar, conducirse y dar cumplimiento a los preceptos estipulados en las leyes y disposiciones normativas vigentes

aplicables en materia de impacto ambiental, como lo son entre otras, la Ley General de Equilibrio Ecológico y sus Reglamentos, así como la Ley Forestal, en los ámbitos municipal, estatal y federal, así como las especificaciones que indique al respecto la Convocante. Lo anterior es aplicable a todas las actividades derivadas de la construcción del túnel, lumbreras y captaciones del Canal General, para lo cual los licitantes deberán considerar incluir a una persona responsable el cual será un especialista en materia de impacto ambiental. Los licitantes deberán contemplar en sus indirectos tanto al especialista como todos los recursos y actividades necesarias a utilizar para dar cumplimiento a la legislación aplicable vigente en materia de impacto ambiental y en general todas las acciones de prevención orientadas a la protección y conservación del medio ambiente en cada una de las etapas de construcción del Túnel Canal General ya que fuera de los alcances de los conceptos no les será considerando ningún reclamo.

Lo anterior es aplicable a todas las actividades derivadas de la construcción del Túnel Canal General, como lo son: Todos lo relacionado al manejo de lodos procedentes de la excavación, los cuales deberán considerar su retiro llevándolos a uno de los bancos de tiro designado por la dependencia para depositar de manera ordenada; además de considerar el mantenimiento continuo y conservación en buen estado los caminos de acceso a los sitios de depósito final. Por lo anterior, los licitantes deberán precisar y considerar en sus análisis de precios unitarios: las acciones referentes a la conformación y protección del banco de tiro de materiales producto de la excavación, construcción de los bordos y tinas de acuerdo a las indicaciones de la dependencia, el sitio de depósito final del agua extraída producto de filtraciones, precipitaciones y limpieza del túnel, el establecimiento de los procedimientos para el transporte y control de material de excavación tanto solidos como acuosos, el programa de riesgos en los campamentos y caminos y rutas que sean utilizados, tanto en la zona de obras como de accesos al sitio de disposición de lodos, manteniéndose la humedad necesaria y sin problemas para evitar suspensión de partículas de aire y dispersión de polvos a la atmósfera, los procedimientos para el depósito, conformación y protección del material en el banco de tiro así como de las acciones de restitución del sitio al término de las actividades, el procedimiento para el manejo de materiales y residuos peligrosos producto del mantenimiento del equipo y maquinaria (principalmente de los escudos excavadores), la instalación de almacenes temporales de materiales y residuos peligrosos, los suministros del mantenimiento de los escudos excavadores, los procedimientos para el manejo de residuos producto, los suministros del mantenimiento de los escudos excavadores, los procedimientos para el manejo de los residuos domésticos, cronograma de actividades y mantenimiento de depósitos y materiales de apoyo, la preparación, instalación y mantenimiento de áreas de maniobras y ordenamiento de campamentos y oficinas, todas las medidas y acciones preventivas requeridas en los sitios de la elaboración de la dovelas.

El Contratista evitará cualquier riesgo potencial de contaminación del subsuelo o acuíferos en la zona de influencia de la obra. De encontrarse desperdicio de materiales procedentes de la obra en el trayecto al

tiro, será responsabilidad del licitante ganador el que sea retirado a la brevedad posible, y afrontará los costos y consecuencias que esto derive.

También deberá considerarse dentro de los costos indirectos la limpieza frecuente de los sitios de construcción, en un área de aproximadamente de una cuadra alrededor de los mismos y de las vialidades de circulación continua de sus vehículos de carga, para minimizar las molestias a la población. Igualmente, se deberán incluir los costos de un número suficiente de señalamientos de precaución, de acuerdo a la normatividad vial vigente, para advertir a peatones y automovilistas de la presencia de las obras y del tránsito de vehículos de carga.

En general (además de todas las medidas mencionadas), los licitantes deberán considerar en sus análisis de precios unitarios todas las acciones de prevención orientadas a la protección y conservación del medio ambiente en cada una de las etapas de construcción de las Lumbreras, Túnel antes referido y obras complementarias, ya que fuera de los alcances de los conceptos no le será considerado ningún reclamo.

Para el licitante que resulte adjudicado, en caso de incumplimiento de lo anterior, las sanciones que resulten serán bajo su responsabilidad.

No obstante, las siguientes actividades si son objeto de concepto de pago:

- Cortina de árboles en ambas márgenes del canal.
- Retiro de azolve del canal al sitio de tiro.
- Retiro de lirio del canal al sitio de tiro.

## 5.7 Seguridad e higiene

El Contratista deberá integrar una comisión de seguridad e higiene industrial, siendo el responsable un profesional en materia de higiene y seguridad industrial, para instrumentar y/o realizar las medidas pertinentes en el trabajo a realizar y disposiciones que de ellas emanen donde se generen los riesgos profesionales y asegurar la salud y la integridad física y mental de los trabajadores, así como vigilar el derecho a la protección de la salud de las personas y de su comunidad y adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes en el uso de las maquinas, instrumentos y materiales de trabajo, así como a organizar de tal manera éste, que resulte la mayor garantía para la salud y la vida de los trabajadores.

Se determinarán las prevenciones y el establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de las leyes y disposiciones normativas vigentes aplicables en esta materia, como lo son entre otras, las Normas de Construcción de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Secretaria del Trabajo y Previsión Social (STPS), La Ley General de Salud y de las disposiciones que de ellas se deriven, así

como para la imposición de las sanciones administrativas y penales que correspondan. En todo lo no previsto en las leyes y disposiciones normativas vigentes aplicables, se aplicarán las disposiciones contenidas en otras leyes relacionadas con las materias que regulan estos ordenamientos. Estos cargos deberán considerarse en sus costos de indirectos.

## 5.8 Plazo de ejecución

El plazo para ejecutar los trabajos es de 1216 días naturales y se divide en:

**Proyectos.** Se cuenta con 90 días naturales para su elaboración, revisión y aprobación. El Contratista sólo podrá proceder a iniciar los trabajos de construcción cuando cuente con los proyectos aprobados que se indican en la sección 4. Cualquier desfase de tiempo por la falta de aprobación de los proyectos, no será motivo para que pretenda un ajuste en los tiempos de ejecución de la obra. El inicio del plazo comienza el mismo día que se le dé a conocer El Licitante adjudicado.

**Obra.** La obra deberá realizarse en 37 meses (1126 días naturales), contados a 90 días posteriores al inicio de los trabajos para el desarrollo de los proyectos mencionados en el párrafo anterior.

## 6 Consideraciones

### 6.1 Control de calidad

El Contratista deberá contar en la obra con un laboratorio de prueba de materiales para efectuar el control de calidad de los mismos en campo y posteriormente en el gabinete (ver pruebas a realizar en las especificaciones particulares). La generación, almacenamiento y desalojo del desperdicio que ocasione el muestreo de los materiales para sus pruebas de campo y en laboratorio, deberá de tomarlo en cuenta en los análisis de sus indirectos, pues no se aceptará reclamo alguno por éste motivo. El licitante podrá subcontratar el laboratorio, siempre y cuando esté acreditado ante la EMA.

Los trabajos que realice cumplirán al momento de la entrega con lo siguiente.

#### 6.1.1 Drenado de superficies

En azoteas, patios, tapas y cualquier superficie que se ubique dentro de los predios de las lumbreras y los accesos deberán preverse los sistemas y accesorios para un drenado adecuado con las pendientes suficientes acompañadas de la restricción de flechas máximas en las estructuras. Así mismo, las superficies, incluyendo los muros de mampostería, lumbreras y túnel, deberán quedar protegidas para evitar la humedad, por lo que El Contratista tomará las precauciones de protección e impermeabilización correspondientes. Cuando estas se presenten, El Contratista deberá realizar la reparación por su cuenta y costo.

#### 6.1.2 Estructuras de Concreto

Cumplirán con la resistencia especificada a la compresión de acuerdo a los testigos ensayados, no deberán de presentar grietas mayores a los 0.3mm, cuando las haya deberán ser tratadas con productos del mercado probados con éxito en laboratorio de El Contratista, el costo de las reparaciones estará a cargo de El Contratista.

No se admitirá que el acero de refuerzo quede expuesto o asomando en la superficie de concreto, cuando suceda, El Contratista deberá demoler y corregir su posición antes de colar nuevamente, el costo de las demoliciones y nuevo colado, también será a cuenta de El Contratista.

#### 6.1.3 Estructuras y elementos de acero

Deberán permanecer con su capa primaria de recubrimiento protector hasta que concluyan las soldaduras y demás ajustes, después de lo cual deberán cubrirse con pintura de acuerdo a proyecto.

#### 6.1.4 Estructuras de mampostería

No deberán presentarse grietas, cuando las haya, deberá repararlas bajo su costo. Se colocarán recubrimientos de acuerdo a lo indicado en proyecto.

#### 6.1.5 Construcción

El suministro de materiales, las herramientas a utilizar, las pruebas realizadas para certificar la calidad de los materiales y las estructuras, deberán quedar contempladas en los conceptos de cada estructura a construir, por lo que no será motivo de reclamo por parte de El Contratista cualquier costo no contemplado de transporte y movimiento de materiales para llevarlos a su sitio, almacenamiento, desgaste de maquinaria, tiempos sin utilizar de personal y maquinaria, movimiento de personal, regalías o cualquiera no contemplado en su proposición.

### 6.2 Bancos de Tiro

El Contratista deberá localizar los sitios de tiro que se requieran de acuerdo a los tipos de material que se genere en la obra, los cuales deberán ser transportados en camiones pipas y camiones volteo herméticos al tiro asignado, por la ruta autorizada, incluye carga y acarreo al primer kilómetro y a los kilómetros subsecuentes y deberán ser depositados de manera ordenada y clasificada, deberá considerar en sus análisis el costo para la construcción de las tinas y bordos para depósito del material y mantenimiento a los caminos de acceso durante el tiempo que dure la obra, así mismo a la terminación deberá dejar en buenas condiciones dichos caminos. Se aclara que de encontrarse anomalías (derrame de material) sobre la ruta establecida, el convocante ordenará a través de la Supervisión externa, a la Contratista, la limpieza inmediata. Los daños a terceros por incumplimiento de lo anterior, será de la total responsabilidad de El Contratista, así como las sanciones que se deriven.

### 6.3 Bancos de materiales

Se comunica a los licitantes que no se tienen bancos de materiales designados, por lo que deberá localizarlos, cuidando que cumplan con las especificaciones de proyecto. Sólo se usarán los materiales previa revisión del banco y autorización de la Coordinación Externa y/o la Supervisión.