

## LA EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS LABORALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERAS Y TÚNELES

Victor Jiménez

Antonio Flores

Luis Rocha

Profesores investigadores de la Universidad Autónoma Metropolitana

### Abstract

All project for reach exit, need planning to prevent big changes and more cost and to prevent accidents.

To prevent the laboral risks in a construction project, is necessary to analyze carefully for all works to find the hazards, to grade and to analyze the risks.

Besides is necessary suggest ways of control to reduce the risks and also during works of construction should be used.

In a important project like the Tunnel (TEO) in Mexico City, whit 7m of diameter, need 24 shafts up to 150m underground, all need for the security we must take into account.

**Keywords:** *Risk; Hazard;, Prevention*

### Resumen

Todo proyecto para poder ser ejecutado de manera exitosa, requiere de una previa y adecuada planeación y programación, y de esta manera poder evitar cambios sustanciales que impliquen mayores recursos económicos, pero principalmente para evitar que pongan en riesgo la vida e integridad física de los trabajadores.

Para que en una obra se puedan prevenir y controlar de forma correcta los riesgos laborales y por consecuencia minimizar la presencia de accidentes lamentables, se deberá realizar un análisis detallado de todas y cada una de las actividades que integran al proyecto, detectando los posibles peligros y posteriormente evaluar y analizar los riesgos resultantes. Cabe mencionar que es también importante el proponer medidas de control que permitan minimizar dichos riesgos y luego insistir para que sean tomados en cuenta por los constructores durante la ejecución de las actividades.

En un Proyecto como el Túnel Emisor Oriente (TEO) que se está llevando a cabo en la Ciudad de México que implica construir un túnel de 7m de diámetro final y 65km de longitud y que requerirá de 24 lumbreras (ver fig. 1) de hasta 150m de profundidad, cualquier acción requerida para prevenir los riesgos laborales debe ser cumplida hasta el mas mínimo detalle y sin pretexto alguno.

**Palabras clave:** *Riesgo; Peligros; Prevención*



*Fig. 1 Vista en planta de una lumbrera de 40m de profundidad, fuente: propia*

## INTRODUCCION

Durante la construcción de las lumbreras para el túnel en la Ciudad de México, el uso de concreto lanzado ha sido necesario para ir formando las paredes junto con anillos metálicos (ver fig. 2), y de esta manera dar estabilidad a la lumbrera y al mismo tiempo evitar las filtraciones de agua hacia el interior de la misma.



*Fig. 2 Trabajadores lanzando concreto, fuente: propia*

El lanzado de concreto puede realizarse de diferentes maneras y utilizando diferentes equipos, de los cuales están siendo de mayor uso los siguientes:

**- Lanzado de concreto con mezcla seca.**

Para este caso, la mezcla del cemento-arena-grava fina, se realiza en seco agregándole normalmente el aditivo acelerante y las fibras (que pueden ser metálicas o sintéticas) al final. Dicha mezcla se ingresa por la tolva receptora de la equipo lanzador y el concreto seco es conducido a presión hasta antes de salir por la boquilla, donde se conectan una manguera que inyecta aire a presión y otra manguera que inyecta agua (ver fig. 3).



Fig. 3 Equipo utilizado para lanzar concreto (mezcla seca), fuente: propia

**- Lanzado de concreto con mezcla húmeda**

Para estos casos, el concreto normalmente se dosifica y mezcla en una planta, donde se pueda tener controlada la calidad y de esta manera cumplir satisfactoriamente con los requisitos establecidos en proyecto.

Posteriormente, el concreto es transportado hacia el lugar donde deberá ser lanzado. Una vez realizada la prueba correspondiente al revenimiento, se procede a agregar las fibras y el aditivo acelerante. El concreto se deposita sobre la tolva receptora del equipo que bombeará la mezcla con suficiente presión a través de tubería que puede ser rígida o flexible (ver fig. 4).



Fig. 4 Lanzado de concreto (con mezcla húmeda) mediante equipo robotizado "robojet",  
fuente: propia

## PROBLEMÁTICA

Durante la realización de estas actividades, se observó que cuando se está lanzando el concreto, es muy frecuente el taponamiento en las mangueras o conductos, cuando la mezcla es húmeda, no se tiene mayores problemas al momento de retirar el concreto atrapado; pero, cuando la mezcla es seca, si se observan dificultades y riesgos de accidentes para el personal, al momento de retirar el concreto atrapado en el interior de los conductos.

Lo anterior es debido a que cuando se presenta este problema, se tienen deficiencias y poco control sobre:

**a) El personal que opera y controla el equipo.**

Normalmente es una sola persona quien tiene los conocimientos necesarios para poder operar el equipo y como es común en el sector de la construcción, dichos conocimientos son transmitidos hacia sus compañeros de una manera práctica pero informal. Desafortunadamente, las deficiencias o malos entendidos sobre la manipulación del equipo, también es transmitida.

**b) El personal técnico que esta a cargo del control de los dispositivos eléctricos y neumáticos.**

De forma similar que en el punto anterior y además, se debe agregar el hecho de que cuando se presentan los taponamientos en los conductos para el concreto, normalmente se apresura a manipular los controles la persona mas cercana a ellos "aunque no tenga ni la mas mínima idea de que hacer en estos casos"; situación que en muchas ocasiones agrava mas el problema y aumenta el nivel de riesgos para el personal que esta en la zona de influencia.

**c) Las recomendaciones hechas por el fabricante del equipo.**

Normalmente no se respetan las indicaciones que el fabricante indica para el buen funcionamiento y operación del equipo (ver fig. 5), teniendo deficiencias en cumplimiento en:

- Forma de operar el equipo
- Especificaciones respecto al combustible o en su caso tipo de voltaje
- Características que deben cumplir los materiales
- Instrucciones en caso de presentarse problemas
- Forma de proporcionar mantenimiento



*Fig. 5 Personal tratando de retirar el material atrapado en el interior de la tubería, de una forma precaria, fuente: propia*

**d) El sistema de comunicación.**

Cuando se llevan a cabo este tipo de actividades, es indispensable contar con un adecuado sistema de comunicación que permita mantener de forma continua comunicados al personal que opera el equipo desde la superficie y el personal que opera la boquilla de la manguera en el fondo de la lumbrera. De esta manera, se podrán tomar las medidas correspondientes y de control inmediato para efecto de:

- Presión de aire
- Caudal de agua
- Salida de mezcla
- Consistencia de la mezcla

**e) Almacenaje y condiciones de los materiales, principalmente arena y grava.**

Que deben estar completamente secos al momento de mezclarse con el cemento y que al no tomarse en serio esta situación, se van formando masas, al mismo tiempo que se humedecen las paredes de los conductos y el material se va adhiriendo, lo que a la larga origina acumulaciones que impiden el paso del concreto.

**f) Condiciones físicas de los materiales.**

- Tamaño máximo del agregado grueso. Normalmente se hace caso omiso a las recomendaciones del fabricante del equipo respecto a las indicaciones

hechas por el fabricante del equipo para su adecuado funcionamiento y buen rendimiento. Por lo anterior, si el tamaño máximo de la mezcla rebasa los límites recomendados por el fabricante, esta una de las principales causas que origina el taponamiento de la tubería para conducir la mezcla.

- Humedad. Una de las principales condiciones que deben cumplirse respecto a los materiales y para que pueda operar de forma eficiente el equipo, es el que se encuentren completamente en estado seco tanto la grava como la arena. Esta condición que es elemental y al mismo tiempo fácil de cumplir, al igual que en los puntos anteriores, en las obras se descuida con mucha frecuencia.
- Almacenaje de los materiales. El punto anterior podría parcialmente ser resuelto de manera favorable, si en las obras se dispone de un almacén que cumpla con las condiciones tal que proteja de la intemperie a los materiales que en el se guardan. Además, puede al mismo tiempo ayudar a evitar que los materiales se contaminen con basura o se mezclen con otros perdiendo sus propiedades de calidad.
- Fibras. Las fibras que se han estado utilizando son metálicas, situación que hace se incremente el grado de riesgo, por el gran daño que estas pueden causar cuando salen proyectadas a gran velocidad. Dado que la forma y diámetro de las fibras es similar a la de una grapa de oficina pero con mayor longitud, puede causar daños irreversibles a los trabajadores.
- Ante tal situación, vale la pena considerar la opción de sustituir las fibras de tipo metálico por otras de tipo sintético.

**g) Forma de realizar el mezclado de los materiales.**

Debido a la importancia que ha adquirido el concreto lanzado en trabajos donde se requiere de dar revestimiento, principalmente donde se requiere que éste adopte diversas formas y además sin la necesidad de usar cimbra, hacen que este tipo de concreto deba de cumplir con condiciones y propiedades mínimas que se le fijan por diseño.

Por esta razón, el proceso y equipo seleccionado para el mezclado del concreto debe ser el que garantice el óptimo mezclado y que permita que el producto cumpla con las especificaciones de calidad requeridas.

De igual manera, la forma de agregar los aditivos y fibras debe ser de acuerdo con especificaciones y procedimientos previamente establecidos por los mismos fabricantes, así por ejemplo, las fibras no deben ser agregadas directamente de la bolsa y mucho menos de un solo tiempo, ya que esto provoca que no se distribuyan en la totalidad de la masa del concreto.

**h) Accesorios para el equipo.**

Desafortunadamente, cuando se adquiere un equipo para este tipo de actividades, en la mayoría de las ocasiones, no se adquiere con todos los accesorios necesarios como son:

- Mangueras
- Tubería rígida
- Abrazaderas
- Conexiones
- Reducción en secciones

Lo que hace que ya en las obras, se comience a improvisar y adecuar el equipo de acuerdo con lo que la empresa dispone y por tal razón, la mezcla de concreto no fluye de forma correcta y comienza a generarse el problema de taponamiento.

## CONSECUENCIAS

Cuando en una obra se van acumulando deficiencias y no cumplimientos a recomendaciones como las anteriormente mencionadas, trae como consecuencia que el personal que esta a cargo de estas operaciones, el personal técnico y la supervisión que se encuentran cercanos a la zona donde se ubica el equipo, queden expuestos a sufrir lesiones como las que a continuación se mencionan:

- **Sufrir golpes en los pies.**  
Por la manguera que debido a la presión que se mantiene en su interior, al ser liberada realice movimientos bruscos (chicoteo).
- **Sufrir golpes en todo el cuerpo.**  
Debido a golpes por la propia mezcla de concreto.
- **Sufrir lesiones en la vista.**  
Debido al material que sale expulsado a elevada presión.
- **Sufrir heridas cortantes en todo el cuerpo.**  
Debido a las fibras (en caso de ser metálicas) que salen proyectadas.
- **Sufrir inhalación de polvo.**  
Por encontrarse los trabajadores demasiado cerca del lugar donde se realiza la maniobra de retiro del material que obstruye los conductos.
- **Sufrir irritación en piel y ojos**  
Por contacto con el polvo producto de la mezcla
- **Sufrir todas las anteriores consecuencias.**  
En caso de que reviente la manguera o conexiones al incrementar demasiado la presión en el aire comprimido.



*Fig. 6 Momento en el que sale proyectado el material que obstruye la tubería, logrado a base de incrementar la presión de aire comprimido (después de varios intentos fallidos), fuente: propia.*

## **ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LOS RIESGOS**

Una vez que se tienen definidos los procedimientos de trabajo a seguir, los especialistas en seguridad laboral deberán analizar detalladamente dichos procedimientos para detectar aquellas actividades que representen alto riesgo al momento que vayan a ser realizadas.

Es importante mencionar que esta actividad debe ser realizada por personal especializado en los temas de seguridad laboral y con basta experiencia en el ramo que se trate.

Este tipo de análisis consiste en determinar que grado de riesgo representará cada una de las actividades, tareas o eventos por realizarse, para ello se toma en cuenta:

- El numero de personas que intervendrá para llevar a cabo la tarea
- La frecuencia en tiempo que el o los trabajadores estarán expuestos al/los riesgos
- El tipo de lesión que podría sufrir el trabajador
- Existencia de procedimientos constructivos y de seguridad laboral
- Existencia de capacitación.

A continuación se muestra un reporte ejemplo del **análisis cuantitativo** de riesgos para la actividad de lanzamiento de concreto.

**FORMATO DE IDENTIFICACION DE PELIGROS**  
Evaluación y control de Riesgos

| PROCESO/SUBPROCESO/ACTIVIDAD: |                        | LANZADO DE CONCRETO EN LUMBRERAS                            |                                 |                                |                                     |                                       |                                       |                     |                                 |                 |                               |
|-------------------------------|------------------------|---|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| LUGAR DE TRABAJO:             |                        | PROBABILIDAD  |                                 |                                |                                     |                                       | PROBABILIDAD                          |                     |                                 |                 |                               |
| TAREA                         | PELIGROS               | RIESGOS   | MEDIDAS DE CONTROL EXISTENTES   | Indice de personas expuestas   | Indice de procedimientos existentes | Indice de capacitación                | Indice de exposición al riesgo        | Indice de severidad | Indice de severidad x severidad | GRADO DE RIESGO | MEDIDAS DE CONTROL PROPUESTAS |
| LANZADO DE CONCRETO           | ATASQUE EN ALIVA       | MEC. Y FIS.   | EPP (INCOMPLETOS)               | 2                              | 2                                   | 2                                     | 2                                     | 8                   | 3                               | 24IM            | SI                            |
|                               | EMISION DE POLVO       | FISICOS   | EPP (INCOMPLETOS)               | 2                              | 2                                   | 2                                     | 2                                     | 8                   | 1                               | 8TO             |                               |
|                               | OP. MAQ. Y DISP. ELEC. | ELEC., MEC. Y FIS.  | EPP                             | 1                              | 2                                   | 2                                     | 2                                     | 7                   | 1                               | 7TO             |                               |
|                               | OP. Y CTRL. MANGUERA   | MEC.  | EPP                             | 1                              | 2                                   | 2                                     | 2                                     | 7                   | 2                               | 14IM            | SI                            |
| PROBABILIDAD                  |                        |   |                                 |                                |                                     |                                       |                                       |                     |                                 |                 |                               |
| INDICE                        | Personas expuestas     | Procedimientos existentes                                   | Capacitación                    | Exposición al riesgo           | Severidad                           | Grado de riesgo                       | PUNTAJE                               |                     |                                 |                 |                               |
| 1                             | De 1 a 3               | Existen, son satisfactorios y suficientes                   | Personal entrenado              | Al menos 1 vez al AÑO<br>Baja  | Lesion sin incapacidad              | Trivial<br>Tolerable                  | 4<br>De 5 a 8                         |                     |                                 |                 |                               |
| 2                             | De 4 a 12              | Existen, parcialmente y no son satisfactorios o suficientes | Personal parcialmente entrenado | Al menos 1 vez al MES<br>Media | Lesion con Daño reversible          | Moderado<br>Importante<br>Intolerable | De 9 a 16<br>De 17 a 24<br>DE 25 a 36 |                     |                                 |                 |                               |
| 3                             | Mas de 12              | No existen  | Personal no entrenado           | Al menos 1 vez al DIA<br>Alta  | Lesion con Daño irreversible        |                                       |                                       |                     |                                 |                 |                               |

Etapa siguiente, si el riesgo resulta ser de tipo importante o intolerable, se deberá continuar con el análisis cualitativo y exhaustivo para cada una de las etapas o subprocesos que integran la actividad en cuestión. En esta etapa se deducen todas las posibles consecuencias que se pueden traducir en daños y lesiones hacia los trabajadores y al mismo tiempo se debe hacer la recomendación de acciones a llevar a cabo para eliminar en lo posible o minimizar dichos riesgos.

Estos análisis deben ser transmitidos hacia todo el personal que estará directamente a cargo de los trabajos, como son ingenieros de obra, personal a cargo de la seguridad laboral, técnicos, etc. Dicha información no solo debe ser entregada y dar por cumplido como requisito, para verdaderamente hacer conciencia en la empresa sobre lo que representa la Prevención de Riesgos Laborales y hacer notar el compromiso por la Seguridad, se deberán analizar y comentar en grupo cada una de las etapas que representan riesgo y hacer énfasis en las recomendaciones para eliminar los riesgos.

De igual manera, se deberá insistir que antes de iniciar los trabajos, los responsables de la seguridad laboral hagan una revisión y recuento de estos análisis para poder tomar precauciones anticipadas y aplicar las recomendaciones idóneas.

Recordemos que la improvisación es algo que ha caracterizado siempre al sector de la construcción, y este problema es precisamente algo que debemos evitar cuando se trata de salvaguardar la integridad física y la vida de los trabajadores, al mismo tiempo que se puede lograr evitar daños a las instalaciones físicas de la obra.

Los siguientes reportes que se muestran a continuación, son consecuencia del reporte anterior y para la misma actividad ejemplo que es el lanzado de concreto. En este caso, y por haberse obtenido resultados del análisis cuantitativos que indican que existen altas posibilidades de presencia de riesgos durante la ejecución de la actividad, se continua con un **análisis cualitativo** más detallado del proceso y se recomiendan medidas para minimizar la presencia de riesgos.

**FORMATO PARA ANALISIS DE RIESGOS EN EL TRABAJO**

FECHA: \_\_\_\_\_

PROYECTO: \_\_\_\_\_

ANÁLISIS DE RIESGO PARA: **LANZADO DE CONCRETO**

| Pasos Significativos o actividades críticas<br>(secuencia de pasos de la tarea) | Riesgos Potenciales<br>(Riesgos potenciales)                          | Controles recomendados<br>(medidas, acciones o conductas recomendables)   | Observaciones  |
|---|---|---|--|
| 1. ATASQUE EN BOMBA LANZADORA DE CONCRETO                                       | 1.1 Golpes, machucones, heridas cortantes, lesiones graves a la vista | 1.1.1 Orientar la salida de la aliva no apuntando hacia la lumbraera<br>1.1.2 Sujetar la manguera para evitar chicoteo<br>1.1.3 Aflojar la abrazadera lo más alejado posible (la cara principalmente)<br>1.1.4 Hacer caso a recomendaciones del fabricante<br>1.1.5 EPP (completos)<br>1.1.6 Evitar actos imprudentes | Se debe revisar y controlar:<br>1. Manual de operación de la máquina<br>2. Estado de operación y mantenimiento de la máquina<br>3. Proporciónamiento de la mezcla de concreto<br>4. Sustitución de fibras de acero por otras sintéticas<br>5. Contenido de humedad<br>6. Tamaño de los agregados<br>7. Forma de suministrar el material a la aliva |

**FORMATO PARA ANALISIS DE RIESGOS EN EL TRABAJO**

PROYECTO: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

ANÁLISIS DE RIESGO PARA: **LANZADO DE CONCRETO**

| Pasos Significativos o actividades críticas (secuencia de pasos de la tarea) | Riesgos Potenciales (Riesgos potenciales)  | Controles recomendados (medidas, acciones o conductas recomendables)   | Observaciones |
|--|--|--|---------------|
| 2. EMISION DE POLVOS   | 2.1 Irritación en ojos y piel e inhalación | 2.1.1 Instalar bolsa colectora de polvos<br>2.1.2 Usar EPP incluyendo ropa cerrada y mascara contra polvos<br>2.1.3 No permitir personal ajeno en la zona donde se lleva a cabo la actividad 2.1.4 Contar con regadera |               |

| <b>FORMATO PARA ANALISIS DE RIESGOS EN EL TRABAJO</b>                           |  |   |               |
|---|--|---|---------------|
| PROYECTO: _____<br>FECHA: _____   |  |   |               |
| ANÁLISIS DE RIESGO PARA: <b>LANZADO DE CONCRETO</b>                             |  |   |               |
| Pasos Significativos o actividades críticas<br>(secuencia de pasos de la tarea) | Riesgos Potenciales<br>(Riesgos potenciales) | Controles recomendados<br>(medidas, acciones o conductas recomendables)   | Observaciones |
| 3. OPERACIÓN DE MAQUINA Y DISPOSITIVOS ELECTRICOS                               | 3.1 Golpes, caídas y descargas eléctricas    | 3.1.1 Solo permitir personal autorizado<br>3.1.2 Capacitar al personal<br>3.1.3 EPP<br>3.1.4 No permitir la distracción del personal<br>3.1.5 Mantener la comunicación con el operador de la manguera<br>3.1.6 Evitar actos imprudentes |               |

| <b>FORMATO PARA ANALISIS DE RIESGOS EN EL TRABAJO</b>                           |  |  |               |
|---|--|--|---------------|
| PROYECTO: _____<br>FECHA: _____   |  |  |               |
| <b>ANÁLISIS DE RIESGO PARA: LANZADO DE CONCRETO</b>                             |  |  |               |
| Pasos Significativos o actividades críticas<br>(secuencia de pasos de la tarea) | Riesgos Potenciales<br>(Riesgos potenciales)         | Controles recomendados<br>(medidas, acciones o conductas recomendables)  | Observaciones |
| 4. OPERACIÓN Y CONTROL DE MANGUERA  | 4.1 Golpes, machucones y caídas a diferentes niveles | 4.1.1 Capacitar al personal<br>4.1.2 Disponer de personal para relevar al operador<br>4.1.3 No lanzar concreto desde el interior de la canastilla<br>4.1.4 No improvisar la maquinaria (retroexcavadora) como elevador o andamio<br>4.1.5 Mantener comunicación entre el operador de la máquina y los controles y el operador de la manguera<br>4.1.6 Uso de EPP<br>4.1.7 Evitar actos imprudentes |               |

## REFLEXION

Considerando que, la prevención de riesgos laborales tiene como principal finalidad el anticiparse para evitar eventos no deseados, ya que de suceder estos, podrían causar lesiones físicas a los trabajadores y/o a las instalaciones. Y además recordando que uno de los principios fundamentales de la Prevención de Riesgos Laborales es que:

***“Los accidentes y sus consecuencias, aunque en ocasiones se consideren fenómenos anormales, son fenómenos naturales que tienen causas naturales. Por lo tanto, actuando de forma natural sobre éstas se puede lograr una Seguridad Científica y Racional”.***

*M. Baselga (1984)*

Este caso en particular en estudio: Lanzado de concreto, también tiene unas causas reales que derivan posteriormente en la problemática de taponamiento de la tubería. Por tal razón, este análisis se ha enfocado mas en hacer énfasis en todas aquellas causas que por ser omitidas o mal ejecutadas, derivan en riesgos para los trabajadores. Posteriormente, con esta información se analizan y planean las medidas de prevención que deberán adoptarse.

Los que trabajamos en el sector de la construcción y nuestra labor es velar por la seguridad de los trabajadores, no debemos dedicar mas tiempo en acciones de tipo CORRECTIVAS, si es que verdaderamente deseamos evitar accidentes, nuestro deber es enfocarnos a las acciones de tipo PREVENTIVAS, es decir en todos aquellos actos y condiciones físicas que ponen en riesgo al trabajador y **evitarlos o minimizarlos.**

## Referencias

- [1] Besalga Monte M., “*Seguridad en el trabajo*”. Ed. INST, España, 1984 564 p.p.
- [2] Jiménez Argüelles V., “*Modificación de comportamientos de riesgo en los trabajos del sector de la construcción*”. Tesis doctoral, Barcelona, España 2005
- [3] Association Internationale des Tunnels et de l'espace Souterrain, “*Guidelines for good occupational health and safety practice in tunnel construction*”. Report no. 001 Avignon, Francia. November 2008
- [4] Guglielmetti V., *Mechanized Tunnelling in Urban Areas*, Ed. Taylor and Francis London, U.K. 2008

## Correspondencia

Dr. Victor Jiménez Argüelles  
Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Azcapotzalco  
Departamento de materiales  
Area de construcción  
Mexico D. F.  
Teléfono: 53189093  
E-mail: jjav68@yahoo.com.mx