



# CONGRESO INTERNACIONAL INTERNATIONAL CONGRESS

CRITERIOS E INNOVACIONES  
EN SEGURIDAD  
DE **TUNELES**

*SAFETY INNOVATION  
CRITERIA INSIDE  
TUNNELS*



**Gijón 29, 30 de Junio  
y 1 de Julio de 2005**

**Gijón June 29, 30  
& July 1 2005**

**PROMUEVE Y ORGANIZA  
PROMOTE AND ORGANIZE**



Secretaría de Estado  
de Infraestructuras y Transportes





# Índice

D. Carlos Estefanía.....	7
Mr. Bern Tham.....	21
Mr. Achille Sorlini Et Mario Patruco.....	29
Prof. Dr. Karl Pucher Et Robert Pucher.....	39
D. Ignacio del Rey, Irene Espinosa, Sonia Fernández, Alfredo Grande, Enrique Alarcón.....	43
D. José Ramón Ochoa Vega.....	55
D <sup>a</sup> . Susana Tuñón, D. Pedro Morillo.....	69
Prof. Dr. O. Cahit Eralp, Dr. Ertugrul Basesme, Serkan Kayili, Eren Musluoglu.....	83
Mr. Martin Ilg, Mr. Petr Pospisil, Dr. Rune Brandt.....	93
D <sup>a</sup> . Cristina Alonso, D. Jesús de la Quintana.....	103
Mr. Jesper.....	113
D. Manuel Martínez Ojeda, D. Fernando Mauduit.....	125
D. Misael García González, D. José Ramón Fdez. Prieto.....	131
Mr. Alfred Haack.....	141
Mr. Edy Jacques.....	151
Mr. Xavier Guigas, Alan Betherill, Christian Bouteloup.....	163
Mr. Sven J. Seirer.....	175
Mr. Stefan Kratzmeir.....	185
D. Antonio Marqués Moreno, D. Manuel Serrano Matoses.....	195
D. Adolfo Pérez.....	201
Mr. Estefan Brügger.....	207
D. Juan Pedro Saez Aguilar.....	219
D. Mario Peláez.....	225
D <sup>a</sup> . Paloma Iribias Forcast.....	241
D. Rafael Sarasola.....	249
D. Rafael Pérez Arenas.....	253
D <sup>a</sup> . Pilar Calvo.....	257
D. José Carlos Riveira.....	267
D. Leopoldo Maldonado.....	273
D. Santiago Martín, D. Joaquín Botella, D. Jorge Domingo.....	277
Mr. Anthony G. Sheard, N. M. Jones.....	303
Mr. Garry Martín.....	313
D <sup>a</sup> . Leticia Molledo, Mr. Paul Briggs.....	317
D. Joaquín Ponz.....	325
D. Mario Mirolo, D. Italo Brogginini.....	327
D. Adrés Suárez González.....	333
D. Luca Negherbon.....	337



## TÚNELES MECANIZADOS: ANÁLISIS DE RIESGOS DE LOS TRABAJADORES Y AJUSTE DE LA MAQUINARIA A LA SITUACIÓN LOCAL

A. Sorlini, Geodata, Torino, Italy

### SUMARIO

El uso simultáneo de tres máquinas de Tbm-epbs para la excavación de un metro subterráneo es una ocurrencia excepcional en Italia. Esto fue necesario para alcanzar el objetivo de tener un sistema público subterráneo de transporte en la operación antes de 2006, el año de los juegos olímpicos del invierno de Torino. Esto también creó la oportunidad de repasar los riesgos asociados al uso de los sistemas mecanizado al hacer un túnel en el subterráneo y en la superficie.

Se dedicó un cuidado especial para identificar y para adecuar la seguridad y la ergonomía en la ejecución a las características técnicas de las máquinas y de los procedimientos de funcionamiento, para cumplir con los requisitos de estándares técnicos europeos, de regulaciones nacionales de seguridad, y de requisitos de seguridad especiales que se presentaban de condiciones de funcionamiento locales. Después de presentar una sinopsis de los estándares y de las regulaciones europeos e italianos de seguridad principales, esta comunicación describe con el gravamen, el análisis y la gerencia de riesgo de las diversas operaciones mecanizadas de la excavación en túnel, realizada, referente a los peligros directos de la debilitación de salud y de seguridad a los trabajadores y a los problemas impuestos por las actividades superficiales asociadas.

Los peligros identificados fueron asignados o como siendo directamente manejable por el fabricante de la máquina o, la responsabilidad del usuario final limita legalmente al uso de la máquina de acuerdo con los estándares de seguridad técnicos europeos (de aquí en adelante CE), y a los resultados de un análisis del riesgo que considera las situaciones geológicas y ambientales locales. Esto implicó procedimientos especialmente definidos del trabajo y también a las modificaciones a la máquina, puestas en ejecución con la cooperación del fabricante de la máquina. Los resultados de este acercamiento se proporcionan en la forma de ejemplos prácticos de las modificaciones adoptadas de la máquina y de los procedimientos de funcionamiento especialmente definidos.

Las mejoras significativas a la seguridad de los trabajadores y a las condiciones de la salud y al índice de la

## MECHANIZED TUNNELLING: WORKERS RISK ANALYSIS AND MACHINE ADJUSTMENT TO THE LOCAL SITUATION

A. Sorlini, Geodata, Torino, Italy

### SUMMARY

*The simultaneous use of three TBM-EPBS machines for the excavation of an underground subway is an exceptional occurrence in Italy. This was necessitated in order to achieve the aim of having an underground public transportation system in operation by 2006, the year of the Torino Winter Olympic games. This also created the opportunity to review the risks associated with the use of mechanized tunneling systems both underground and at the surface.*

*Special care was devoted to identify and implement the safety and ergonomics to the technical features of the machines and the operating procedures, in order to comply with the requirements of European technical standards, national safety regulations, and special safety requirements arising from local operating conditions.*

*After presenting a synopsis of the main European and Italian safety standards and regulations, this paper describes with the risk assessment, analysis and management of the different mechanized tunnel-excavation operations, carried out with reference to the direct health and safety impairment hazards to workers and the problems imposed by the associated surface activities. The identified hazards were allocated either as being directly manageable by the machine manufacturer or, the responsibility of the final user- legally bound to the use of the machine in accordance with European technical safety standards (hereafter CE), and the results of a risk analysis taking into account the local geological and environmental situations. This implied specially defined work procedures and also machine modifications, implemented with the cooperation of the machine manufacturer.*

*The results of this approach are provided in the form of practical examples of the adopted machine modifications and specially defined operating procedures. Significant improvements to both the workers safety and health conditions and the production rate of the mechanized tunnel excavation were achieved, clearly demonstrating that the risk analysis and management approach developed by the authors can be considered an instructive reference for similar metro projects around the world.*



producción de la excavación mecanizada del túnel fueron alcanzadas, demostrando claramente que el análisis del riesgo y el acercamiento de la gestión desarrollado por los autores se pueden considerar una referencia instructiva para los proyectos similares del metro alrededor del mundo.

**INTRODUCCIÓN**

El uso simultáneo de tres máquinas de Tbm-epbs para la excavación de un metro subterráneo es una ocurrencia inusual en Italia, se hizo necesario para asegurarse de que Torino tenga un sistema público subterráneo de transporte en operación antes de 2006, para los juegos olímpicos del invierno. Esto creó una oportunidad para la revisión que los riesgos se asociaron al uso de los sistemas de mecanizado en subterráneo y en la superficie.

Se demuestra aquí cómo una máquina construida para las necesidades de la obra, con las provisiones técnicas tiene que ser modificada para conjugar los requisitos de los estándares técnicos europeos, de las regulaciones nacionales de seguridad, y de los requisitos de seguridad especiales asociados a las condiciones de funcionamiento locales. Demostramos aquí, como una máquina construida con las provisiones técnicas para las necesidades de la construcción, tuvo que ser modificada para resolver las exigencias de los estándares técnicos europeos, regulaciones nacionales de seguridad, y los requisitos de seguridad especiales asociados a las condiciones de funcionamiento locales.

**TBM. REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD: LEGISLACIÓN DE LA COMUNIDAD EUROPEA PARA MÁQUINAS PERFORADORAS DE TÚNELES**

Este tipo de máquinas está bajo direcciones del comité de CEN TC 151 para la seguridad de la maquinaria de la construcción. CEN TC 151 cubre varias diversas actividades, así que han establecido a 14 grupos de trabajo. El WG 4 (grupo de trabajo 4) trata de las MÁQUINAS TUNELADORAS - Requisitos de Seguridad con el objetivo de desarrollar los estándares técnicos para cada uno de las diversas clases de máquina. Según lo demostrado en la tabla 1, solamente tres estándares han terminado el procedimiento entero y están oficialmente disponibles como estándares UNI-EN.

Table n.1: machine types	standard	date
• Unshielded tunnel boring machines and rodless shaft boring machines for hard rock	UNI - EN 815	May 97
• Tunnelling machines - boring machines, continuous miners and impact rippers- safety requirements	UNI-EN 12111	July 2004
• Tunnelling machines - pressure zone access- safety requirements	UNI-EN 12110	July 2004
• Tunnelling machines - Shield machines, thrust boring machines, auger boring machines, lining erection equipment - Safety requirements	EN 12336	Ratified February 2005

**INTRODUCTION**

*The simultaneous use of three TBM-EPBS machines for the excavation of an underground subway is an unusual occurrence in Italy, necessitated to ensure that Torino has an underground public transportation system in operation by 2006, for the Winter Olympic Games. This created an opportunity for the review the risks associated with the use of such mechanized systems both underground and at the surface. It will be shown how a machine built for the construction needs with technical provisions has to be modified in order to match the requirements of the European technical standards, the national safety regulations, and the special safety requirements associated with the local operating conditions.*

*We demonstrate here, a machine built with technical provisions for construction needs, had to be modified in order to meet the exacting of European technical standards, national safety regulations, and, the special safety requirements associated with the local operating conditions.*

**TBM SAFETY REQUIREMENTS: EC LEGISLATION FOR TUNNEL BORING MACHINES**

*These kind of machines fall under the directions of the CEN TC 151 Committee for construction machinery safety.*

*CEN TC 151 covers several different activities, so 14 working groups have been established, working group WG 4 deals with Tunnelling Machines - Safety requirements with the aim of developing technical standards for each of the different kinds of machine.*

*As shown in table 1, only three standards have completed the whole procedure and are officially available as UNI-EN standards.*

*The standards worked out by the CEN Committee, are mostly of interest to constructors, because it is an important reference for managing these works within EU.*

*A new machine bought to these standards is safeguarded since his self compliance with the Italian law D. Lgs. 626/94 Art. 4 (Employer, executive and person in charge of duties) " the employer must evaluate, choosing working equipment,*

*risks for workers safety and health", that will have been achieved.*





reglas. El criterio propuesto, definido por el departamento regional de la salud (Regione Piemonte; <http://www.regione.piemonte.it/sanita/sicuri/normativ/circreg/circreg.htm>), prevé análisis de la seguridad de la máquina según lo demostrado en la figura n.2

### EL CICLO DE PRODUCCIÓN:

#### Las fases operacionales y los riesgos relacionados

La figura n.3 demuestra el ciclo de producción de Tbm-epbs, se observa que las actividades no cíclicas merecen también la atención.

Cada etapa en el ciclo productivo es compleja e implica una gran cantidad de personas, de máquinas y de acciones. Cuanto mayor es la complejidad mayor es el número de peligros potenciales. Cada uno puede ser muy diferente de uno a otro, algo de ellos deriva de la acción sí mismo, otras son generadas por acciones simultáneas. Esta situación genera una distribución compleja del peligro para los trabajadores, más típica de una instalación fabril, debido a la repetición cíclica de actividades en la que los peligros son más fáciles de definir.

La excavación mecanizada, desde el punto de vista de la seguridad en el trabajo, es comparable a un proceso de fabricación, cuando las fases de la construcción están funcionando regularmente.

El montaje, el desmontaje y el mantenimiento extraordinario son actividades menos repetidas, dependiendo del sitio de trabajo, de las condiciones del terreno y el progreso de TBM.

En esta situación, los hábitos de trabajo del personal de TBM contrastan a menudo con los riesgos previstos en actividades cíclicas. No tienen un entrenamiento industrial pero “en el entrenamiento del trabajo”, típico del mundo del túnel, donde las actividades imprevistas son normales.

En este artículo procuramos tratar cómo equilibrar las leyes locales, que son a menudo viejas y no reflejan la práctica de trabajo actual, procedimientos repetitivos y deterministas y, por otro lado, los procedimientos imprevistos llevados por acontecimientos imprevisibles.

Los peligros y los riesgos relacionados en actividades individuales o combinadas, tienen que ser identificados

### The Production Cycle:

#### Operational stages and related hazards

Figure n.3 shows the TBM-EPBS production cycle, note that not cyclical activities deserve attention as well.

Every stage in the production cycle is complex and involves a great number of persons, machines and actions.

The greater the complexity the greater the number of potential hazards. Each may be very different from each other, some of them derive from the action itself, others are generated by simultaneous actions. This situation generates a complex danger

distribution for workers, more typical of a manufacturing plant, due to the cyclic recurrence of activities the hazards are easier to define.

Mechanized excavation, from the safety of work point of view, is comparable to a manufacturing process, when construction phases are running regularly.

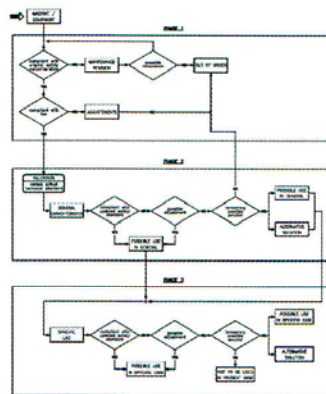
Assembly and disassembly and extraordinary maintenance are less repetitive activities, depending on the working site, on ground conditions and TBM progress.

In this situation, the habits of TBM working personnel are often in contrast to the predictable risks of cyclical activities. They have not an industrial training but a “on the job training”, typical of tunnelling world, where unplanned activities are usual.

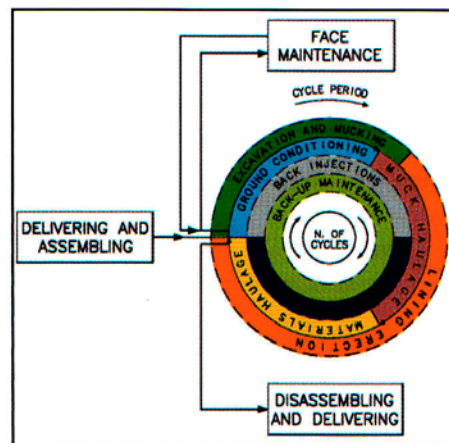
In this article we attempt to address how to balance local laws, which are often old and do not reflect current working practice, repetitive and deterministic procedures and, on the other side, unplanned procedures born by unpredictable events.

Hazards and risks related to single or combined activities, have to be identified and evaluated as they will affect the behaviour and direction of the work.

It is clear that to use excavation equipment simply according to technical standards it's not enough. The execution of a careful risk evaluation based on the local working condition is fundamental. It is inevitable then that complementary procedures and equipments may arise, unpredictable for the constructor.



Cuadro 2: los pasos para comprobar la conformidad de una máquina contra los criterios de precisión



y ser evaluados, pues afectarán al comportamiento y la dirección del trabajo.

Está claro que utilizar el equipo de la excavación simplemente según estándares técnicos no es bastante. La ejecución de una evaluación cuidadosa del riesgo basada en las condiciones de trabajo locales es fundamental. Es inevitable entonces que sean imprevisible para el constructor los procedimientos complementarios y los equipos que puedan presentarse.

De este análisis, se puede ver que cada etapa de la operación tiene sus peligros, que son a menudo iguales. Estos peligros, a pesar de su diverso origen y cuantificación, pueden ser resumidos, por lo que se pueden aplicar procedimientos similares de trabajo y contramedidas. El análisis dado no es exhaustivo, su objetivo es el precisar que las etapas operativas contemporáneas en la TBM crean peligros similares que se pueden manejar con contramedidas equivalentes que vienen a partir de dos diferentes puntos de vista:

- La construcción mecanizada que sigue los criterios del análisis del riesgo, que consideran su uso y criterios ergonómicos aplicados (la máquina se construye para agujerear un túnel)
- Los procedimientos específicos del trabajo se relacionan con el sitio particular del trabajo donde está destinada la máquina (la máquina se construye para agujerear nuestro túnel).

En la tabla n.3 se han colocado los peligros comunes y se han definido las contramedidas. **M** está parado para las contramedidas que deben estar en el TBM (proporcionado por el constructor/suministrador), **P** representa las contramedidas que se deben agregar a la máquina, dependiendo del sitio de trabajo particular (proporcionado por el usuario). Ambas

EXCAVATION PHASE: HAZARD SOURCE	CONTEMPORARY HAZARDS
Excavation (air lock closed)	Noise, vibrations, moving mechanics, pressure pipes breakdown
Mucking (train stopped and conveyor on service)	Moving mechanics, falling objects, conveyor belt breakdown, noise
Ground conditioning with polymers, foams, etc...	Pressure pipes breakdown, allergies
Tail void grouting	Pressure pipes breakdown, allergies
Back up maintenance	Pressure pipes breakdown, allergies, electrification, hand tools use
Operational context	Tight and slippery passages, bad positions of job, unevenness, openings on the transit plans, elevated temperature, badly ventilated zones, zones too much ventilated, obstacles to access and egress, insufficient lighting system, fire
Environmental context	Flooding, methane, contaminated soils, noise, dust, radon exposure

Table n.2a

LINING ERECTION: HAZARD SOURCE	CONTEMPORARY HAZARDS
Segments delivery	Movements of heavy machines, raising and transport breach, failure of train braking system
Erector movement	Movements of heavy machines, raising and transport breach
Segment positioning and erection	Movements of heavy machines, failure of the coupling system, pressure pipes breakdown, bad positions of job, high working positions, tight and slippery passages, noise
Back up maintenance	Pressure pipes breakdown, allergies, electrification, hand tools use, welding smoke
Train arriving/leaving	Convoy in narrow spaces, insufficient lighting system, wrong maneuvers, brake failure, poor visibility
Operational context	Tight and slippery passages, bad positions of job, unevenness, openings on the transit plans, elevated temperature, badly ventilated zones, zones too much ventilated, obstacles to access and egress, insufficient lighting system, fire
Environmental context	Noise, dust, radon exposure

Table n.2b

ACTIVITY

Excavation (air lock closed)
Mucking (train stopped and conveyor In service)
Ground conditioning with polymers, foams, etc...
Tail void grouting
Back up maintenance
Segments delivering to erection machine
Erector movement
Segment positioning and erection
Back up maintenance
Train arriving/leaving
Operational context
Environmental context



From this analysis, it can be seen that each operation stage has its hazards, which are often the same. These hazards, despite their different source and quantification, can be summarized, for which similar countermeasures and work procedure may apply. The analysis given is not exhaustive, its aim is the point out that contemporaneous operative stages on the TBM create similar hazards that can be handled with equivalent countermeasures that come from two different points of view:

- Machine construction that follows risk analysis criteria, which consider its use and applied ergonomic criteria (the machine is built to bore a tunnel)
- Specific work procedures related to the particular work site where the machine is destined (the machine is built to bore our tunnel)

COMMON HAZARDS

Flooding	M
Allergies	P
Falling materials	M,P
Ventilation defects	M
Unevenness, openings in the floor	M
Welding smoke	P
Diesel smoke	M,P
Insufficient lighting system	M
Fire	M,P
Train wrong maneuvers	P
Convoy in narrow spaces	P
Movements of heavy materials	P
Moving mechanics	M,P
Obstructed access / egress	M,P
Electrification	M
Tight and slippery passages	M
Dust	P
Bad positions of job	M
High working positions	M
Radon	P
Breach of the coupling system	M
Segments raising and transport breach	M
Pressure pipes breakdown	M
Noise	M
Methane, explosive	P
Poor operator visibility	M,P
Elevated temperature	M
Contaminated soils	P
Hand tools use	P
Vibrations	M

Table n.3

clases de contramedidas tienen que ser logradas para el origen de cada peligro.

### ANÁLISIS DE RIESGO: UN EJEMPLO

La sección pasada da un resumen de los peligros potenciales a funcionar TBM durante la excavación. Los peligros pueden ser las entidades abstractas que se tienen que fijar en el contexto de las obras. Es el contexto el que es de interés. La definición del riesgo es: "El impacto o la gravedad de un acontecimiento peligroso multiplicado por la probabilidad del acontecimiento que ocurría".

La ley del EEC 89/391 (en Italia 626/94) indica que lo que sigue se debe hacer en orden de prioridad:

- retiro de o del peligro: de modo que el riesgo se convierta en cero
- Disminución del daño o consecuencias
- Disminuir el factor gravedad.

Por ejemplo considere la colocación del sostenimiento, que incluye la elevación de segmentos prefabricados de hormigón a su lugar y emperrarlos juntos. Los peligros incluyen caer el segmento.

No podemos quitar el peligro, puesto que el túnel necesita ser sostenido, pero podemos reducir el impacto si adoptamos un procedimiento que reduzca la presencia humana en donde el segmento podría caer, también reduciendo el factor del contacto.

Para el diseño, es posible hacer selecciones del diseño y calcular probabilidad. Si la máquina se construye siguiendo los estándares técnicos apropiados y se certifica correctamente, si se ha mantenido después según las instrucciones de los fabricantes, la probabilidad de que ocurra un evento es menor de uno. Para un análisis del riesgo de la construcción, no es apropiado reducir la probabilidad del acontecimiento y, para asegurar la seguridad, este parámetro es siempre uno.

El factor de contacto para la gente expuesta al riesgo, también tiene que ser calculado. Si el sostenimiento está incompleto con los segmentos colgados el 80% del tiempo, el factor del contacto será 80.

Table n. 4

HAZARD		CONSEQUENCE		TECHNICAL MEASURES REQUIRED BY THE LAW AND UP TO DATE TECHNICAL STANDARDS			
Segment falling from erector		Injuries, serious injuries, death					
worst expectable consequence	lost days	contact factor [% shift]	probable damage $M = pd \times fc$	relative probability PR	RISK (1 worker) $R = M \times PR$	n° workers involved [N]	TOTAL RISK $R \times N$
Serious injury, death	7500	80	600000	1	600000	1	600000

La manera en la cual se construyen los segmentos da un ejemplo interesante en cuanto a cómo una máquina de TBM se ajusta específicamente a nuestro túnel.

*In table n.3 the common hazards have been collocated and countermeasures defined. M stands for the countermeasures that must be on the TBM ( provided by the supplier/builder), P stands for countermeasures that must be added to the machine, depending on the particular working site (provided by the user). Both kinds of countermeasures have to be accomplished for the source of each hazard.*

### Risk Analysis: AN EXAMPLE

*The last section gives a summary of the potential hazards to operating TBM during excavation. Hazards may be abstract entities that have to set into the context of the worksite. It is the context that is of interest.*

*The definition of risk is : "The greatest impact or contact of a hazard event multiplied by the probability of the event occurring".*

*EEC 89/391 Law (in Italy 626/94) states that the following must be done in order of priority:*

- *removal of danger: so that the risk becomes zero*
- *decrease damage or impact;*
- *decrease contact factor.*

*For example consider lining erection which includes lifting pre-cast concrete segments into place and bolting them together. Hazards include dropping the segment. We cannot remove the hazard, since the tunnel needs to be lined, but we can reduce impact if we adopt a procedure that reduces human presence in the are where the segment could fall, also reducing the contact factor.*

*For design, it's possible to make design selections and calculate probability. If the machine is built following the appropriate technical standards and certified correctly, if it has been maintained following the manufacturers instructions, the probability of the event occurs less than one. For a construction risk analysis it is not appropriate to reduce event's probability and, to ensure safety, this parameter is always one.*

*Contact factors for people exposed to the risk, also have to be calculated. If the lining is to remain incomplete with segments left hanging for the 80% of the time, the contact factor will be 80.*

*The way in which segments are constructed gives an interesting example as to how a TBM machine was specifically adjusted for our tunnel.*

La conexión entre cada segmento se puede hacer con los pernos o los conectadores del metal. Con un diámetro más grande TBM, las conexiones tienen que ser hechas más arriba y es mayor el peligro de caer. Si el fabricante diseñara la accesibilidad para hacer conexiones automáticas, no sería preciso utilizar cierres neumáticos. En este caso, la máquina tiene que ser modificada para responder a todos los estándares técnicos. Para proporcionar otro ejemplo, ahora explicaremos cómo algunas modificaciones fueron hechas al TBMs para el Metro de Turín, para cumplir con leyes italianas y para resolver los problemas operativos típicos del trabajo en un sitio urbano.

### Ejemplos de CONTRAMEDIDAS

#### TBM back up train walk-ways

Las calzadas a lo largo del tren de reserva de TBM se conciben para las actividades del túnel. La TBMs se monta en un lugar, después agujerea algunos kilómetros del túnel, hasta otro lugar, en donde se desmontan. Por esa razón los pasajes a lo largo de las máquinas se protegen parcialmente contra caídas, puesto que las paredes del túnel actúan como carril de seguridad.

Durante su paso de un punto a otro, tiene que pasar a través de un número de estaciones parcialmente terminadas, donde está ausente el sostenimiento del túnel, entonces deben agregarse las barras de seguridad a lo largo de las calzadas. Ésta es una particularidad de nuestro sitio del trabajo. Estos carriles de seguridad, tan similares a unos que se fijan ya en las otras partes de TBM son provisionales, para poderlos desmontar tan pronto como la máquina entre en el túnel.

En pasarela del cuadro n.1 al lado a un lado de mampostear el sistema; en el cuadro n.2 la misma zona pero en el otro lado, con los carriles de seguridad colocados.



*The connection between each segment can be made with metal bolts or connectors. With larger diameter TBM, the higher the connections have to be made and the greatest the hazard of falling. If the manufacturer designed accessibility for making automatic connections, it would not be appropriate to use pneumatic bolting. In this case, the machine has to be modified to respond to all the technical standards.*

*To provide a further example, we shall now explain how some modifications were made to the TBMs for the Turin Metro, to comply with Italian laws and to resolve operative problems typical of a urban work site.*

### EXAMPLES OF COUNTERMEASURES

#### TBM back up train walk-ways

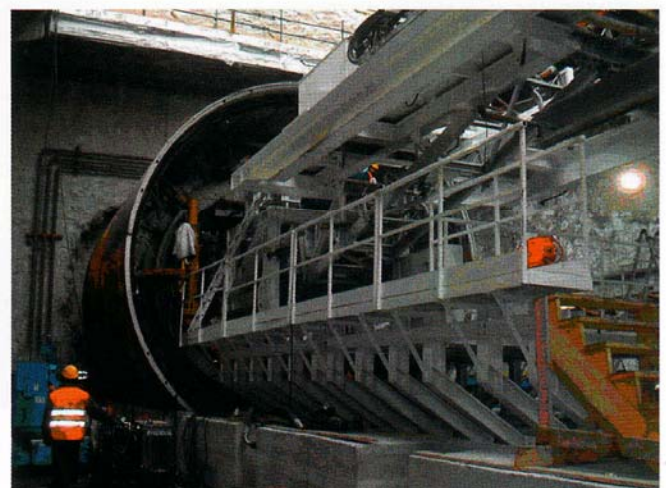
*Walkways along the TBM backup train are conceived for tunnel activities. TBMs are assembled at one place, then bore some kilometers of tunnel, to another place where they are dismantled. For that reason passages along the machines are partially protected from falling, since the tunnel walls act as safety rail.*

*During its passage from a point to another, it has to pass through a number of partially completed stations, where the tunnel lining is absent, then safety rails must be added along the walkways. This is a peculiarity of our work site. These safety rails, so similar to ones that are already set on the other parts of TBM are provisional, so that can be dismantled as soon as machine enters the tunnel.*

*In picture n.1 gangway to the side aside of grouting system; in picture n.2 the same zone but on the other side, with safety rails fixed.*

#### TBM work zones

*Some boring machines are configured to have segments paths in one area and safe walking paths in another. Other ones have the problems where both parts*



Zonas de Trabajo de la TBM

Algunas taladradoras se configuran para tener trayectorias de los segmentos en una zona y las trayectorias de paso seguras en otra. Otros tienen los problemas ambas partes son iguales, debido a la carencia del espacio. Las calzadas que conducen del respaldo de TBM al manlock deben ser definidas claramente y si es posible alejada de los segmentos y otros movimientos de materiales.



La figura n.3 muestra la descarga del segmento y su transporte al área del montador. Las trayectorias laterales estrechas conducen al frente, evitando el espacio ocupado por los segmentos.

are at the same, because of lack of space. Walkways that lead from the TBM back up to the manlock must be clearly defined and if possible kept away from segments and other material movements.

Picture n.3 shows the segment unload and transport to erector area. Narrow lateral paths lead to the front, avoiding the space occupied by the the tunneling segments.

El personal en tránsito en la cubierta superior del tren de reserva estaba en peligro por el transportador. Por esta razón, las protecciones fueron agregadas al transportador y a una cubierta de la parrilla para prevenir contactos accidentales con las piezas móviles.

Las parrillas similares fueron agregadas a la cubierta más baja.



Cuadro n.4: de la misma manera, el área de la llegada del tren tiene que ser separada por pasarelas longitudinales.

Picture n.4: in the same way, the train arrival area has to be separated from longitudinal gangways.

Personnel in transit on the upper deck of the back up train were in danger from the conveyor. For this reason, protections were added to the conveyor and a grille cover so as to prevent accidental contacts with the moving parts.

Similar grilles were added to the lower deck.

In picture n.5 conveyor without protection; in picture n.6 conveyor with protective grilles.

Sitios de Trabajo

Otras mejoras fueron llevadas a cabo a la pasarela telescópica entre el TBM y el tren de reserva (cuadro n.7)

Otras modificaciones también fueron hechas para asegurar el acceso seguro vía el acceso del manlock a la cabeza de corte.

Working sites

Further improvements were made to the telescopic gangway between the TBM and the back up train (picture n.7)



Foto n.5. El transportador sin la protección;

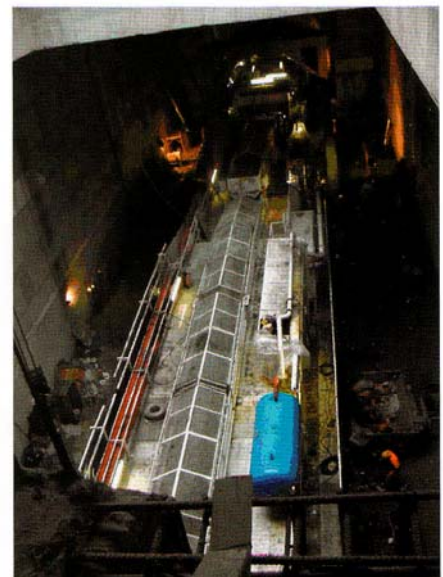


Foto n.6 En transportador con las parrillas protectoras.



## CONCLUSIONES

Las modificaciones fueron hechas a 3 TBM de modo que satisficieran arreglos de trabajo locales mejores. Mas de 10 kms de túnel fueron construidos, durante los cuales solamente ocurrieron accidentes de menor importancia.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores tienen gusto de mostrar su agradecimiento a G.T.T. Gruppo Torinese Trasporti, dueño de Metro Torino; los contratistas Grandi Lavori Fincosit S.p.A., Grassetto S.p.A. SELI S.p.A., y a todo el personal del trabajo subterráneo y en las instalaciones de superficie durante etapas de la construcción.



Other modifications were also made to ensure safe access via the manlock access to the cutterhead.

## CONCLUSIONS

Modifications were made to 3 TBM so that they suited better local working arrangements. Over 10 kms of tunnel were constructed, during which time only minor accidents occurred.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Authors like to thank G.T.T. Gruppo Torinese Trasporti, owner of Metro Torino; the contractors Grandi Lavori Fincosit S.p.A., Grassetto S.p.A. SELI S.p.A., every people at work underground and at surface facilities during construction stages.5.

## REFERENCES

1. FAINA L.; SAVOCA D.; PATRUCCO M. (20-23/06/1996): Guidelines for the evaluation of risks for the safety and health of workers in the mining sector according to article 4 comma 1 of legislative decree no.626/94, Italian proposal by the Minister of Industry to the European Community - Workshop on Risk Assessment, European Commission Safety and Health Commission For Mining And Other Extractive Industries (S.H.C.M.O.E.I.) Gubbio, Italy.
2. PATRUCCO M. (2-3/05/1996): La sicurezza e l'igiene del lavoro nelle gallerie, European Conference 'Meccanizzazione in galleria', (SIG - Societa' Italiana Gallerie), Verona, Atti 119-125, Verona.
3. PATRUCCO M. (13-15/05/1997): Macchine di scavo meccanizzato: significato ed evoluzione degli standard tecnici comunitari, Conference on 'Mechanized Tunnelling: experiences and needs of owners, TBM manufacturers, contractors and designers', (SIG-CNR), Roma, Gallerie e grandi opere sotterranee, XIX, 52, 52-60, SIG, Torino, ISSN 0393-1641.
4. CESTE C., PATRUCCO M., SORLINI A. (10-13/06/2001): Underground constructions in city areas: some typical safety problems, AITES - ITA 2001 World Tunnel Congress, Milano, Atti 191-197 (Patron ed., Bologna, 2001, ISBN 88-555-2594-8).
5. PATRUCCO M., SORLINI A. (14-16/11/2002): Workers safety conditions in urban underground construction: risk evaluation, management and monitoring as applied in northern Italy, ACUUS 2002 International Conference Urban Underground spaces: a resource for cities, GEAM, Turin, Italy.
6. CAMISASSI A., CIGNA C., PATRUCCO M.: "Sicurezza nei cantieri: analisi di rischio e condizioni di impiego in sicurezza di macchine operatrici e mezzi di sollevamento di materiali", . GEAM-Geingegneria ambientale e mineraria, XLI, 3, Settembre, 2004, pp. 19-32, Lit. Geda, Torino, ISSN 1121-9041

