

08-002

## PREVENTION OF OCCUPATIONAL RISKS IN PRECAST CONCRETE WITH REINFORCING STEEL PLANTS

Jimenez Arguelles, Victor <sup>(1)</sup>; Rocha Chiu, Luis <sup>(2)</sup>; Espinosa Garza, Gerardo <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> sector educación, <sup>(2)</sup> Universidad Autónoma Metropolitana, <sup>(3)</sup> ITESM

In Mexico City, is being carried out the construction of a tunnel of 62 km, for this purpose, self-propelled machines are used for excavation and these machines have the ability to go by placing the elements of prefabricated concrete that integrate the primary support.

For the manufacture of concrete elements, three plants were builded, which can be classified as industrialized labor centers due they have mechanized production systems. In this sense, the workers receive training geared specifically to their activity that develop within the plant, but these plants are only provisionally, they will only work as it is required to produce the elements of concrete forming part of the tunnel.

Since the project for the construction of the tunnel, includes the three precast plants, makes it part of the inertia and ways of working in the construction sector, and thus, the deficiencies in the area of occupational risk prevention. For this reason, with this research aims to analyze the conditions under which work in these workplaces and propose measures for the improvement of safety at work.

**Keywords:** *Prevention; risks; plant; occupational; concret*

## PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN PLANTAS DE PREFABRICADOS DE CONCRETO CON ACERO DE REFUERZO

En la Ciudad de México, se está llevando a cabo la construcción de un túnel de 62 km, para tal efecto, se están utilizando máquinas autopropulsadas para la excavación y dichas maquinas tienen la capacidad de ir colocando los elementos de concreto prefabricado que van formando el soporte primario.

Para la fabricación de los elementos de concreto, se construyeron tres plantas, las cuales se pueden clasificar como centros laborales industrializados ya que cuentan con sistemas de producción mecanizada. En este sentido, los trabajadores reciben capacitación orientada de manera específica a su actividad que desarrollaran dentro de la planta, pero, estas plantas solo son de manera provisional, es decir, que solo funcionaran mientras se requiera producir los elementos de concreto que forman parte del túnel.

Debido a que, el proyecto para la construcción del túnel, incluye a las tres plantas de prefabricados, lo hace parte de la inercia y formas de trabajar en el sector de la construcción, y con ello, las carencias en materia de prevención de riesgos laborales. Por tal motivo, con la presente investigación pretende analizar las condiciones bajo las cuales se labora en estos centros de trabajo y proponer medidas para la mejora de la seguridad laboral.

**Palabras clave:** *Prevención; riesgos; plantas; laboral; concreto*

Correspondencia: Dr. Victor Jiménez Arguelles



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## **1. Introducción**

En la actualidad, la red de drenaje de la Ciudad de México es ya insuficiente para la correcta captación, conducción y desalojo de las aguas pluviales, razón por la cual cuando se producen importantes lluvias y tormentas causan anegamientos en diferentes zonas de la ciudad (CONAGUA, 2005).

Dentro del plan hidráulico para la Ciudad de México se encuentra en construcción el Túnel Emisor Oriente (mejor conocido como TEO), el cual permitirá conducir agua residual y de lluvia en una cantidad promedio de 150 m<sup>3</sup>/s, incrementando la capacidad del sistema de drenaje del Valle de México.

Para dimensionar el enorme tamaño de la obra, basta decir que supera la longitud del Euro túnel, que conecta Francia con Inglaterra por debajo del Canal de la Mancha.

### **1.1. El proyecto Túnel Emisor Oriente**

La zona Metropolitana del Valle de México está construida sobre una cuenca cerrada, que originalmente formaba un sistema lacustre integrado por cinco grandes lagos: Texcoco, Xaltocan, Zumpango, Xochimilco y Chalco.

En época de lluvias, estos lagos se convertían en uno solo de dos mil kilómetros cuadrados de superficie. Esta condición explica las periódicas inundaciones que desde la fundación de Tenochtitlan han enfrentado sus habitantes, así como la necesidad de construir importantes obras de drenaje para el control y el desalojo de las aguas residuales y pluviales del valle (CONAGUA 2011).

La construcción de la Ciudad de México sobre lo que eran los lagos, ocasionó dos problemas permanentes: la necesidad del desalojo del agua de lluvia para evitar inundaciones y el hundimiento por la sobreexplotación de los mantos acuíferos. Para tal efecto, en 1975 se inauguró el Túnel Emisor Central de 50km de longitud, el cual representa el componente principal del actual drenaje profundo (Aguilar, 2011)

### **1.2. Antecedentes históricos de las dovelas**

Las técnicas para construir túneles se empezaron a desarrollar hace más de 5000 años. De esta manera, la primera construcción de un túnel para la conducción de agua y para drenaje se remonta al año 2500 a. C. cuando la reina Semíramis mando a construir un túnel de un kilómetro de longitud bajo el río Éufrates, el cual conectaba el palacio real con el templo de Baal en Babilonia; en el año 700 a. C. se construyeron túneles que alcanzan 540m de longitud para el suministro de agua en Jerusalén, los que fueron excavados utilizando únicamente cinceles y martillos y en el año 36 a. C. el emperador Octavio de Roma construyó el primer túnel para caminos cerca a Nápoles, el cual aún permanece en uso (Hardy, 1978).

El arco es uno de los elementos estructurales de la antigüedad que permitía abrir huecos en los muros y cubrir grandes luces con ladrillos o mampostería. Hoy en día, se construyen de concreto llamadas dovelas. En la arquitectura e ingeniería civil es denominada como un elemento constructivo que conforma un arco y que puede ser de diferentes materiales, como el acero, por ejemplo.

Los procesos para la construcción de dovelas se han llevado a cabo en el conocimiento, fabricación y diseño de un arco. Los romanos construyeron con arcos de medio punto. Esta disposición geométrica era de composición cómoda, pues resultaba muy sencillo trazar la

directriz y relativamente fácil construir la cimbra normalmente compuesta por al menos dos arcos de círculo de madera sólidamente triangulados. Las cimbras se construían con cerchas o armaduras de madera, unidas por correas sobre las que se clavaban tablas o listones para formar el forro o superficie de apoyo para las dovelas. El perfilado de la superficie de asiento se terminaba por medio de una ligera capa de mortero, yeso o barro.

La cimbra, por tanto, es el elemento esencial para dar la forma al arco.

## 2. Objetivos.

Con el presente trabajo, se pretende mostrar las actividades más representativas en un proceso de fabricación de piezas de concreto con acero de refuerzo (dovelas) y de esta manera, analizar los riesgos que conllevan dichas actividades y proponer medidas preventivas para evitar los accidentes laborales.

## 3. Caso de estudio.

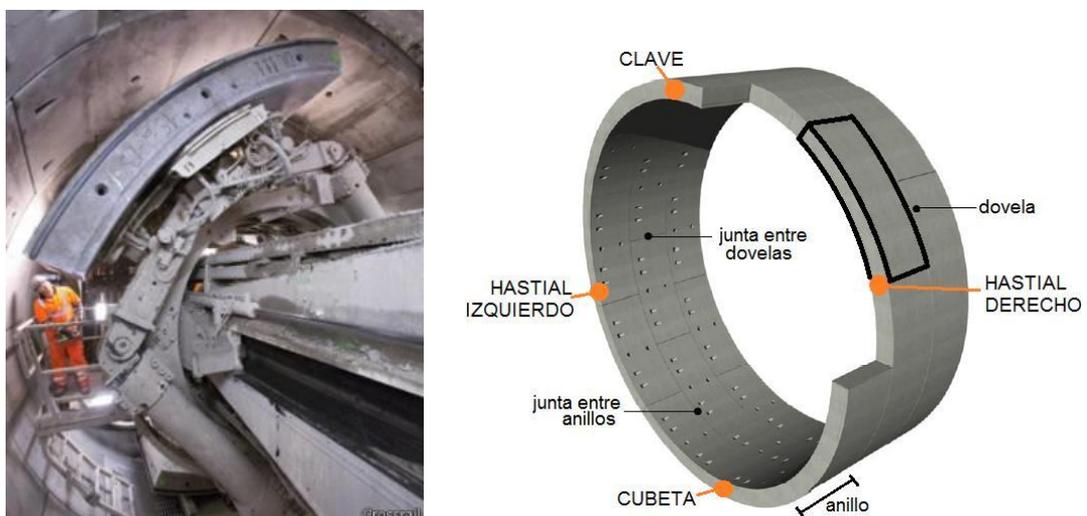
La presente investigación, se llevó a cabo partiendo del estudio de 3 plantas de producción de elementos de concreto prefabricado, dichas plantas operaron de manera simultánea debido a que el proyecto de construcción del Túnel Emisor Oriente así lo requería, ya que para poder cumplir con los tiempos programados, el túnel se dividió en 6 frentes de trabajo diferentes.

### 3.1. Características de las dovelas de concreto.

El túnel en cuestión, requiere para su estructura principal, anillos prefabricados de concreto armado conformados por siete piezas diferentes denominadas dovelas. Las dovelas conforman anillos circulares de 7.7m de diámetro interior, 8.4m de diámetro exterior, 35cm de espesor, 1.5m de ancho, compuesto por siete piezas, seis iguales y una más pequeña de cierre. Estas piezas de concreto poseen un peso aproximado de 5 toneladas cada una (Juárez, 2012).

Cabe mencionar que el túnel se construye por medio de máquinas tuneladoras que tienen la capacidad de realizar la excavación a cualquier profundidad y de manera simultánea van colocando las dovelas conformando anillos de concreto, que se convierten en el revestimiento y soporte primario de la estructura del túnel (ver fig. 1).

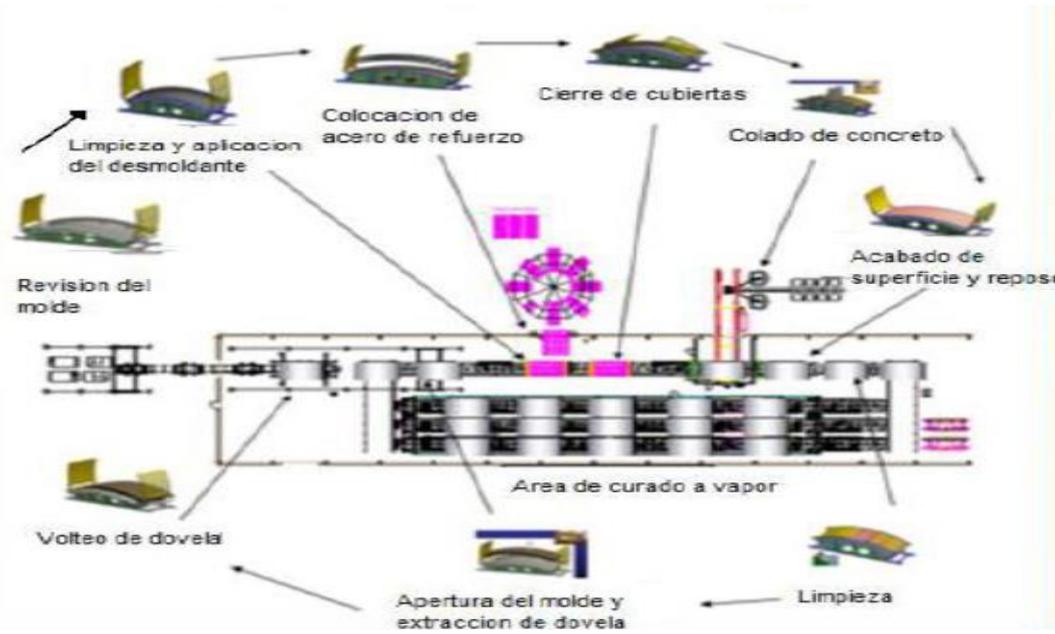
Figura 1: Izq. Máquina tuneladora colocando dovelas, der. anillo formado por dovelas.



### 3.2. El proceso de producción en las plantas

Las 3 plantas cuentan con las instalaciones y maquinas necesarias para la producción, colocación, compactación y curado de las dovelas; de igual manera, se dispone de enormes espacios para el almacenaje de los elementos de concreto prefabricado (ver fig. 2).

Figura 2: Proceso en las plantas para la fabricación de dovelas.



Las plantas cuentan con un conjunto mecánico principal (carrusel) que permite la rotación de los moldes entre una línea de trabajo y una línea de curado a vapor estableciendo una producción continua de dovelas. El proceso productivo está diseñado para abastecer de estas piezas pre-fabricadas a las máquinas tuneladoras en forma ininterrumpida (Sánchez, 2012).

A continuación se describen las principales etapas del proceso productivo para las piezas de concreto prefabricado, conocidas como dovelas (ver fig. 3):

Figura 3: Etapas del proceso para la producción de dovelas

1. Recepción de materiales pétreos para el concreto.

Recepción y almacenaje de materiales, principalmente grava y arena procedentes de los bancos Cerro Jardín y La Palma, ubicados en el Estado de México.



## 2. Planta de mezclado de concreto.

Para la generación de concreto en la planta se cuenta con dos plantas de concreto móviles de la marca ODISA de procedencia Mexicana, con silo de cemento de 20 ton, 12 m<sup>3</sup> en agregados y su producción es de 75 m<sup>3</sup>/h.



## 3. Armado de parrillas de acero.

El habilitado de acero corresponde a la fabricación de todos los estribos, bastones y grapas, así como el radio requerido en las barras longitudinales y transversales, según el tipo de pieza que se requiera, todo esto con la ayuda de cortadoras y dobladoras mecánicas adecuadas para no afectar la calidad de la varilla. Cabe mencionar que las zonas en donde se llevan a cabo estos trabajos se localizan en la zona exterior de las naves de la planta.



## 4. Traslado de parrillas.

Traslado de parrillas de acero hacia los moldes (carrusel) por medio de una grúa viajera controlada remotamente.



## 5. Limpieza de moldes.

La fabricación de las dovelas comienza con la limpieza exterior e interior del molde con el objetivo de evitar imperfecciones debidas a excedentes de concreto adheridos al mismo.

La limpieza se realiza con la ayuda de espátulas, cepillos de alambre y aire comprimido.



#### 6. Colocación de desmoldaste.

Consiste en colocar líquido desmoldante en todas las partes que estarán en contacto con el concreto durante el llenado del mismo, tomando las medidas preventivas en caso de algún derrame existente, con una cubierta de plástico y aserrín, en el lugar de la aplicación.



#### 7. Colado de concreto hidráulico,

En la cámara de colado se realiza una inspección para cerciorarse que no hace falta apretar algún tornillo y que el molde este cerrado herméticamente.

Con la ayuda de un bote con capacidad para 3 m<sup>3</sup> se transporta el concreto desde la planta de concreto hasta la cámara de colados donde se vacía dentro del molde correspondiente.



#### 8. Enrasado y pulido de la superficie.

En esta etapa se da el acabado a la pieza, con una regla metálica o de madera se da el enrase de la dovela y con el apoyo de una llana metálica se da el acabado pulido.



#### 9. Lavado exterior de moldes.

Se cierran las tapas y se procede a la limpieza exterior del molde, utilizando agua a presión para retirar todo concreto existente antes de su ingreso al túnel de curado.

Una vez limpio el molde, se procede a cubrir con polietileno para ayudar al fraguado de la pieza, posteriormente se cierran las tapas asegurándolas parcialmente.



<p>10. Curado de concreto a vapor.</p> <p>Un sistema mecánico recoge el molde del carro de entrada y lo coloca camino al túnel, haciendo avanzar por empuje todos los moldes de esa línea,</p> <p>Al mismo tiempo otro sistema mecánico carga el último de ellos sobre el carro de salida, el cual a su vez lo lleva hacia la línea de trabajo, para comenzar un nuevo ciclo.</p>	
<p>11. Retiro de la dovela en el molde.</p> <p>Una vez cumplido el tiempo mínimo de curado, se procede a mover el carrusel, para sacar el molde del cuarto de curado.</p> <p>Posteriormente, se hace uso de una grúa con dispositivo llamado ventosa, con la capacidad de levantar la dovela y retirarla del molde.</p>	
<p>12. Almacenaje de las piezas.</p> <p>Como paso final en el proceso de fabricación de las dovelas, se procede a retirarlas del interior de las plantas, hacia el lugar donde se almacenan temporalmente, mientras se requieren en el frente del túnel.</p>	

### 3.3. Análisis de riesgos.

Los análisis de riesgos se definen como los documentos que contienen las características de la obra de construcción y los riesgos asociados a cada una de las actividades que se desarrollan en esta, así como las medidas preventivas para cada riesgo identificado.

De acuerdo con la Normativa Oficial Mexicana (NOM 031-STPS-2011, en su apartado 5.3) se exige que los patrones del sector de la construcción cuenten con los análisis de riesgos potenciales para todas y cada una de las actividades que han de llevar a cabo.

Para tal efecto, se cuenta con un esquema en el que se plantean, para cada una de las actividades y cada uno de los procesos, los peligros y riesgos potenciales, permitiendo obtener al final el grado de riesgo para la actividad.

Cabe mencionar que este tipo de análisis tiene poca validez si no se cuenta con:

- a) Experiencia en los trabajos a realizar (tipo de proyecto)

- b) Experiencia en seguridad laboral
- c) Compromiso y sinceridad con la seguridad laboral

En los esquemas recomendados para el análisis de riesgos (ver tabla 1) se deben considerar principalmente:

- El número de personas expuestas al riesgo
- La existencia de procedimientos constructivos
- La existencia de capacitación en materia de prevención de riesgos
- La cantidad de veces que el trabajador se expone al riesgo
- El grado de lesión que se podría producir en el trabajador

Tabla 1: Esquema para el análisis de los riesgos potenciales.

INDICES	PROBABILIDAD				SEVERIDAD
	PERSONAS EXPUESTAS	PROCEDIMIENTOS EXISTENTES	CAPACITACION	EXPOSICION AL RIESGO	
1	DE 1 A 3	SON SATISFACTORIOS	SATISFACTORIA	BAJA (1 VEZ AL AÑO)	LESIONES SIN REQUERIR INCAPACIDAD
2	DE 4 A 12	NO SON SATISFACTORIOS	NO ES SATISFACTORIA	MEDIA (1 VEZ AL MES)	LESIONES CON INCAPACIDAD
3	MAS DE 12	NO EXISTEN	NO EXISTE	ALTA (DIARIAMENTE)	LESIONES CON DAÑOS IRREVERSIBLES

En el mismo esquema para el análisis de riesgos, al final se llega a un puntaje que se puede trasladar al grado de riesgo potencial al que estarían expuestos los trabajadores. Estos grados de riesgo se van clasificando desde triviales hasta intolerables (ver tabla 2); por lo tanto, si los análisis se realizaron con profesionalismo y sinceridad (sin ánimo de ocultar el grado de riesgo), estos deben ser una herramienta indispensable en la prevención de riesgos laborales.

Tabla 2: Grado de riesgo de acuerdo al puntaje obtenido en el análisis.

PUNTAJE	GRADO DEL RIESGO
4	TRIVIAL (T)
DE 5 A 8	TOLERABLE (TO)
DE 9 A 16	MODERADO (M)
DE 17 A 24	IMPORTANTE (I)
DE 25 A 36	INTOLERABLE (IN)

A continuación (ver tabla 3) se muestran de manera resumida los análisis de riesgos potenciales para las 12 actividades antes mostradas en la figura 3.

Tabla 3: Resumen de análisis potenciales durante la fabricación de dovelas.

Actividad en el proceso	Peligros	Riesgos	PROBABILIDAD					Índice de severidad	Probabilidad x severidad	GRADO DEL RIESGO
			Índice de personas expuestas	Índice de procedimientos existentes	Índice de capacitación	Índice de exposición al riesgo	Índice de probabilidad			
1. Recepción de materiales pétreos	Movimiento De vehículos	Atropellos	2	2	2	1	7	3	21	I
2. Planta de mezclado	Movimiento de vehículos	Atropellos	2	2	2	1	7	3	21	I
3. Armado de parrillas	Uso de soldadura	Quemaduras	3	2	2	3	10	3	30	IN
4. Traslado de Parrillas	Uso de grúa	Golpes	2	2	2	2	8	2	16	M
5. Limpieza de moldes	Moldes en movimiento	Atropellos	2	2	2	3	9	3	27	IN
6. Colocación de desmoldante	Moldes en movimiento	Atropellos	1	2	2	3	8	3	24	I
7. Colado de concreto	Ruidos y vibraciones	Afectaciones al oído	1	2	2	2	7	2	14	M
8. Enrase de la superficie	Moldes en movimiento	Atropellos	2	2	2	3	9	2	18	I
9. Lavado exterior de moldes	Moldes en movimiento	Atropellos	2	2	2	2	8	2	16	M
10. Curado de concreto	Movimiento de moldes	Atropellos	1	2	2	1	6	2	12	M
11. Retiro de dovelas	Uso de grúa	Golpes y aplastamientos	2	2	2	3	9	3	27	IN
12. Almacenaje de dovelas	Uso de grúa	Golpes y aplastamientos	2	2	2	3	9	3	27	IN

#### 4. Resultados.

Durante la operación de las plantas, se pudo observar las siguientes situaciones:

- Las medidas implantadas fueron más de tipo reactivas y no medidas preventivas, ya que los responsables directos de la seguridad de los trabajadores, eran técnicos en unidades médicas, exbomberos o ex trabajadores de la cruz roja, es decir, personas con la capacidad de proporcionar primera atención ante una eventualidad en el lugar de trabajo.
- Tanto la detección de peligros como los análisis de riesgos laborales no fueron realizados por personal técnico con el conocimiento teórico en prevención de riesgos laborales y experiencia en los procesos productivos a desarrollarse.

- Los análisis de riesgos que resultaron de nuestro estudio reflejan que si se tienen grados de riesgo intolerables y que en cambio, los que presentaron los responsables de las plantas, resultaron con grado de riesgo trivial y moderado, debido a que minimizan los factores índices.
- Derivado de que los análisis de riesgo presentados por las constructoras no eran realistas, las medidas de mitigación que recomendaron desde un inicio fueron muy elementales (básicamente usar los equipos de protección individual).
- En cuanto a la selección del personal para las plantas, se llevó a cabo de la manera tradicional como se realiza en las obras, es decir, trabajadores cercanos a las plantas y con estudios mínimos de educación básica.
- En cuanto a la capacitación, el personal contratado, si recibió pláticas y cursos de inducción en cuanto a los diferentes puestos de trabajo dentro de la planta, pero en cuanto a seguridad laboral, solo se impartían pláticas de 5 minutos.
- Durante recorridos por las tres plantas, se pudo constatar que, los trabajadores se rehusaban a hacer uso del equipo de protección individual, con el pretexto de que les estorbaba.
- También se pudo observar y constatar que los incidentes y accidentes laborales, en la mayoría de las ocasiones fueron producto de actos inseguros de los propios trabajadores.
- Finalmente, se observó que los trabajadores en todos los niveles jerárquicos, frecuentemente eran sorprendidos haciendo uso de los celulares, situación que propiciaba la falta de concentración en sus actividades e incrementaba la posibilidad de sufrir algún incidente.

## **5. Conclusiones.**

Durante los 6 años de operación que han tenido las tres plantas donde se realiza la producción de las más de 290 mil dovelas, se ha podido constatar que ciertamente sucedieron accidentes en donde se tuvo como consecuencia, lesiones de tipo leve y lesiones graves, pero que afortunadamente no se tuvieron accidentes con consecuencias mortales.

Igualmente se pudo constatar que, por ser las empresas constructoras las propias responsables del proceso en las plantas, la parte correspondiente a la prevención de riesgos laborales fue considerada de manera similar que en las obras, es decir, dando cumplimiento a los requisitos mínimos que por normatividad se exigen y sin el convencimiento de aplicar medidas preventivas para evitar los accidentes.

Aun en estos días, se puede seguir observando que los empresarios e ingenieros consideran a la seguridad laboral como algo innecesario, como un simple gasto y que con el simple hecho de proporcionar el equipo de protección individual a los trabajadores, son estos quienes tienen toda la responsabilidad de protegerse.

En este sentido, se evidenció la falta de capacidad para planear y establecer un Plan Estratégico de Prevención de Riesgos Laborales, ya que los responsables de la seguridad de los trabajadores no contaban con la preparación necesaria para ello.

Finalmente, se hace mención que, la seguridad de los trabajadores, debe ser una responsabilidad de todos los involucrados en los centros laborales, es decir, empresarios, directivos, ingenieros, trabajadores en general, personal administrativo, clientes, supervisión externa y por supuesto se hace necesaria la intervención de las autoridades.

## **6. Referencias bibliográficas.**

Aguilar, M. (2011). The New Mexico City deep sewerage system. 7th International Symposium: Geotechnical aspects of underground construction in soft ground. Roma, Italia.

CONAGUA (2005). Proyecto Lago de Texcoco: rescate Hidroecológico. México.

CONAGUA (2011). Programa de sustentabilidad hídrica del Valle del México: Túnel Emisor Oriente. México.

Hardy V. (1987). Túneles y excavaciones Subterráneas. Editorial AMITOS. México, D.F.

Juárez H. (2012). Tesis de licenciatura: Procedimiento de construcción de las dovelas para el túnel emisor oriente. UNAM. México.

Sánchez I. (2018). Tesis de licenciatura: Plan de evaluación y control de riesgos laborales durante el proceso de producción de prefabricados de concreto armado. UAM. México.

STPS (2011). Norma Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. México.