



El Mando del siniestro informará del estado del mismo y de las operaciones efectuadas y por efectuar al CECOPI, igualmente solicitará al CECOPI los medios que considere necesarios para la intervención.

En la estructura del P.M.A. ha de figurar:

a) Oficial Jefe del PMA: Responsable de la Dirección y Control del siniestro en su zona de intervención.

b) Mando de Operaciones: Responsable de ejecutar las tareas directas de ataque al siniestro.

c) Mando de Seguridad: Responsable de la seguridad en el área operativa.

d) Mando de Enlace: Responsable de las comunicaciones y coordinación entre los Servicios intervinientes.

e) Jefes de los Grupos Intervinientes: Jefe del Grupo Sanitario, Jefe del Grupo de Seguridad, Jefe del Grupo Logístico.

f) Jefe de la Intervención: En caso de existir dos PMA habrá un responsable máximo del siniestro que coordinará las acciones de los dos PMA.

#### **10.6.2.2. Grupo de Seguridad:**

Su principal función es la de control del acceso a la zona de intervención y la regulación del tráfico en esta área y en la zona afectada del resto de la vía. La responsabilidad recae en el Mando de mayor graduación de la Fuerza de Seguridad presente en el siniestro y podrá contar con la colaboración de personal de mantenimiento de la carretera.

Existen tres campos de actuación para este Grupo:

- Control del acceso a la zona de intervención establecida por el Mando del siniestro, mediante la colocación de un perímetro de seguridad.

- Control de la circulación de vehículos y personas desde el Punto de Encuentro a la Zona de Intervención y control del orden en el P.E.

- Regulación del tráfico y en su caso evacuación en los tramos de autopista que puedan verse afectados y facilitar el acceso de los medios que se dirigen al siniestro.



#### 10.6.2.3. Grupo Sanitario:

Está constituido por los Servicios Sanitarios de Emergencia que existan en el ámbito de actuación.

Las funciones principales de este grupo son:

Primeros auxilios a las víctimas y atención médica avanzada.

Traslados medicalizados.

TRIAGE de víctimas.

Coordinar la noria de ambulancias.

Coordinación con los centros hospitalarios.

Organizar el Puesto Sanitario Avanzado.

#### 10.6.2.4. Grupo de Intervención:

Intervienen directamente en el control del siniestro y lo constituyen los Servicios de Bomberos y el apoyo del personal de autoprotección.

Las tareas a realizar por este Grupo son:

Organización y dirección del PMA.

Ejecución de las tareas de ataque al siniestro y salvamento.

Controlar los grupos de apoyo que penetren en la zona de riesgo.

Informar al PMA del desarrollo de las operaciones de lucha contra siniestros.

Ejecutar las tareas de apoyo directo al personal de ataque.

Colaborar con los Servicios Sanitarios en la atención de las víctimas.



#### 10.6.2.5. Grupos de Apoyo Logístico:

Están formados por todos los Servicios y personal que sin tener una implicación directa en la zona de intervención, facilitan con su esfuerzo y sus medios las tareas de control del incidente y de atención al resto de intervinientes y víctimas.

Los principales Grupos de Apoyo Logístico son:

Personal de mantenimiento de carreteras.

Agrupaciones locales de Protección Civil.

Voluntarios de Cruz Roja.

Centros Sanitarios próximos.

Otras empresas públicas y privadas que se consideren necesarias.

#### 10.6.2.6. Grupo de Apoyo Técnico:

Para la toma de decisiones y la resolución de algunos problemas a veces es necesario recurrir a técnicos especializados en determinadas materias, algunos de los técnicos que podemos contemplar a priori son:

Expertos en túneles.

Personal experto en temas químicos.

Otros profesionales que se consideren necesarios según las demandas del siniestro.

### 10.7. MANTENIMIENTO OPERATIVO

Para garantizar la operatividad del plan, es necesario ponerlo en práctica, en la medida de lo posible, para ello se requiere de la realización de maniobras y simulacros y de la realización de visitas y reuniones con carácter periódico.

Visitas a las instalaciones: Con carácter anual, los responsables directos de los principales Grupos que intervienen en el Plan han de realizar una visita



conjunta, igualmente con carácter anual han de visitar los túneles todo el personal que forme parte del Grupo de Intervención.

Durante la visita de los responsables de los distintos Grupos se aprovechará para revisar el documento de forma que puedan incluirse las modificaciones que se estimen oportunas.

Maniobras específicas: Los distintos grupos y unidades que intervienen en el Plan deberán realizar maniobras de forma individual y con la periodicidad que cada uno de ellos estime oportuno. Estas maniobras no deberán afectar a la circulación y han de comunicarse con suficiente antelación a los responsables de la carretera.

Debido a la limitación que supone el hecho de no afectar al tráfico, estas maniobras están dirigidas fundamentalmente a los aspectos de movilidad del grupo, aproximación, ubicación en los puntos de encuentro, comunicaciones, despliegue de equipos y tiempos de respuesta.

Simulacro general: Supone la movilización simultánea de todo el dispositivo previsto en el Plan para el caso de un siniestro mayor, ello implica la paralización de parte de la actividad de la carretera y la generación de una serie de gastos por parte de las administraciones implicadas.

El simulacro tendrá un carácter bianual, se realizará en el periodo horario que menos trastornos cause al público y a la dirección de la autopista ya que deberá cortarse uno de los carriles a mil metros de ambos lados del túnel.

Previamente a la realización del simulacro se constituirá el CECOPI y los responsables del PMA para diseñar la operación, previendo una organización paralela a la del simulacro con los siguientes objetivos:

Diseño del simulacro y organización.

Transmisión de la información a los intervinientes.

Dispositivo de seguridad.

Seguimiento de las tareas.

Finalizado el simulacro se hará una valoración del resultado y se elaborarán las conclusiones y posibles mejoras que se añadirán al Plan.



## 10.8. CONCLUSIONES

Los grandes túneles son obras singulares cuyas características obligan a un estudio detallado para la elaboración de planes de actuación específicos para cada túnel.

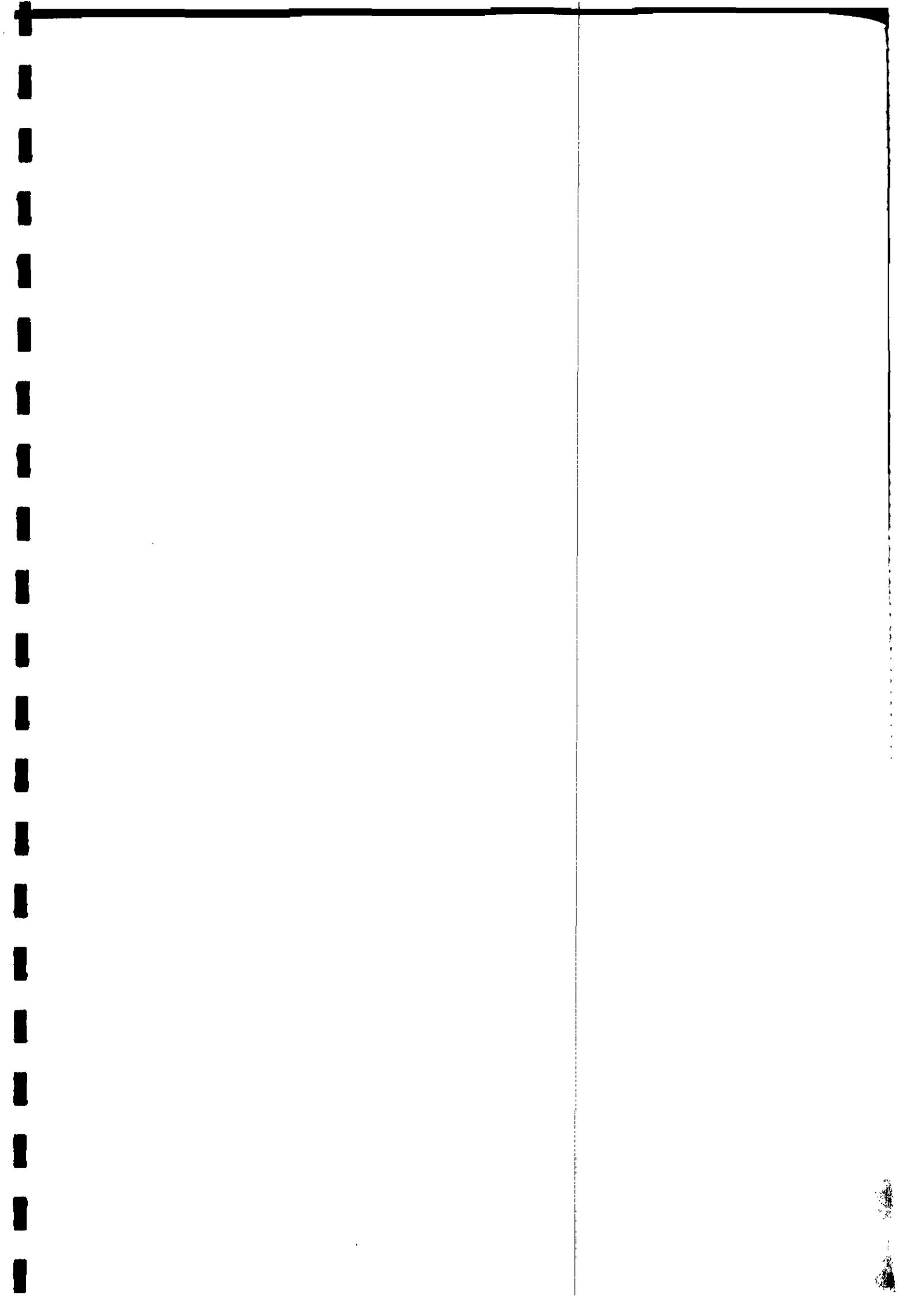
Existen una serie de características generales en todos los túneles y unas características específicas que han de ser valoradas para determinar el riesgo y por tanto establecer la respuesta.

Estos túneles han de contar con unas medidas de auto protección proporcionales a su nivel de riesgo y cuya eficacia se basa especialmente en la acción inmediata.

Las actuaciones que se deben iniciar en cada situación, no pueden depender de personas concretas, han de establecerse procedimientos de intervención que activen los medios sin necesidad de supervisión previa.

Las Administraciones, como principales responsables de la seguridad ciudadana, han de establecer el marco organizativo y competencial que determine la responsabilidad de la dirección y control de los siniestros en túneles.

Para evitar que los planes se queden en el "papel" debe contemplarse y exigirse la realización de maniobras y simulacros por parte de todos los implicados.

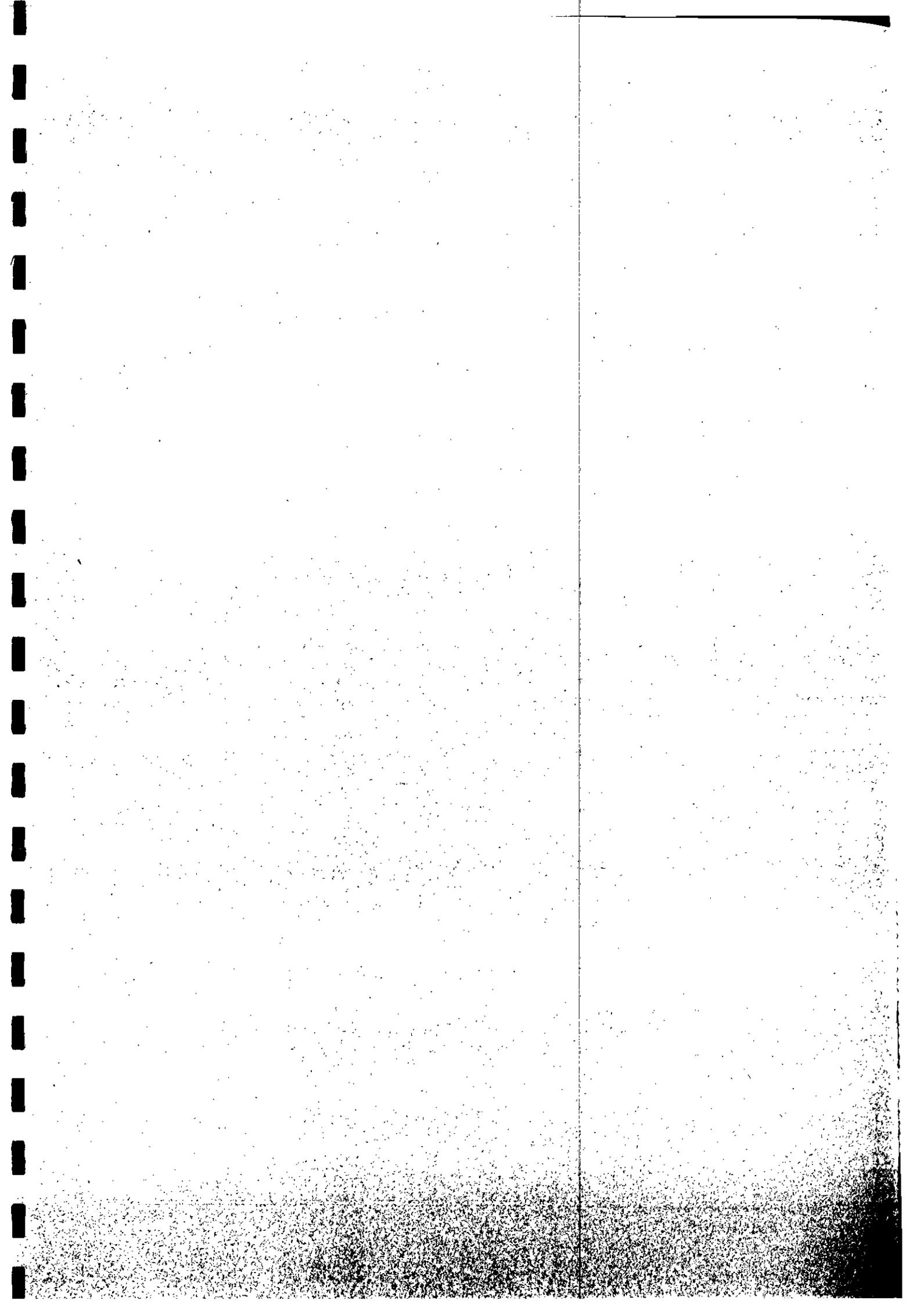




## THE CHANNEL TUNNEL FIRE

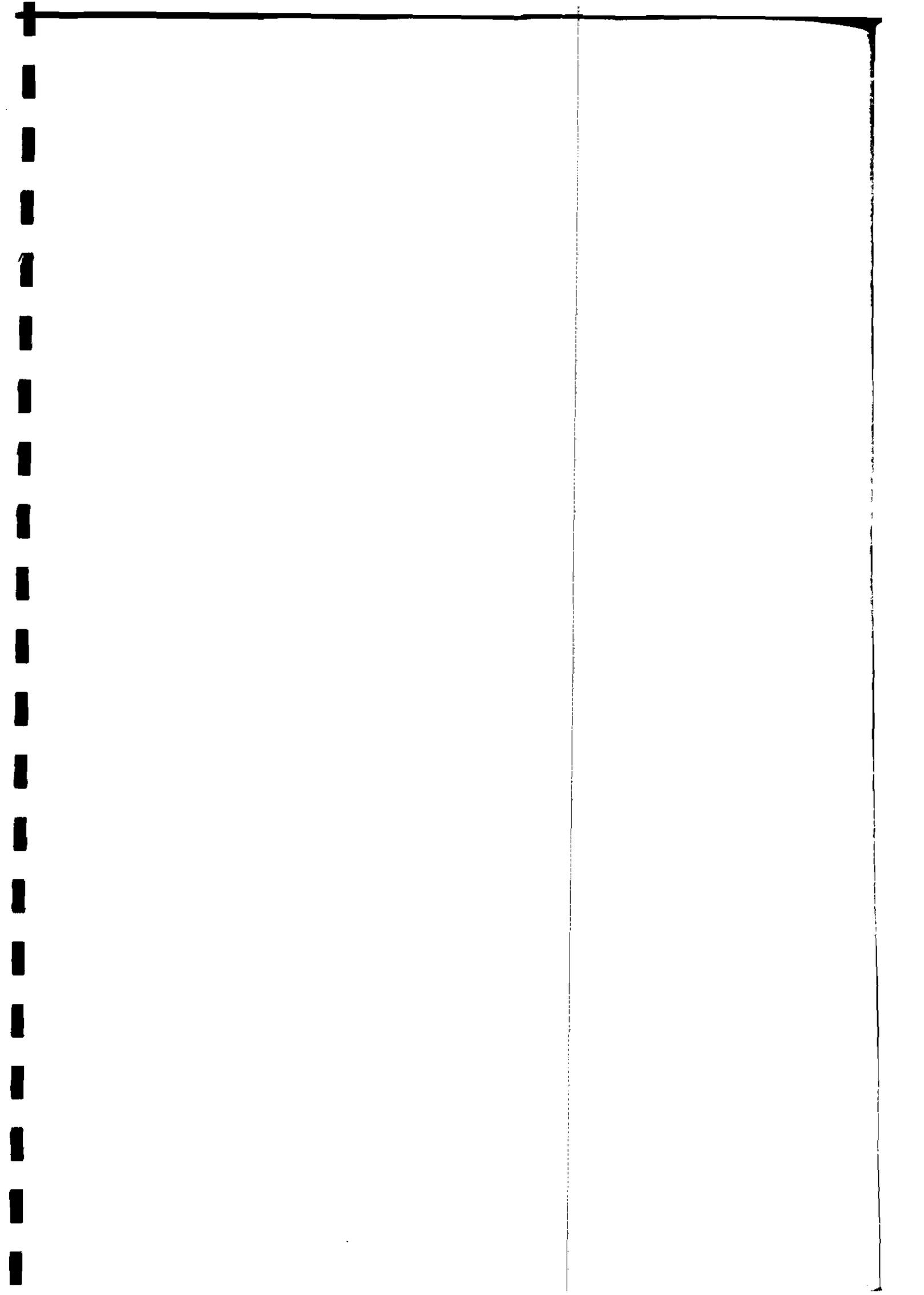
MR. IAN MUIR

COMMANDER CHANNEL TUNNEL AND  
KENT FIRE BRIGADE





<b>11.1. INTRODUCTION THE CHANNEL TUNNEL.....</b>	<b>1</b>
11.1.1. HISTORY .....	1
11.1.2. GEOLOGY .....	1
11.1.3. SYSTEM DESIGN .....	2
11.1.4. BI-NATIONAL EMERGENCY PLANING .....	2
<i>Definitions.....</i>	3
<b>11.2. THE CHANNEL TUNNEL FIRE-NOVEMBER 1996.....</b>	<b>3</b>
<b>Background .....</b>	<b>3</b>
SEQUENCE OF EVENTS .....	4
11.2.1. PRE-INCIDENT .....	4
11.2.2. NOTIFICATION OF INCIDENT.....	6
<i>Witnesses reported the following :</i> .....	6
<i>Fire Detection Systems</i> .....	7
<i>In- Tunnel.....</i>	7
<i>Shuttle Fire Detection System</i> .....	7
<i>Sequence of events continued.....</i>	7
<i>Tunnel Ventilation Systems</i> .....	8
11.2.3. FIRST LINE OF RESPONSE (FLOR) .....	8
11.2.4. SECOND LINE OF RESPONSE (SLOR) .....	9
<b>11.3. THE INCIDENT CO-ORDINATION CENTER .....</b>	<b>11</b>
11.3.1. SECOND LINE OF RESPONSE - UNDERGROUND.....	11
11.3.2. INCIDENT CO-ORDINATION CENTRE .....	14
11.3.3. BI-NAT FIN .....	16
<b>11.4. DAMAGED CAUSED.....</b>	<b>18</b>





## 11.1. INTRODUCTION THE CHANNEL TUNNEL

### 11.1.1. HISTORY

The Channel Tunnel has now been fully operational since May 1994. Prior to this the Kent Fire Brigade had been actively involved in the design and construction phases. The design of the system had to be approved by the Intergovernmental Commission (IGC), which was set up under the terms of the fixed link treaty, ratified following the enactment of the Channel Tunnel Act 1987 in the UK and relevant legislation in France. The IGC is advised by the Channel Tunnel Safety Authority, which has working groups covering rescue and public safety, civil engineering, dangerous goods and health and safety.

The Safety Authority, on behalf of the IGC, examined the designs and proposals, to ensure that the basic requirements for safety as set out in the Concession Agreement had been met. This included Eurotunnel's analysis of the risks and the measures necessary for dealing with emergencies that might arise.

The Safety Authority oversaw the construction of the tunnel and its associated works. As the system was taken into use, they approved the operating rules and procedures, monitored the safety standards including liaison with the Emergency Services and the practising of emergency drills.

The Kent Fire Brigade has always stated their concern over the design of the HGV shuttles and the most likely outcome in the event of a fire in one of the HGV vehicles. However, under the Concession Agreement it is for Eurotunnel to make proposals concerning the design of shuttles and for the Safety Authority to recommend "non objection" or "objection" of the proposals to the IGC.

### 11.1.2. GEOLOGY

After extensive geological surveying, the route of the three tunnels was drawn to run mainly through a layer of soft impermeable (or 'waterproof') rock called chalk marl. The rail tunnels were excavated 30m apart and no closer than 8m to the walls of the service tunnel.

All three tunnels were bored at an average depth of 40m below the sea-bed. The three tunnels run for 38km under the Channel, and are the world's longest undersea tunnels. The longest rail tunnel in the world, Japan's Seikan tunnel linking the islands of Hokkaido and Honshu, is nearly 4km longer than the Channel Tunnel, but its undersea section is only 23km.



### 11.1.3. SYSTEM DESIGN

The Channel Tunnel comprises three parallel tunnels 53 kilometres long. The two outer (running) tunnels each contain a single railway track, with a central service tunnel, which passengers can reach from the rail tunnels if necessary. The Service Tunnel is used for maintenance access and for evacuation in case of an emergency. Cross Passages link it to the rail tunnels every 375m.

The tunnels ventilation system ensures that the air pressure is higher in the service tunnel than in the rail in one of the rail tunnels,

Specially designed service tunnel vehicles use an automatic guidance system buried in the tunnel floor. They carry interchangeable modules for maintenance or personnel, or containers for emergency equipment, for use by the Eurotunnel First Line of Response (FLOR), and the Emergency Services of both the UK and France-

Normally, Eurotunnel shuttles and through-trains will travel from the UK to France through the northern rail tunnel, and from France to the UK through the southern rail tunnel (trains both countries 'drive' on the left).

Passenger vehicles and HGVs are carried in separate shuttles. Each shuttle, whether passenger or freight, is propelled by two 7,600hp (5.6MW) locomotives, each capable of powering the shuttle on its own

Heavy goods vehicle shuttles are made up of 28 vehicle carrying wagons, each carrying one lorry. During the journey, HGV drivers travel in a special air conditioned Club Car at the front of the shuttle, known as the amenity coach(AMC).

### 11.1.4. BI-NATIONAL EMERGENCY PLANING

From the outset of the construction phase the Kent Fire Brigade and the other Emergency Response organisations have been involved in the Emergency Planning process. One of the initial steps was to clearly identify primacy i.e. which organisations were responsible in the event of an incident, for specific areas of operations.

In the French republic this was relatively simple, the Préfet having control over all operational activity in the event of an incident, in the UK, however, it is somewhat more complex with a number of Emergency Response Organisations (ERO's) and other organisations involved.

Primacy was defined and recorded in what is termed the Channel Tunnel Bi-National Plan. There was also a need to define clearly in which country the operations are based, this was achieved through agreement and the concept of lead and support nation was brought about. The Bi-National Plan has been accepted,



agreed and adopted by all organisations concerned, its contents can be summarised as follows:

### Definitions

A Bi-National emergency is any incident, actual or potential, causing death, injury or threatening life in the Channel Tunnel System, which requires or may require action by the Emergency Response Organisations of the UK and the Republic of France. A Bi-National Emergency may be declared by either nation.

Information that an incident is at hand may be received from any source. The decision to declare, formally, a level of Bi-National Emergency may only be made by The Préfet or the Pas-de-Calais, Kent County Constabulary, Kent Fire Brigade or Kent Ambulance Trust.

The declaration should clearly define Lead and Support Nation status.

Activation of alerted emergency Services remains the responsibility of that service in accordance with service plans.

The Lead Nation will coordinate all aspects of the intervention.

The Support Nation will await the lead nation's request and cooperate by contributing personnel, advice and equipment.

## 11.2. THE CHANNEL TUNNEL FIRE-NOVEMBER 1996

### Background

At 21:53 hours on 18 November 1996 a call was received by Eurotunnel operators that there was a fire on board an HGV shuttle, Mission No M17539. The shuttle was carrying 31 passengers and 3 crew members all of whom had to be evacuated because of the fire. Six of the passengers and crew received hospital treatment for smoke inhalation.

The fire caused severe damage to 10 Heavy Goods Vehicle (HGV) wagons, an HGV loader wagon, one locomotive unit and 10 HGV lorries. The tunnel structure and equipment were also severely damaged by direct burning and heat, resulting in over 2km of tunnel being affected. Due to this, services at the Channel



Tunnel were substantially disrupted for many weeks during the busy pre-Christmas period.

As a result of the incident the governments of the United Kingdom and the French republic have tasked the Chanel Tunnel Safety Authority to carry out an investigation.

The Safety Authorities inquiry report was published in May 1997 and listed 36 recommendations aimed at improving safety in the tunnel the majority of which have now been completed-

## SEQUENCE OF EVENTS

### 11.2.1. PRE-INCIDENT

TIME	EVENT
20.30	HGV vehicles enter terminal at Calais
21.20-21.40	29 HGV vehicles loaded onto freight shuttle after a delay caused by industrial action
21.42	HGV shuttle departs from the Calais terminal platform

The shuttle trains were in two rakes, the first containing 15 wagons, the rear containing 14 wagons. The configuration of the train was a locomotive, a club car (AMC) and loader wagon, followed by 15 shuttle wagons, two central loader wagons, a further 14 shuttle wagons, a loader wagon and a rear locomotive.

Each shuttle wagon carried one HGV vehicle and were numbered from front to rear of each rake (first wagon at front of each rake numbered No 1).



RAKE 1	NATIONALITY	TRAILER	GOODS
1	Brithish	40ft Refrigerated	Frozen Fish
2	Brithisb	Rigid Box	Boilers
3	Dutch	Road Train	Washing Machines
4	French	Refrigerated	Pizza
5	French	Tanker	Starch
6	French	Tanker	Flour
7	French	Tanker	Glucose
8	Engfish	Curtain Sided Trailer	Plastic Cups
9	English	Road Train	Plastic(empty)
10	English	Refrigerated Unit	Frozen bread
11	English	Road Train	Plastic(empty)
12	English	Road Train	Plastic(empty)
13	English	Curtain Sided Trailer	Car parts
14	English	Road Train	Plastic Pads
15	French	Rigid Body Trailer	Polystyrene



RAKE 2	NATIONALITY	TRAILER	GOODS
1	Irish	Curtain sided Traitor	M & S Canier Bags
2	French	Curtain Sided Trader	Reels of paper
3	English	Refligeration Unit	Plastic Meat Racks
4	Irish	Curtain Sided Trailer	Catalogues
5	French	Refrigerated Unit	Pineapples
6	French	Refrigerated Unit	Pincapples
7	French		Cornflakes
8	English	Refrigerated Unit	Frozen Pork Fat
9	English	Refrigerated Unit	Frozen Chips
10	English		Recis of paper
11	Dutch		Textiles
12	English		Machinery
13	British		Cheese
14	English		Titanium Soap

### 11.2.2. NOTIFICATION OF INCIDENT

At 21.48 hrs, six minutes after departure, a French security official notified the French Traffic Control Centre (TCC) that smoke was seen coming from a lorry on board the shuttle entering the tunnel. This information was passed quickly to the Rail Control Centre (RCC). Up to three other individuals on the french concession site reported seeing fire/flames coming from the shuttle before it entered the tunnel.

#### Witnesses reported the following :

"I saw flames on the carriage of an HGV train". "These flames were in an area roughly 2m wide by 2m high and came from beneath a lorry in the middle of the wagon.... " "I also saw a lostof smoke over the carriage. This smoke was higher than the Route Nationale road bridge ".



"The flames were bright red The fire was shaped like a bulb approximately 1m to 50 in diameter. It seemed to be growing The fire was centred on the floor of the carriage between the truck and the trailer ..."Smoke was abundant. It was higher than the road bridge".

Within minutes of entering the South Running Tunnel a number of alarms had been activated including Detection Stations and onboard systems, Communication between the driver and the Rail Control Centre resulted in the train coming to a halt at 21.58 at Cross Passage 4131.

## Fire Detection Systems

### In- Tunnel

Each running tunnel is protected by 33 equidistant Detector Stations (SD), at each SD there are three separate types of detection.

1, Ionisation/optical

2, CO2 sensor

3, Flame detector

The operation of single detection is regarded as "unconfirmed fire alarm". The operation of two (or more) detectors of different types produces a "confirmed fire alarm". (Operation of the Infra red/Ultra violet flame detector system gives only a confirmed alarm there is no un-confirmed status).

### Shuttle Fire Detection System

Each HGV shuttle train has a smoke detection system with detectors positioned on each loader wagon and on each locomotive. The system is relayed to the driver

The ionisation detectors responded quickly to the fire, the first responding approximately one minute after the shuttle entered the tunnel. However the first confirmed alarm was some ten minutes later due to the interpretation of the signals that was made at that time

### Sequence of events continued



At 21:59 hours there were reported to be six trains within Running Tunnel South, three ahead of the incident train towards the UK. On the French side of the incident train there were two other trains, the drivers of these freight trains were instructed to evacuate into the Service Tunnel.

At 22:01 hours the driver of the incident train reported that he could not distinguish his position due to the thickness of smoke outside his cab (this was 19 minutes after departure of the train from France). He also reported that smoke was entering the Club wagon causing difficulties for the passengers and crew.

At 22:22 hrs (two minutes after correct configuration of the supplementary ventilation system) the driver of the incident train reported being able to make out his position at Cross Passage 413 1. It was at this time the driver evacuated the Shuttle through Cross Passage door 4131, which had been opened by the RCC remotely,

### **Tunnel Ventilation Systems**

There are two ventilation systems installed in the Tunnel system, one called the Normal Ventilation System (NVS) which is used to pump air into the Service Tunnel creating a slight pressurisation

The second is called the Supplementary Ventilation System (supplementary ventilation system) which is used in an emergency to pump and exhaust air in the running tunnels and can be configured in either direction.

### **11.2.3. FIRST LINE OF RESPONSE (FLOR)**

The first indication, at 21:45, of this incident, was the actuation of the South Running Tunnel Fire Detection. and by 21:50 the FEMC operator had mobilised both Nations FLOR. This rapid deployment greatly assisted in the evacuation and first aid treatment of the passengers and crew.

Had this not been the case and had oxygen resuscitation/therapy equipment and trained personnel not been available the injuries sustained may have been more serious.

Once the evacuation of the ambulant passengers had taken place, 28 by Rescue Train and 6 by STTS. the UK FLOR Leader then took on the dual role of Fire and Rescue Commander and Eurotunnel Incident Officer, at the request of the French FLOR leader.

He eventually established contact with the RCC, via the FEMC, and confirmed catenary. He isolation, ventilation configuration and the position of other



trains in Running Tunnel South . He informed them that he was taking charge of fire-fighting and all instructions should come from him.

The LTK FLOR then set about committing a two man breathing apparatus crew to carry out a reconnaissance of the incident and locate the fire. They were committed with a fire hose and thermal image camera, remaining in contact via radio communications.

The team initially encountered heavy smoke logging which cleared probably due to the supplementary ventilation system being configured correctly, as they proceeded towards the fire. Shortly after the team passed cross passage 4163 damage to the tunnel fixed equipment became apparent and 100m past this cross passage a major fire was observed involving approximately 5 wagons. Radio communications were lost when the team were more than 450m from the entry cross passage.

During the above reconnaissance the UK FLOR Leader contacted the FEMC and requested the attendance of the SLOR (Second Line of Response) which he assumed were standing-by at the Emergency Centre-

A call was then received from the EMS Operator in the RCC that reporting that one person may still be unaccounted for. The exiting team searched the club car on their way out and confirmed it to be clear.

The UK FLOR were in the process of re-siting to cross passage 4163 when the French STTS 4 arrived and the French Underground Commander took control of the incident.

The problems encountered by the First Line of Response Teams can be summarised as follows:

*Communications with the RCC were extremely difficult.*

*Communications with BA teams were intermittent,*

*The supplementary ventilation system was not operating on arrival*

*Cross passage 4131 was reopened without their knowledge, probably by French Fire personnel.*

#### **11.2.4. SECOND LINE OF RESPONSE (SLOR)**

The Second Line of Response is made up of a number of levels each level is mobilised as required, with Level 1 being mobilised as soon as a call is received.



*KFB LEVEL 1 RESPONSE*

<i>7 Pumps (Fire Engines) Centre</i>	<i>1 Pump to (ICC)</i>	<i>Incident Co-ordination</i>
<i>Forward Control Unit with Officer Duty Principal Officer Commander or Deputyty Commamder Commander</i>	<i>6 Pumps to the Emergency Center To Terminal Rendezvous Point Fire &amp; Rescue Commander Underground FireandRescue</i>	
<i>1 Officer</i>	<i>Report to EC Fire and Rescue Sector Commander EC</i>	
<i>1 Officer</i>	<i>Communications Operator underground report to EC</i>	



---

*THE LEVEL 1 RESPONSE PROVIDES THE FOLLOWING CREWS*

---

*STTS 3 (Fire)**2 Officers, 10 Crew Members**STTS 4 (Fire)**1 Officer, 11 Crew Members*

The Kent Fire Brigade mobilised its level one response to a report of a fire on board a shuttle at 23-02, some 1 hour 15 minutos after the first fire detection operated. This delay, although not endangering life, resulted in greater uncontrolled fire development and damage,

### **11.3. THE INCIDENT CO-ORDINATION CENTER**

The ICC, and its French equivalent, is the focal point for the Emergency Services, and Eurotunnels, responds to Channel Tunnel incidents and will be staffed by the ERO's as appropriate for any particular incident.

The Fire and Rescue Commander operates from the ICC, which is linked directly to the French ICC, and is situated in the same building as the rail and traffic control centres.

#### **11.3.1. SECOND LINE OF RESPONSE - UNDERGROUND**

The speed with which SLOR departed the Emergency Centre has to be commended, 17 minutes after the initial call all personnel and equipment had been assembled and loaded and the first SLOR STTS vehicle entered the service tunnel. STTS 4 followed shortly after. It was also possible to send an informative to Brigade Control indicating that at least 4 carriages were well alight and 1 person was missing. This immediately alerted all brigade personnel to the seriousness of the situation.

On arrival at the scene (cross passage 4163) at 2345 the UK Underground Commander made immediate contact with the UK FLOR Commander and was briefed. He then made contact with the French SLOR Commander and together they made a reconnaissance of the incident tunnel towards France from cross passage 4163. At this stage there was a severe fire situation over a distance of some 350m engulfing the rear half of the shuttle,



Due to the need to deal with the injured passengers only one fire hose had been got to work, by the French fire services from Cross Passage 4163.

Recognising the Lead Nation authority of the French Commander, the UK Commander agreed a strategy to tackle the fire. It was decided that as the French services were already committed to the middle cross passage door and working from the middle of the shuttle towards the rear, the UK services would enter via Cross Passage 4201 at the rear of the shuttle and work towards their French colleagues and towards France.

It was also confirmed that the supplementary ventilation system ventilation was working and blowing from the LTK to France. This meant that the French services would have the ventilation working for them but the UK services would have the ventilation blowing onto them!

The UK Commander then checked that all lines of communication were in place between himself and his French colleague, the other UK services, the STTS communication vehicle and the Incident Co-ordination Centre (ICC). Entry was then made via Cross Passage 4201.

With cross passage 4201 door open it was confirmed that at least 10 HGV vehicles were on fire plus one locomotive and that severe damage had been and was being done to the tunnel infrastructure.

The bubble affect caused by the ventilation systems allowed a working access around the cross passage door even though a severe fire was adjacent to it. Due to the extreme temperatures and congested access alongside the shuttle, fire-fighting was limited to two crews at a time.

This was compounded by the additional hazard of exploding and falling concrete from the tunnel lining.

Two Sector Commanders were nominated, one for the crew working towards France and one of the crew working towards their French colleagues. This command structure worked extremely well.

The logistics in the service tunnel were initially supervised by a member of the FLOR, then subsequently by an SLOR Officer.

The conditions in the incident tunnel were extremely difficult and arduous. Breathing apparatus crews were initially made up of 4 personnel but due to dwindling resources this had to be cut to 3 and ultimately 2 personnel per team. Even with crews only working a maximum of 15 minutes all available BA personnel wearing breathing apparatus on more than one occasion.



Relatively quickly it was realised by the UK Commander that additional personnel equipment (BA) and refreshments, especially fluids, would be urgently required. The French had similar problems but not so acute due to their position at cross passage 4163 and much cooler working conditions.

Following a request to the ICC for additional resources Kent Fire Brigade Levels 2 and 3 responses mobilised to the underground scene by additional STTS vehicles and a Rescue Train in the other running tunnel.

At 0419 the Rescue Train with 6 pumps on board arrived at cross passage 4240. It was necessary to close one cross passage door on the RTS side so a door to RTN could be opened and the train unloaded, French crews withdrew from cross passage 4163 to enable this to happen.

During the incident approximately 100 BA sets and 200 cylinders were used by the UK with the French using slightly less. The marshalling of this necessitated the following areas to be set up-

- Rest and Recuperation.
- Servicing.
- Standby Area
- Immediate Deployment Area.
- Emergency Crew Area.
- Breathing Apparatus Entry Point.
- Withdrawal Area,
- Feeding and Welfare Underground.

One other problem that was experienced by personnel entered the Incident Tunnel was that large quantities of fibre glass particles had been released, from various sources, into the atmosphere, This caused severe discomfort for crews and led to the need for cleaning of all uniform used To remove the fibres from the skin a cold-hot-cold shower was required.

The Problems encountered by the Second Line of Response can be summarised as follows:



- There was a substantial delay in alerting the Kent Fire Brigade.
  - Initial communications via the concession radio were not possible.
  - The Communications STTS was not permitted to set up immediately and due to this communications -with the ICC were hampered.
  - With the weight of the Kent fire Brigade response committed and available the French Commander had concerns about primacy.
- The positioning of some STTS vehicles caused problems.
- The fire main initially failed to provide the quantity of water required and it took some time to reconfigure the supply routes.
- The refreshments initially available were insufficient.
- A number of leaks on the fire main were apparent It is believed that these may have been caused by the heat within the Running Tunnel.
  - Personnel were required to wear breathing apparatus twice in extremely arduous conditions.
- Difficulties were experienced in transporting additional personnel to the incident scene.

### 11.3.2. INCIDENT CO-ORDINATION CENTRE

The actions by all personnel at the ICC have to be commended. It was rapidly set up and all involved were fully conversant with their duties and roles. It was extremely fortuitous that 3 principal Officers and many Channel Tunnel skilled personnel were available and attended. The extensive training and exercises and undertaken ensured effective tactical co-ordination.

In accordance with the Kent Fire Brigade Emergency Plan, Officers and an appliance from Dover were unmediately mobilised to crew the ICC. Within 21 minutes of the call being received communications with brigade control were established.

The first Principal Officer to arrive took charge of the incident. His first action was to establish system status under ground, however, when he spoke to the EMS operator no telmetry details from the incident scene were available Due to the



obvious scale of the incident a further 6 pumps were mobilised to the Rendezvous Point for onward dispatch to a rescue train which was being prepared, also 'follow me' cars were dispatched to guide pumps from the Rendezvous Point to the rescue train at Platform B8

His next priority was to convene the first cabinet meeting. This took place at approximately 24.00 hrs and the following priorities were established.

1. Establishing an accurate situation report.
2. Confirming fire condition of tunnel systems.
3. Confirming fire-fighting tactics .
4. Agreeing priorities and objectives.
5. Establishing transportation to re-supply and reinforce the Underground fire and Rescue Commander.

A Eurotunnel On-Call Co-ordinator and EMS operator were immediately available within the ICC. They provided vital information to Fire brigade personnel and performed effective liaison with the RCC and other Eurotunnel departments.

Prior to setting up of the STTS CC, communications with the Underground Fire and Rescue Commander were extremely difficult. The communications outside of the 1 tunnel system worked extremely well with effective transfer of information between all activity cells.

It was clear from reports received from the Underground Fire and Rescue Commander that additional, personnel, equipment and refreshments were urgently required, due to this the Rescue train was loaded with 4 pumps and 2 Ambulances. It was hoped that communications with the French ICC would be established soon so that permission to commit the train would be forthcoming. As a precaution all available Service tunnel Transport vehicles were made available and set to the Emergency Centre.

The EMS and telemetry systems that were available were showing the following information.

- NVS was set at UK 3, France 3.
- SVS UK 7, France 7.
- Catenary isolated RTS portal to portal.



The fire detection system which was for some reason unaffected by the telemetry failure, was indicating CO VHT (very high threshold) over 100 ppm, RTS PK 4131 to PK -5689 and RTN PK 4352 to PK 5464.

As no reply from the French ICC had been received by 12.22 hrs and there was uncertainty whether the power supply to the incident scene could be guaranteed, the Rescue train was unloaded and all appliances and refreshment supplies were moved to the Emergency Centre for onward transport to the incident via Service Tunnel Transport. To ensure that a Rescue Train would be available if required, a further 6 pumps were requested to stand-by at the Rendezvous RV point.

The permission for the Rescue train to enter the tunnels was received at the UK ICC at 0147 hrs. Immediately loading took place. It was, however, uncertain whether the train would reach the incident as the catenary 'tripped out' on a number of occasions due to the amount of smoke and moisture in RTN. On each occasion the catenary 'tripped out', it could be reenergised to mid point and then small sections could be energised until the required point. This process worked and clearance for the train to depart was given by the RCC.

The total number of Fire Service personnel working within the ICC at the height of the incident were 7 Officers and 9 Fire-fighters.

The problems encountered by the ICC team can be summarised as follows:

- It was 2 hours before communications with the Poste de Commandement Opérationnel (via the red telephone) could be established.
- The vast majority of telemetry at the incident scene failed.
- Permission to commit the Rescue train was not immediately forthcoming
- The location of dangerous goods was not immediately available
- Ventilation action procedures were not fully known by RCC personnel with varying and conflicting information on the number of doors that could be opened at any one time being given.
- There was conflicting information throughout the incident as to the number of casualties involved

### 11.3.3. BI-NAT FIN



The fire was eventually put out at 06:31 hrs the following day with UK service personnel remaining until 13.00 hrs when it was then left with the French services and a 'Bi-Nat Fin' was received at the UK ICC. The French services remained in attendance for some 24 hours after Bi-Nat Fin.

By the end of the deployment a total of 35 appliances and 26 Officers had attended the incident, with a further 15 stand-by moves taking place. The comprehensive contingency planning, constant training undertaken and the numerous false alarms attended at the Channel Tunnel ensured that Brigade Control personnel carried out their duties with the utmost professionalism. Not only did they deal with the actual incident information, they also managed and coordinated a number of other key areas.

Throughout the incident reference was made to the relevant Emergency Plans, these being:

- Bi-National Plan
- Kent Fire Brigade Emergency Plan
- The Channel Road Transport Emergency Plan
- Kent Fire Brigade Major Emergency Plan



## 11.4. DAMAGED CAUSED

"The pattern of fire damage observed, the extent of smoke deposition and experience of similar tunnel fires suggest that this fire was generally well ventilated, temperatures may well have reached 1000°C, and heat output from the fire may have been around 500MW",

·10 HGV lorries were severely damaged, with 5 more also severely damaged..

·The HGV shuttle and locomotive were al so severely damaged.

·Damage over 2km of the tunnel was damaged, including extreme damage to the lining..

All systems installen in the damaged tunnel had to be replaced including:

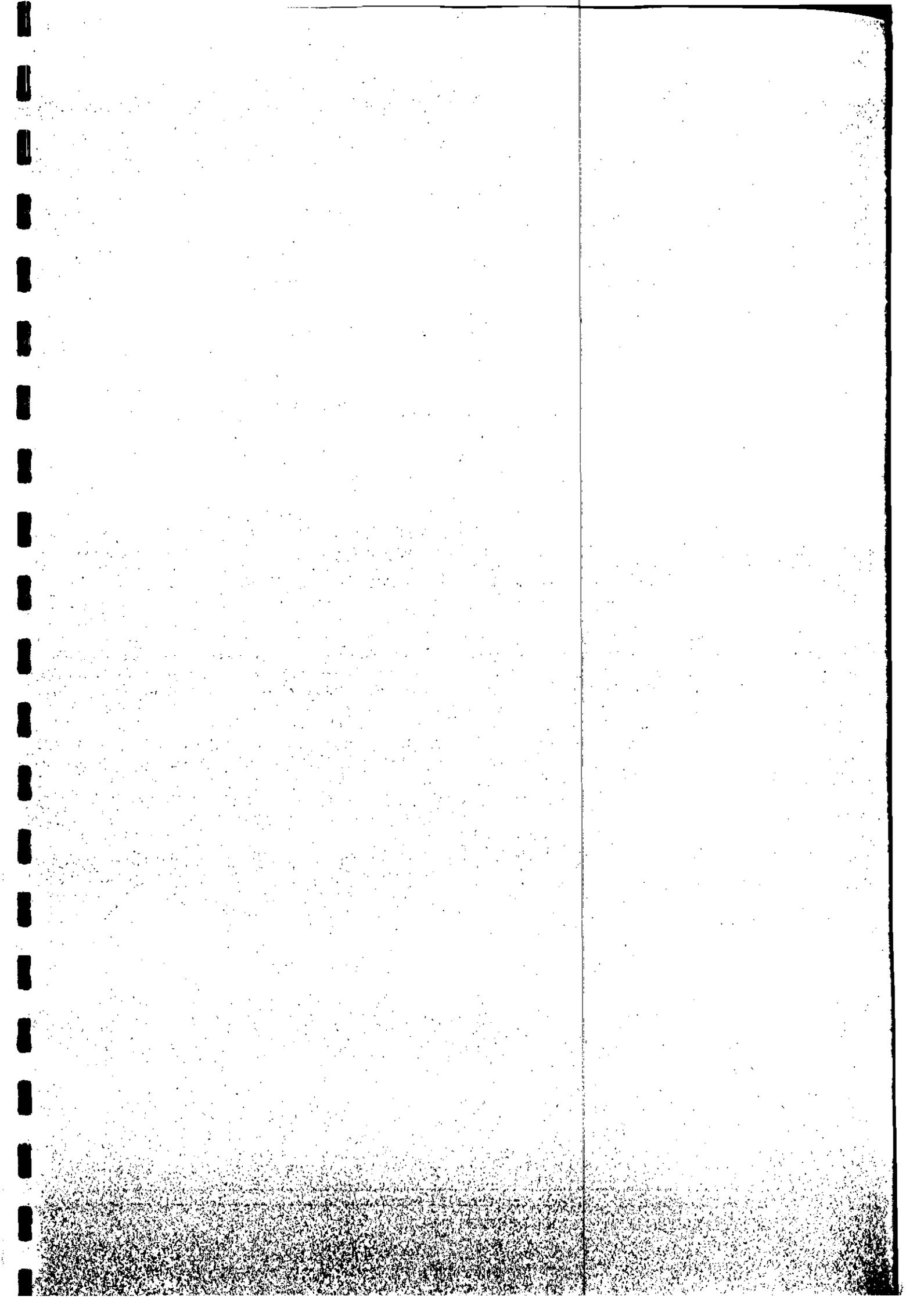
The Rail Track, The Catenary, All Cables, Cross Passage Doors, Piston

Relief Ducts, All Pipework, a fire detection station and all detectors.



**EL INCENDIO EN EL TÚNEL  
DEL MONT BLANC**

CHRISTIAN COMTE





PROBLEMATICAS DE LA INTERVENCION EN UN TUNEL MUY LARGO..... 3

    La protección respiratoria..... 3

    El uso de los vehículos de emergencia en un túnel. .... 3

    El estrés térmico ..... 5

    Las cámaras térmicas..... 8

VIAS DE INVESTIGACION PARA MEJORAR LA SEGURIDAD EN LOS  
TUNELES LARGOS ..... 8

    El problema de los ensayos actuales ..... 8

    Problema del humo ..... 8

    La evacuación se hace en tres etapas :..... 8

    La extinción tiene que empezar en cuanto se detecta el incendio :..... 9

    La extracción de humo ..... 10

    Medidas constructivas..... 10

    Conclusión ..... 10





## PROBLEMAS DE LA INTERVENCIÓN EN UN TUNEL MUY LARGO

### LA PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Dificultades :

- Intervención de larga duración
- Recorridos de largas distancias
- Necesidad de un equipo ligero
- Absoluta necesidad de una total libertad de movimiento

Solución :

De momento sigue siendo la de los aparatos respiratorios de circuito cerrado, a pesar de los inconvenientes que se les conoce.

Los bomberos que han intervenido en el salvamento de sus colegas, los tuvieron que llevar durante... ¡3 horas y media!

Ningún aparato de circuito abierto hubiese permitido hacerlo

### EL USO DE LOS VEHÍCULOS DE EMERGENCIA EN UN TÚNEL.

Dificultades :

- Humos calientes
- Visibilidad altamente reducida, incluso nula



- Recorrer largas distancias (el regreso andando es difícil cuando no imposible)

- Calor intenso

Medios a disposición de los bomberos :

Se trata esencialmente de :

- Vehículos que funcionan a gasolina

- Vehículos diésel

En un túnel, sobre todo entre las bocanadas de humo caliente, sólo se tienen que usar vehículos diésel porque :

- Punto-chispa del gasóleo es de +40°C (la gasolina : -40°C)

- L.I.E. (límite inferior de explosividad) del gasóleo : 0,6% (gasolina, 1,4%)

- Motor diésel : auto-encendido (no lleva bujías ni platinos ni carburador)

Factores cuyo conocimiento es esencial a medida de la progresión de un vehículo en un túnel :

- La opacidad del humo (información muy útil para el puesto de mando para conocer la evolución de la evacuación del humo)

- Temperatura aproximada dentro del vehículo (45°C dentro corresponden a más o menos 70°C al exterior)

- Si el motor da la menor señal de ahogarse, el regreso se impone sin aplazarlo.

La experiencia ha demostrado que los motores diésel eran capaces de funcionar con porcentajes de oxígeno muy bajos (en torno a un 5%)



## EL ESTRÉS TÉRMICO

Mecanismo :

- El calor ambiente empapa las protecciones individuales
- Estas protecciones se llenan de calorías
- Las despiden en cuanto han alcanzado el grado de máxima saturación
- Entonces es cuando el que lleva estas protecciones recibe brutalmente esa energía que ya nada puede detener
- El miedo le va ganando
- Tiene que controlarse **a toda costa** para evitar el pánico que le llevará a quitarse la careta

Prevención del estrés térmico

No hay soluciones milagrosas sino :

- Limitar el tiempo de intervención
- No exponerse demasiado tiempo a ambientes superiores a 60°C
- Desarrollar nuevos materiales reflectores de calor para nuestros equipos individuales.

Detectar la subida del estrés térmico

Durante su progresión, el individuo va a notar una serie de señales :

- Impresión de peso creciente de la chaqueta
- Impresión de que la chaqueta se va pegando cada vez más al cuerpo
- Impresión de estar tomando una ducha vestido



La fase 1 (acumulación) está en marcha

Detectar la subida del estrés térmico (sigue)

La fase una puede durar unos minutos

Pueden, o no, agregarse otros signos tal como cansancio general, flojedad en las piernas...

Conviene entonces planear el repliegue

Contener el estrés térmico

La fase 2 (devolución de energía) va a empezar cuando el equipo se pega definitivamente al cuerpo y será instantánea.

Es cuando empieza el estrés térmico con el miedo que le acompaña.

Contener el estrés térmico (sigue)

- Como cuando uno empieza a perder el aliento en submarinismo,

- Sólo es eficaz el auto-convencimiento :

- Hay que razonarse y decirse que se va a salir del apuro, que uno puede aguantar, que el material es fiable, que no está uno solo, que sería una tontería acabar así...

- De esta forma, el ritmo cardíaco pasará en unos segundos de 160 / 180 pulsaciones a 110 / 120

- Volver hacia la salida o, en un túnel largo, refugiarse en una zona protegida.

### **Empleo de los ventiladores de alto rendimiento en un túnel**

Se pueden usar en los siguientes casos :

- Incendios en los aparcamientos o los garages subterráneos

- Incendios de naves industriales



- Incendios de túneles

Los modelos corrientes tienen un rendimiento situado entre 85 000 y 150 000 m<sup>3</sup>/hora de aire

Pueden usarse como atomizadores añadiendo de 1 a 21 litros de agua / segundo con un alcance de hasta 30 metros.

**Empleo de dichos ventiladores (sigue)**

- Para poder enfriar un sector en su conjunto, con un consumo de agua razonable, hay que usar los modelos sobre remolque y camión en tandem, con el remolque delante y el tractor detrás

- Atomizar en el mismo sentido del tiro natural del aire

- Ayudarse con la ventilación fija del túnel

- Tener mucho cuidado con el riesgo de reactivación del fuego detrás del dispositivo (tener siempre preparadas dos mangas de caudal variable)

**Elegir los ventiladores sobre remolque :**

- Son los únicos en poder acceder a ciertos sitios (aparcamientos subterráneos...)

- Se puede manejar el remolque a mano, sin usar el tractor, en caso de espacios angostos o vehículos accidentados

- ruedas bastante grandes en caso de escombros diversos

- Es mejor trabajar con dos máquinas más pequeñas que una sola de mayor tamaño

Todas estas razones llevan a elegir remolques de un peso total, fuera de carga, que no supere los 1200 a 1500 kilos



## LAS CÁMARAS TÉRMICAS

En el caso de la intervención en el túnel del Monte Blanco, han resultado inoperantes, limitándose a dos tipos de información :

- Pantalla negra  $\Rightarrow$  demasiado humo para que funcionaran los infrarrojos
- Pantalla blanca (hasta deslumbrante)  $\Rightarrow$  el calor intenso e uniforme satura inmediatamente los sensores

## VIAS DE INVESTIGACION PARA MEJORAR LA SEGURIDAD EN LOS TUNELES LARGOS

### El problema de los ensayos actuales

- simulaciones a escala demasiado reducida
- infravaloración de los efectos y riesgos de un incendio importante en un lugar confinado

### Problema del humo

Alcanza una velocidad altísima :

- Hasta 2m/s (7,2 km/h) a nivel del suelo
  - Hasta 12m/s (43,2 km/h) a 2,10m del suelo
- 2m/s > paso humano (6 km/h)  
12 m/s = 2 veces la velocidad de un maratoniano

Consecuencia :

Frente a este fenómeno y para limitar daños humanos, necesidad absoluta de actuar inmediatamente sobre 3 parámetros a la vez :

- La evacuación
- El ataque precoz contra el incendio
- La extracción máxima de humos

Teniendo en cuenta los comportamientos humanos previsibles

La evacuación se hace en tres etapas :

- Cada persona se pone de forma autónoma al seguro en un refugio o una esclusa de aire



- Auto-evacuación desde el refugio o la esclusa por un conducto de emergencia, fase con asistencia eventual por sonorización del lugar y cámaras de vigilancia

- Evacuación eventualmente acompañada y/o motorizada por el conducto de emergencia hasta la salida

Limitar a toda costa la distancia a recorrer en el túnel (300 m máximo)

**La extinción tiene que empezar en cuanto se detecta el incendio :**

- Mediante una canalización fija de extinción situada en la parte alta del túnel

- Esta canalización no tiene que llevar agua permanentemente (problemas de peso, de helada...)

- Está dividida en tramos de 50 metros más o menos

- La toma de agua se hace sobre la canalización principal de incendio que está enterrada

- El envío del agua a los tramos superiores se hace por válvulas telemandadas

Este dispositivo es para :

- Limitar la extensión del incendio y por consiguiente la producción de humo

- Permitir a los usuarios que alcancen un refugio en un plazo razonable

- Permitir el acceso de los socorros al lugar

No hay que :

- Poner el dispositivo en marcha en la totalidad del túnel, sino sólo en el(los) tramo(s) necesario(s)

- usarlo automáticamente porque hay transportes de materias incompatibles con el agua.



## La extracción de humo

Hay que **extraer** un máximo de humo (soplando aire lo menos posible) mediante instalaciones **de tamaño adecuado**

### **Medidas para el funcionamiento cotidiano del túnel**

- Escolta **sistemática** de los transportes de materias peligrosas (sobre todo aquellas incompatibles con el agua, para evitar reacciones equivocadas y precipitadas de la sala de control como la de soltar agua sin preguntarse si es compatible con el cargamento)

Generalizar la continuidad de antena de radio en los túneles y el sistema R.D.S. en los autorradios para facilitar la información de los usuarios con prioridad sobre todos los demás programas (quedando por resolver el problema de los que han apagado la radio o los que no la tienen.

### **Medidas constructivas**

- Protección de las instalaciones técnicas sensibles (antena radio, circuitos de telemando, etc...) en un conducto que no sea el mismo túnel...

- Este conducto también lleva su propio riesgo de incendio así que que tiene que ser cómodo de acceso para los socorros

- Refuerzo de la señalización y del alumbrado en cuanto estalla una alarma para facilitar la circulación de los usuarios así como de los socorros

## CONCLUSIÓN

En el caso de un incendio de fuerte cinética en un túnel, tal como fue el del Monte Blanco el 24 de marzo de 1999, la regla podría expresarse sintéticamente de la forma siguiente :

- Un ataque inicial inmediato mediante las instalaciones del túnel (concepto de temporización)

- La máxima extracción de los humos

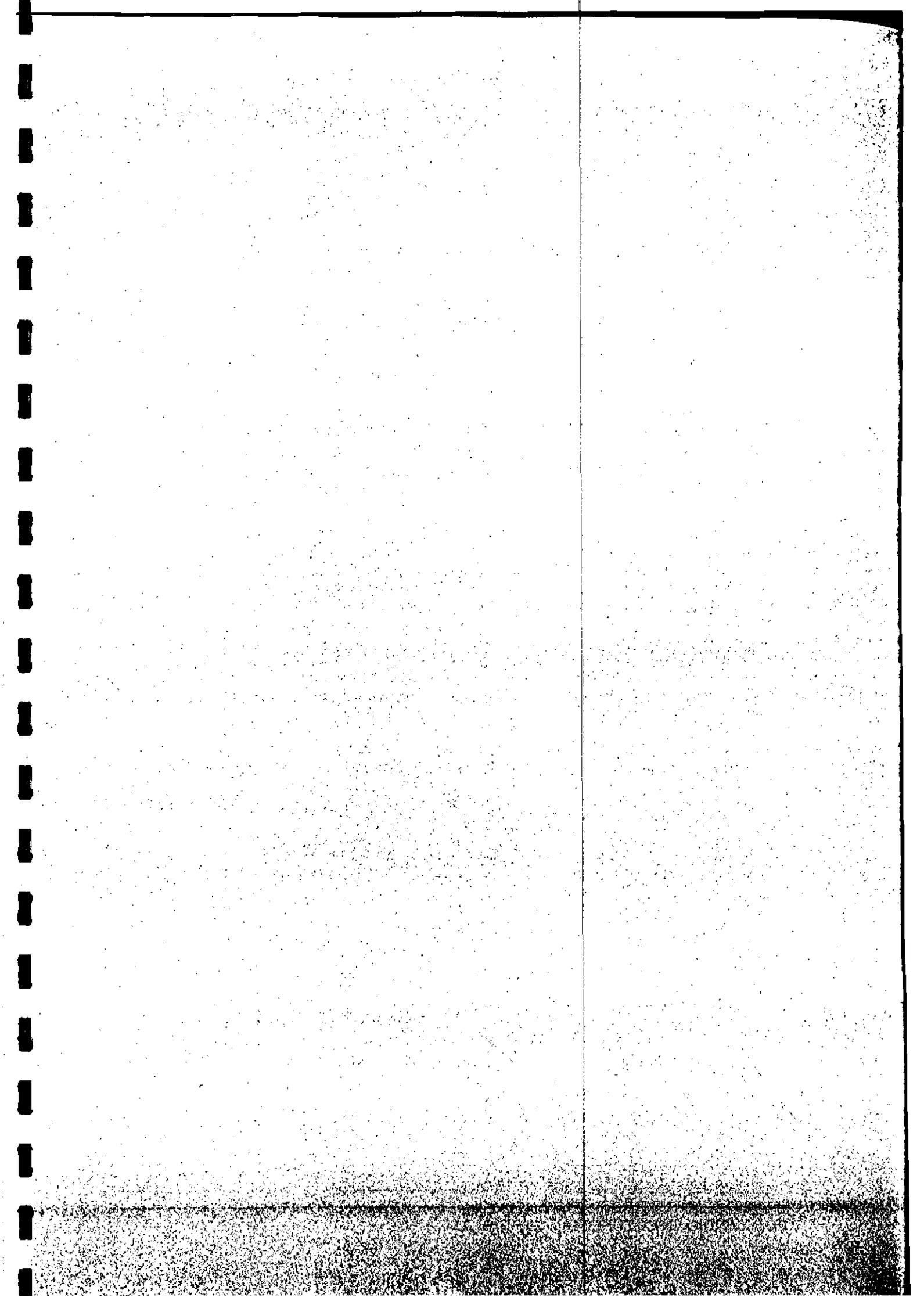
- Un empeño masivo de los medios por las dos bocas del túnel, para asegurar la evacuación de todos los usuarios



# EL INCENDIO EN EL TUNEL DEL MONT BLANC

ELIO MARLIER

OFICIAL DE BRIGADA PARA LA  
VIGILANCIA DEL FUEGO DEL VALLE DE  
AOSTA





<b>13.1. INTRODUCCION .....</b>	<b>3</b>
<b>13.2. CRONIQUE DES FAITS .....</b>	<b>3</b>
13.2.1. MERCREDI 24 MARS .....	3
13.2.2. JEUDI 25 MARS .....	5
13.2.3. VENDREDI 26 MARS .....	5
13.2.4. SAMEDI 27 MARS .....	6
<b>13.3. CONSIDÉRATION DÉRIVANT DE L'EXPÉRIENCE VÉCUE.....</b>	<b>6</b>
13.3.1. PERSONNEL ET ÉQUIPEMENT PROVENANT DES AUTRE CENTRES DE SECOURS.....	6
13.3.2. AUTORESPIRATEURS .....	6
13.3.3. COMMUNICATIONS RADIO .....	7
13.3.4. APPROCHE DE L'INCENDIE .....	7
13.3.5. APPAREILLAGE POUR LE REFROIDISSEMENT .....	8
13.3.6. COORDINATION DE L'INTERVENTION.....	8
13.3.7. RAPPORTS AVEC LES ORGANES D'INFORMATION .....	8





Réflexions sur l'intervention du 24.03.1999 dans le tunnel du Mont Blanc exposées par le Chef d'Equipe, Elio MARLIER, aux JOURNEES TECHNIQUES SUR LA SECURITE' DANS LES TUNNELS, des 23 et 24 septembre 1999 à Madrid, où il participe en qualité de représentant des Sapeurs-Pompiers Italiens.

## 13.1. INTRODUCTION

Depuis deux ans, il était en cours un travail commun avec les collègues français pour arriver à la définition et à la réalisation de l'accord particulier pour le Tunnel du Mont Blanc, prévu à l'article 16 de la convention sur la "coopération entre la République italienne et la République française dans le cadre de la prévision et de la prévention des risques majeurs et de l'assistance réciproque en cas de catastrophe naturelle ou due à l'intervention humaine" faite à Paris le 16 septembre 1992 et ratifiée en Italie par la loi 578/94.

Je suis un des membres du groupe de travail institué pour améliorer les secours dans le Tunnel du Mont Blanc, en fonction de la convention sous-dite, et je me suis occupé en particulier de la réalisation de fiches qui décrivent (dans les deux langues) les caractéristiques et les dénominations des équipements de secours en dotation aux pompiers des deux parties, de la réalisation d'une vidéocassette didactique relative aux caractéristiques de la galerie et je suis un des instructeurs qui a guidé le personnel, en petits groupes, en visites hebdomadaires au tunnel jusqu'au 22 mars de l'année en cours.

C'est pourquoi, lorsqu'est arrivé, au poste central d'Aoste, la communication téléphonique informant de l'éclatement d'un incendie dans le Tunnel du Mont Blanc, bien que je n'étais pas de service ce jour-là, j'en ai été immédiatement informé, car je connaissais très bien la structure en cause.

## 13.2. CRONIQUE DES FAITS

### 13.2.1. MERCREDI 24 MARS

L'information initiale parvenue à la salle opérationnelle du siège central d'Aoste s'est que un camion semi-remorque, provenant de la France en direction de l'Italie, s'est arrêté à environ 5 Km de la sortie italienne et qu'il fumait.

Je me rend aussitôt à la caserne et je me dirige au Tunnel du Mont Blanc, me mettant durant la durée du voyage en relation radio avec le Chef d'Equipe déjà intervenu qui m'informe avoir réussi à approcher de l'incendie à environ 300 mètres, mais qu'il a dû reculer en raison de la visibilité nulle et de la haute température, à



environ 900 mètres de l'incendie, où il a pris position dans un refuge pour une possible intervention prochaine.

Arrivé sur la plate-forme italienne, j'ai demandé l'intervention du Commandant, vu la difficulté de la situation, et en attendant, comme le poste de commandement du TMB nous avisait qu'un de leur motocyclistes et un usager se trouvaient bloqués dans un refuge non précisé, je me mettais en contact avec le Chef d'Equipe resté en galerie et on a décidé de faire effectuer une reconnaissance par deux personnes dotées d'appareil respiratoire à cycle fermé.

Le Chef d'Equipe pré-cité et un pompier effectuèrent donc la reconnaissance, avançant à tâtons le long de la paroi dans des conditions de visibilité nulle, progressant ainsi pour environ 600 mètres, jusqu'à ce qu'il ne fut plus humainement possible de continuer à cause de la température trop élevée.

La recherche exécutée malheureusement sans résultat, ils revinrent au refuge où ils s'arrêtèrent avec le reste de l'équipe qui les avait attendus et constatèrent que, la fumée ayant cependant commencé à sortir également par l'entrée italienne, il n'était plus possible de sortir de la galerie avec les véhicules et ils se trouvaient tous bloqués.

Nous évaluâmes alors, avec le Commandant arrivé entre-temps, la meilleure possibilité de faire sortir l'équipe du tunnel, et, au vu de la température élevée et la faible visibilité, il fut décidé d'utiliser une gaine de ventilation qui, mise en pression, aurait permis la sortie sans risque.

Etant donné que les volets qui relient cette dernière avec la galerie principale étaient fermés à clef et devaient être ouverts de l'intérieur, je pourvoyai, avec un pompier, de la parcourir, afin d'arriver en direction du refuge où nous pûmes ouvrir la porte de l'intérieur, permettant à l'équipe d'entrer dans la gaine de ventilation et de se porter vers la plateforme extérieure.

Successivement, avec le pompier qui m'accompagnait, nous continuâmes toujours dans la gaine de ventilation, en direction de l'incendie jusqu'à ce que la paroi devienne brûlante et que, de l'intérieur, le bruit de fortes explosions nous parvenait stoppant notre progression et nous obligeant à faire demi-tour.

Après notre sortie, nous ne pouvions plus, momentanément opérer à cause du manque absolu de visibilité et du tentatif en cours d'activer, avec la ventilation mécanique, la sortie des fumées vers l'Italie pour faciliter l'intervention des pompiers français.

Tard dans la soirée, la sortie des fumées côté italien ayant cessé, nous réussîmes à entrer de nouveau dans le tunnel pour récupérer les véhicules de secours.



### 13.2.2. JEUDI 25 MARS

Durant les premières heures de jeudi, alors que les fumées sortaient du côté français, nous réussîmes à avancer dans le tunnel et à éteindre les huit camions situés vers la sortie italienne qui avaient pris feu successivement à cause de la haute température, et à arriver vers le camion à l'origine de l'incendie, lequel était complètement détruit.

Plus tard, dans la matinée, nous sortîmes de la galerie avec toutes les équipes afin de permettre de tenter une ultérieure inversion des fumées vers l'Italie de manière à faciliter l'entrée des pompiers. Vers 14 heures, la situation du tirage des fumées étant inchangée, nous nous mîmes d'accord sur l'opportunité de faire venir, en Italie, les équipes des pompiers français et d'opérer, conjointement, à l'entrée italienne. Il s'agissait, en attendant, de dégager une voie des décombres afin de pouvoir avancer les moyens de secours et, dans l'impossibilité de faire entrer une entreprise spécialisée, nous trouvâmes des pompiers capables d'utiliser un bulldozer mis à notre disposition par la direction italienne TMB et nous pouvions alors commencer à libérer la voie en continuant de refroidir. Vers 19 heures, effectuant une reconnaissance, nous trouvâmes à l'intérieur d'un refuge les corps du motocycliste de la TMB et de l'utilisateur qui était avec lui. Nous commençâmes alors à comprendre que les victimes seraient nombreuses.

Dans la nuit, nous poursuivîmes le travail de dégagement de la voie, permettant l'avancement des véhicules de secours jusqu'à ce que nous fûmes contraints d'interrompre ce travail à cause, d'une part, de la température trop élevée et, d'autre part, de la présence, sur cette voie, d'une voiture avec des victimes à bord.

### 13.2.3. VENDREDI 26 MARS

A 3 heures environ, la colonne mobile des pompiers française est arrivée. Après une réunion dans la salle des opérations pour faire le point de la situation, nous effectuons conjointement une reconnaissance durant laquelle nous parvenons au point auquel les Français avaient réussi à se rendre en partant de leur entrée.

Vers 5 heures on organise des équipes mixtes, formées de personnels italien, français et suisse et positionnent 2 ventilateurs brumiseurs pour faire tomber la température et continuer l'extinction des foyers résiduels sur les véhicules.

En accord et sous la responsabilité des Inspecteurs de Police française, nous avons, en outre, pourvu au déplacement de la voiture avec des victimes à



bord, placée en travers de la voie, pour permettre le nettoyage de celle-ci avec les bulldozers.

#### **13.2.4. SAMEDI 27 MARS**

Dans la journée de samedi, les travaux de refroidissement et de préparation d'une piste de passage se poursuivent, afin que, vers 21 heures, la colonne mobile franco-suisse puisse rentrer sur la plate-forme française en utilisant la galerie et les opérations suivantes sont coordonnées du côté français.

### **13.3. CONSIDERATION DERIVANT DE L'EXPERIENCE VECUE**

A la lumière de l'expérience vécue, j'expose les considérations suivantes qui sont en référence au cas spécifique, mais qui peuvent être tenues en considération aussi pour d'autres incendies de tunnel.

#### **13.3.1. PERSONNEL ET EQUIPEMENT PROVENANT DES AUTRE CENTRES DE SECOURS**

Puisque les pompiers du Comandement de la Vallée d'Aoste connaissaient bien le tunnel, le Comandant n'a pas jugé devoir demander le renfort des autres casernes, mais a utilisé la possibilité de faire appel au personnel qui est intervenu même n'étant pas de garde.

L'opportunité de ce choix a été confirmée par la complète absence d'accident parmi le personnel d'intervention.

De plus, le recours aux équipements des autres casernes aussi a été réduit au minimum car, au siège du Comandement de la Vallée d'Aoste, il existe un effient laboratoire, avec du personnel réparti dans tous les tours de garde qui a été en mesure de recharger les bouteilles au fur et à mesure qu'elles se vidaient et de pouvoir rapidement au nettoyage des appareils.

Il existait, en outre, la disponibilité de quatre autorespirateurs à longue autonomie, DRAGER BG4, à cycle fermé et pour l'usage desquels le personnel était bien entraîné.

#### **13.3.2. AUTORESPIRATEURS**

Dans la phase initiale d'inspection et de recherche d'éventuels survivants, la disponibilité d'autorespirateurs à cycle fermé de type moderne s'avère



parcours inconnus permettant aussi de revenir en arrière (même s'ils ont l'inconvénient de ne pouvoir servir aux personnes éventuellement trouvées).

Le nombre minimum d'autorespirateurs à cycle fermé nécessaires pour une intervention importante ne devrait pas être, à mon avis, inférieure à dix car, les dits appareils, ne peuvent, pour raison d'hygiène, passer d'un utilisateur à l'autre sans subir une opération de stérilisation (difficile durant l'incendie) et demandent en plus un entraînement constant.

Le chiffre de dix découle de la prévision de deux appareils destinés aux exercices (qui peuvent, éventuellement, être en phase de tarrage), quatre appareils à disposition de la première équipe d'intervention et quatre à la disposition de la seconde, car (ne pouvant opérer le change des opérateurs avec le même appareil) il est nécessaire de disposer d'au moins deux équipes qui s'alternent consantant des tours de repos indispensables dans le cadre d'environ trois heures d'autonomie.

Les autorespirateurs à cycle ouvert peuvent être utilisés utilement dans la phase suivante, quand le front d'intervention est stabilisé et que l'échange du personnel a été organisé étant donné que leur autonomie coïncide avec le temps de travail en milieu hostile.

### 13.3.3. COMMUNICATIONS RADIO

Un élément critique dans les interventions en tunnel est constitué par les communications, desquels dépendent, tant le bon déroulement des opérations que le salut même des opérateurs (comme cela a été dans le cas spécifique, grâce au câble rayonnant avec un canal dédié aux pompiers présent dans le Tunnel du Mont Blanc).

Il serait opportun de prendre des initiatives afin que cette dotation soit prévue de routine dans les galeries d'une certaine longueur, même si le coût de l'installation d'un canal ultérieur n'est pas considérable en regard du coût global de l'ouvrage, les Sociétés d'exploitation affirment souvent d'avoir des difficultés à justifier des dépenses non prévues par les réglementations en vigueur.

Je réfère le fait que, dans le cas de l'incendie du 24 mars, outre l'utilisation du canal présent dans le câble rayonnant qui a fonctionné en continuité (sauf dans la partie détruite par l'incendie) a été utilisé, aussi, avec efficacité, dans les phases successives, un *trasponder* qui répétait sur le-dit canal les communications de la zone la plus endommagée, effectuées au travers des radios portatives à 400 Mhz.

### 13.3.4. APPROCHE DE L'INCENDIE

Pour s'approcher le plus près possible de l'incendie, dans la phase initiale quand celui-ci est encore, généralement, contrôlable, il serait nécessaire de pouvoir



Pour s'approcher le plus près possible de l'incendie, dans la phase initiale quand celui-ci est encore, généralement, contrôlable, il serait nécessaire de pouvoir disposer d'appareils qui permettraient l'avancement des véhicules dans un environnement envahi par la fumée.

L'expérience a démontré (dans le cas spécifique et précisément au moment de la première tentative de récupération des véhicules des pompiers laissés en galerie) que, dans les conditions où était possible la mise en marche des véhicules, leur conduite n'était pas possible (le chauffeur a déclaré se trouver tantôt contre les trottoirs de droite ou de gauche sans avoir aucun élément d'orientation).

Dans le Tunnel du Mont Blanc, a été expérimenté (dans la soirée du 25 mars) un système de *thermo-caméra* qui s'est démontré très intéressant parce qu'il permettait la visibilité dans les conditions les plus variées (brouillard, fumée, derrière plusieurs obstacles, etc.) et la mesure de la température, même à des distances notables.

Le système, cependant, outre son cout (environ 150 milios de liras) nécessite des mises au point spécifiques et il serait nécessaire d'étudier (chose non possible au moment de l'essai) la possibilité de l'usage d'une configuration simplifiée destinée à la seule conduite des véhicules.

### 13.3.5. APPAREILLAGE POUR LE REFROIDISSEMENT

Dans les opérations de refroidissement, ont été utilisés les ventilateurs brumiseurs français et suisses, montés sur chariots qui sont généralement employés pour les incendies dans les galeries ou dans les parkings souterrains ou intégrés à bord des camions citernes qui sont, entre autre, utilisés dans les incendies de forêts.

### 13.3.6. COORDINATION DE L'INTERVENTION

Dans ce cas spécifique, l'incendie et la mort des victimes ont eu lieu sur le territoire français (cependant dans la moitié de la galerie sous gestion italienne), mais l'intervention est partie de l'entrée italienne, que ce soit pour ce qui concerne le personnel italien ou, successivement pour ce qui regarde celui français.

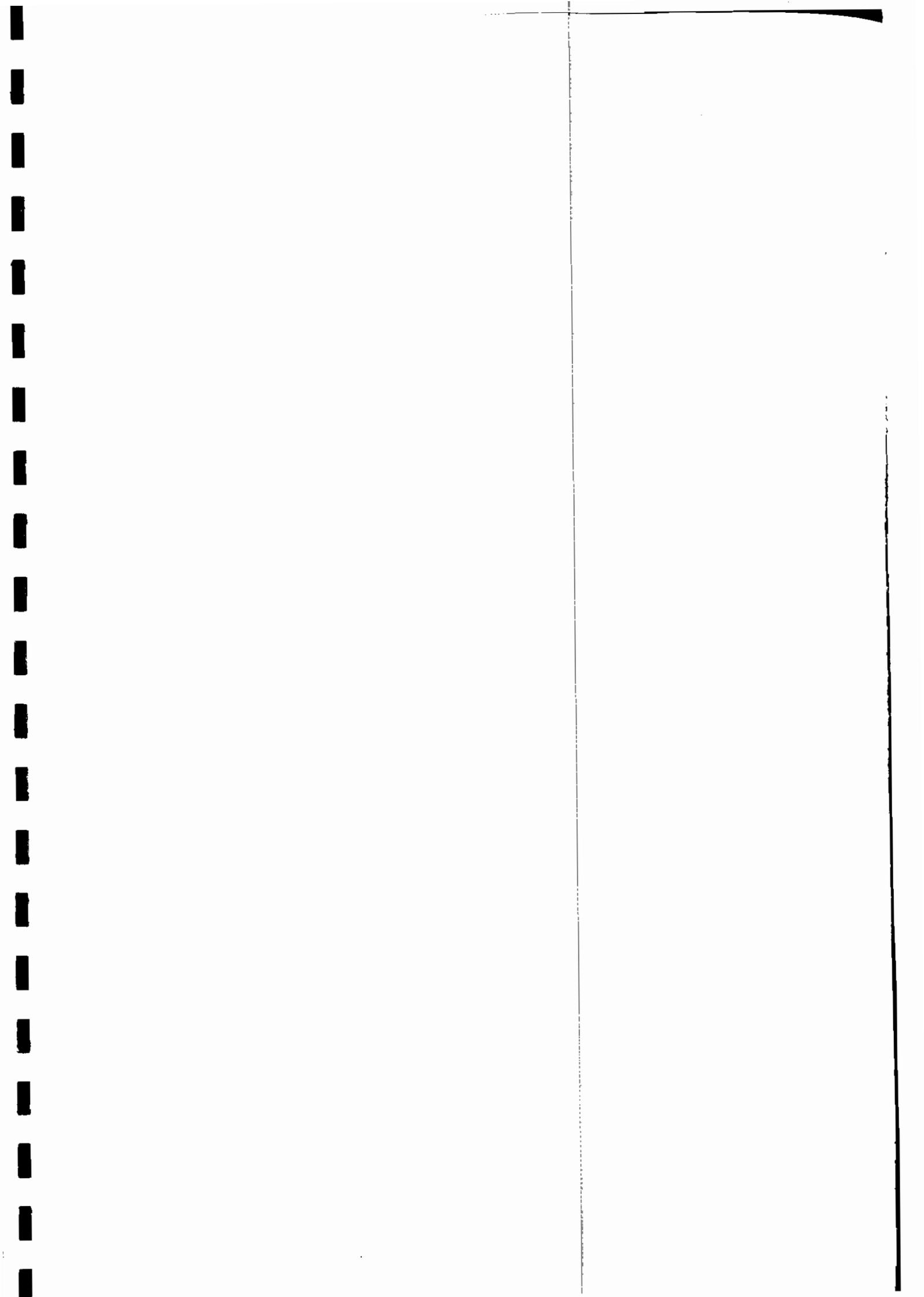
A cet égard, on doit souligner le fait que la coordination n'était pas facile, car les secouristes des deux parties étaient, au moins dans la phase initiale, complètement séparés, soit par l'intérieur du tunnel à cause de l'incendie, soit à l'extérieur par le massif du Mont Blanc.

La collaboration internationale mise en oeuvre pour la circonstance s'est déroulée malgré tout sans problèmes et a été satisfaisante.



### 13.3.7. RAPPORTS AVEC LES ORGANES D'INFORMATION

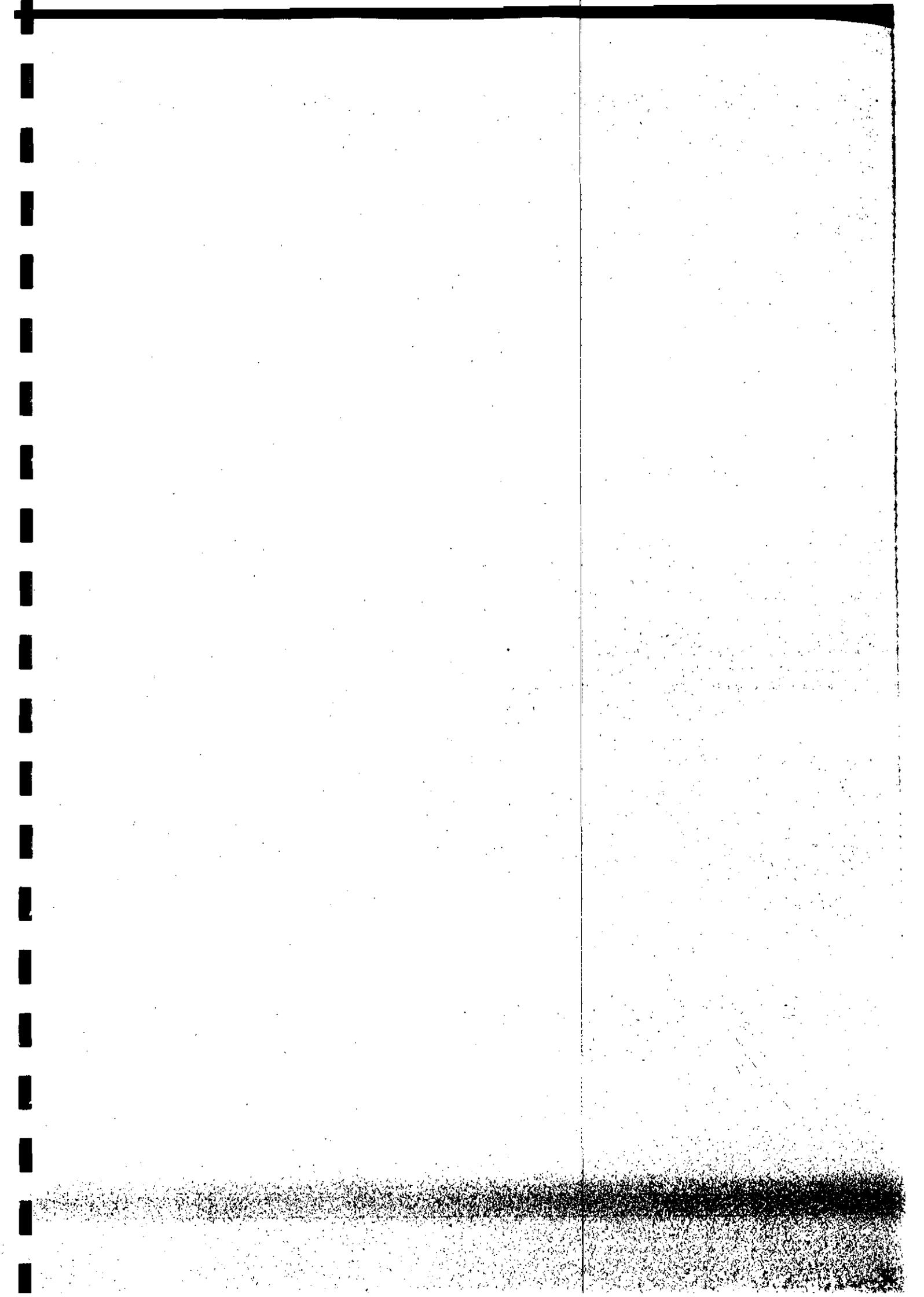
Je signale, en outre, les difficultés avec lesquelles nous sommes contraints d'opérer en ce qui concerne les organes d'information qui ne peuvent être complètement évités mais qui ont tendance à considérer comme déclarations toutes les nouvelles soutirées (ou qu'ils ont cru comprendre) même au travers de conversations qui ne leur sont pas adressées.





**THE FIRE DISASTER IN THE  
TAUERNTUNNEL**

CRISTOPH WEGSCHEIDER





INDICE

**14.1. THE TAUERNTUNNEL..... 1**

14.1.2. THE DAY OF THE FIRE DISASTER ..... 1

14.1.2. THE SITUATION AT THE SOUTH ENTRANCE ..... 2

14.1.3. THE SITUATION AT THE NORTH ENTRANCE ..... 2

14.1.4. SURVEY ..... 3

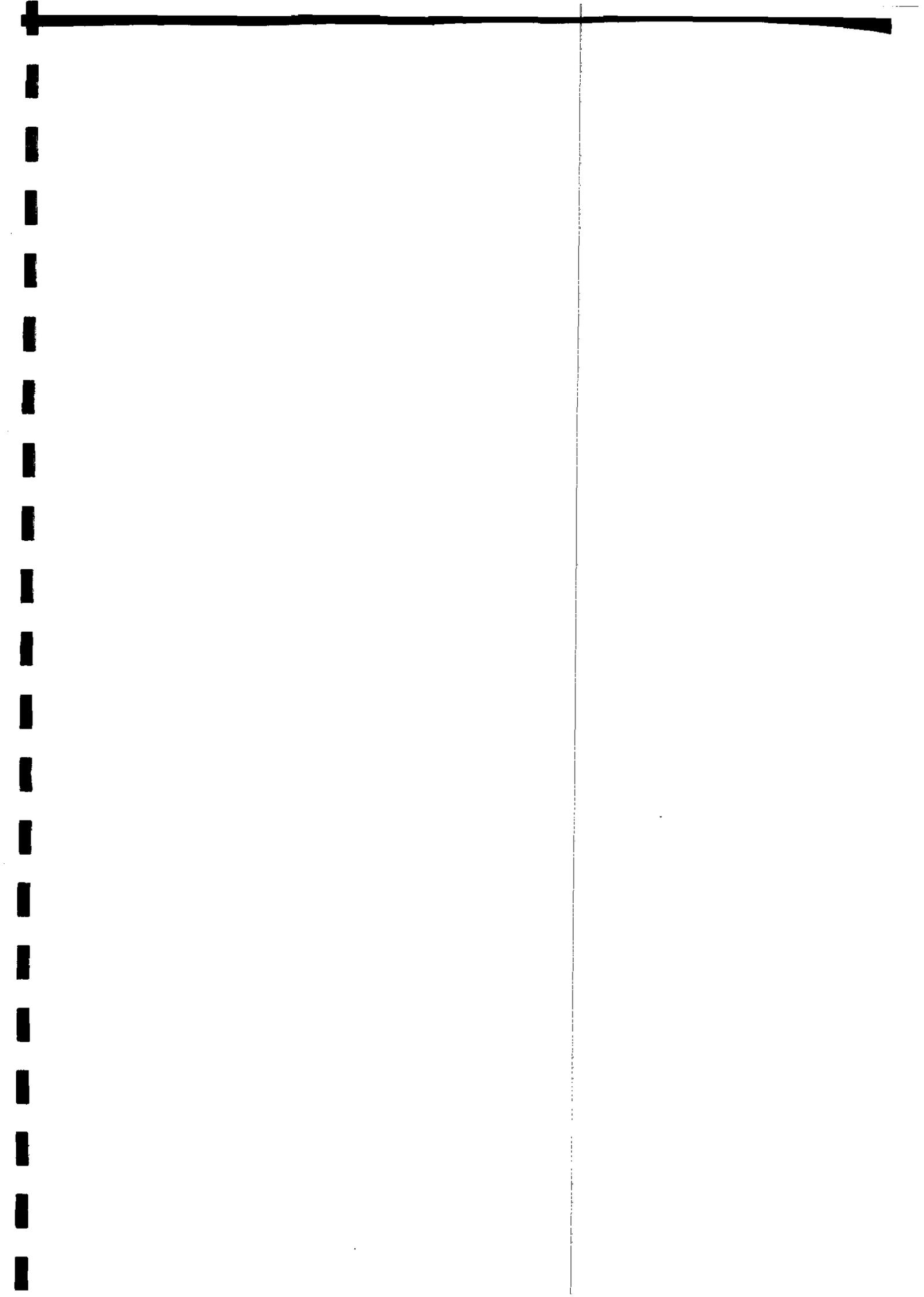
    14.1.4.1. *Number of people deployed from May 29<sup>th</sup> to May 30<sup>th</sup>, 1999* ..... 3

    14.1.4.2. *Total number of people deployed from May 29<sup>th</sup> to June 4<sup>th</sup>, 1999* ..... 3

    14.1.4.3. *Total value of deployed engines and equipement* ..... 3

    14.1.4.4. *Total damage* ..... 3

    14.1.4.5. *Police* ..... 4





## 14.1. THE TAUERNTUNNEL

In the past few years Austria's tunnels have occasionally been hit by fires. In 1994 a coach caught fire in the Felbertauerntunnel; in 1996 a truck-trailer went up in flames in the Herzogbergtunnel. In 1989 a fire broke out after road works in the Brennertunnel and in 1995 there were three casualties in the Pfändertunnel when the vehicles involved in an accident caught fire.

May 29<sup>th</sup>, 1999 saw the worst fire that has ever hit a tunnel in Austria. Due to an accident and the following fire disaster twelve people lost their lives in the Tauerntunnel.

The Tauernautobahn and the Brennerautobahn are doubtlessly the most important links between the North and the South in the European traffic network. The Tauernautobahn (A 10) is used by more than 14 000 vehicles every day.

On their way north or south the vehicles have to pass the Tauerntunnel, which is 6 034 m long and was opened in 1975. One lane of the tunnel is for the northbound, the other one for the southbound traffic. The two lanes are separated by double lines.

In 1998 5,534 080 vehicles, of which 1,039 513 were heavy duty trucks, went through the tunnel.

The 2 fire brigades that are responsible for the tunnel can reach the entrances in 10 and 15 minutes respectively.

The tunnel is equipped with an automatic fire alarm, tunnel radio, GSM, an emergency power generator and a ventilation system.

In the course of construction work in the tunnel about 750 m from the north entrance one of the two lanes had to be closed. Traffic lights had been installed to redirect the traffic.

### 14.1.2. THE DAY OF THE FIRE DISASTER

On the morning of May 29<sup>th</sup>, 1999 several vehicles on the northbound lane to Salzburg - among them a truck with diverse freight - were waiting for the traffic lights to turn green. Another truck going into the same direction crashed into the queue with full force so that several vehicles got thrust into one another. After the collision leaking petrol caught fire. At that point of time other vehicles were still entering the tunnel.



The people involved in the accident reacted in different ways: some tried to put out the flames with fire extinguishers, others panicked and tried to escape the fire. They attempted to leave the tunnel by turning their vehicles around to go the other direction. Some left their cars and ran. Others thought they could survive by staying in their cars. Some even tried to unhitch the trailer of an animal transporter in order to push it backwards out of the tunnel.

At 4.50 the automatic fire alarm went off at the tunnel observation point in St. Michael. All traffic lights at the entrances turned red automatically and the smoke ventilation system was activated and the fresh air system switched off. At 4.55 the sirens started wailing at the fire stations of the responsible fire brigades.

#### 14.1.2. THE SITUATION AT THE SOUTH ENTRANCE

At 5.12 the fire brigade reached the south entrance but after about 3.7 km the firemen were stopped by a thick wall of smoke. Knowing the tunnel inside out the firemen went on approaching the site of the accident, although they could not see a thing. They were able to rescue 3 people who had found shelter near an emergency telephone.

From the south entrance the fire-fighting operations went on between 06.15 and 08.30. At 08.30 the fire-fighting operations had to be called off as the heat and the smoke had become unbearable. Additionally, the tunnel had already been severely damaged by the fire. Big parts of the concrete ceiling of the tunnel had become loose and so collapsed. It would have been too dangerous for the firemen to continue their work. By 09.24 all firemen had left the tunnel.

#### 14.1.3. THE SITUATION AT THE NORTH ENTRANCE

At the north entrance it was first impossible to enter the tunnel as due to the natural and artificial ventilation conditions thick smoke came out of the tunnel. The level of smoke was so high that the fire-fighters had to retreat from the tunnel entrance to a motorway service area; later they even moved back for several more kilometers.

After the fire-fighting operations from the south entrance had been called off it was decided to turn the ventilation direction from north to south. This plan was successfully carried out and at about 12.00 the fire brigade was able to approach the north entrance a second time.

On first investigation it turned out that the walls and the lower ceiling of the tunnel had suffered severe damage. Parts of the ceiling had already caved in there, too. The firemen succeeded in getting as near as 150 m from the site of the accident but fire-fighting operations were impossible in this situation. After the tunnel ceiling had been checked and shored up the fire brigade started a first attempt at putting



out the flames at 16.30. The extreme heat and the smoke, however, caused them to retreat.

At 19.00 they tried a second time but again had to give up for the same reasons. Only the third attempt was successful and shortly before 22.00 the firemen had eventually extinguished the flames.

The car wrecks and the road surface was covered with concrete rubble up to 50 cm.

In the following days the fire brigades supported the police and the forensic doctors in their investigation.

#### **14.1.4. SURVEY**

##### **14.1.4.1. Number of people deployed from May 29<sup>th</sup> to May 30<sup>th</sup>, 1999**

39 fire brigades

457 firemen

77 fire engines

4 155 hours

##### **14.1.4.2. Total number of people deployed from May 29<sup>th</sup> to June 4<sup>th</sup>, 1999**

535 firemen

4 802 hours

##### **14.1.4.3. Total value of deployed engines and equipment**

more than 1 million ATS

##### **15.1.4.4. Total damage**

12 casualties

49 injured



14 trucks burned out

26 cars burned out

Fire damage in the tunnel: 80 - 85 million ATS

Red Cross

21 emergency doctors

154 ambulance men/women

1 psychologist

5 leading group

36 vehicles, 8 trailers

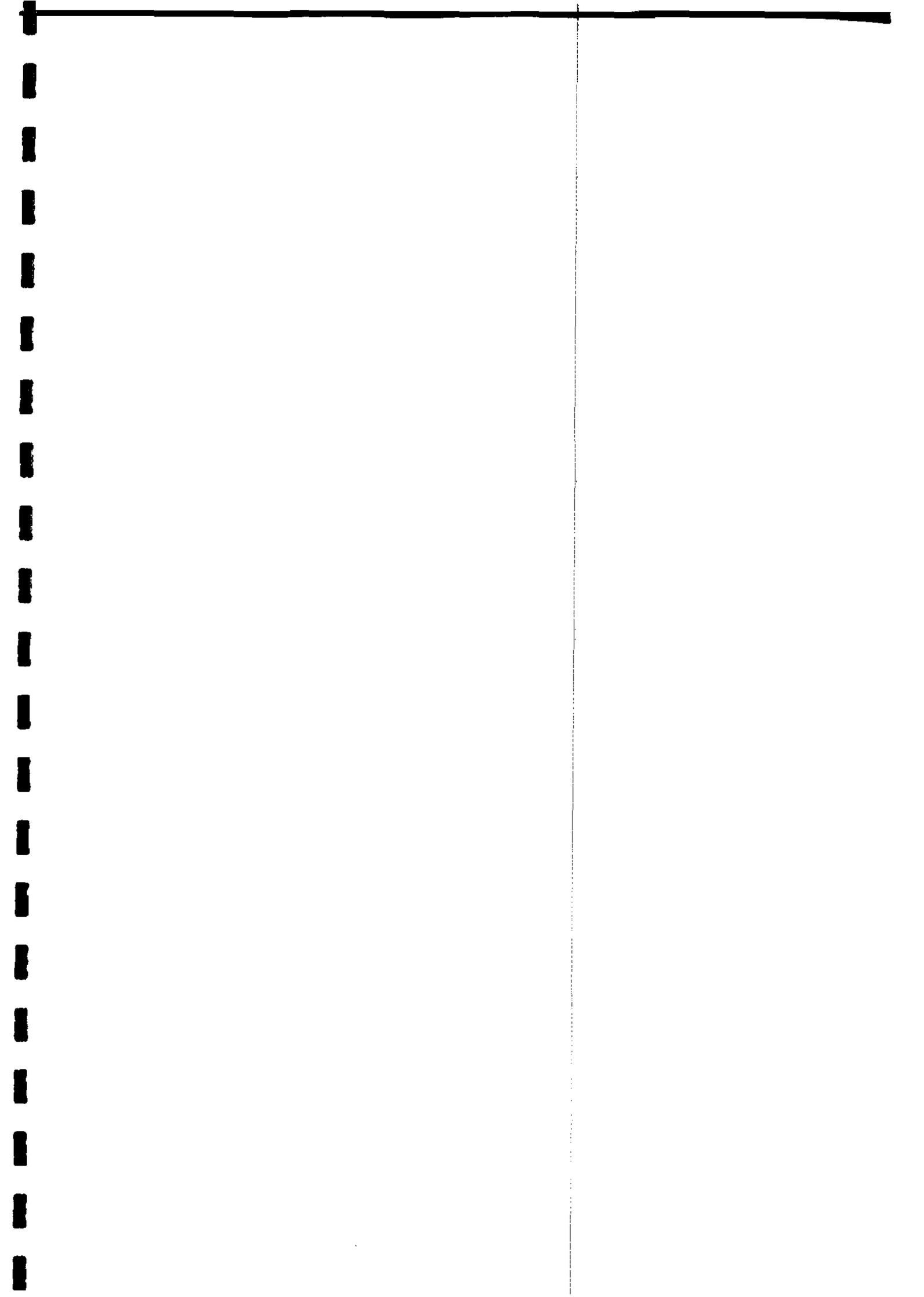
#### **14.1.4.5. Police**

121 policemen

55 vehicles



**ANEXO**  
**ORDEN 19 DE NOVIEMBRE DE**  
**1998**





Orden de 19 noviembre 1998 por la que se aprueba la instrucción para el proyecto, construcción y explotación de obras subterráneas para el transporte terrestre (IOS-98).....	3
Artículo único.....	4
Disposición transitoria única.....	4
Disposición derogatoria única.....	4
Disposición final única.....	4
I.1 Objeto.....	6
I.2 Requisitos esenciales y ámbito de aplicación.....	6
I.3 Clasificación de las obras subterráneas.....	7
II.1 El titular de la obra subterránea.....	8
II.2 Obligaciones del titular.....	8
II.3 Situaciones de emergencia.....	9
II.4 De la aprobación de los proyectos e inspección de las obras subterráneas.....	9
III.1 Condiciones generales de seguridad y estabilidad.....	10
III.2 Trazado.....	11
III.3 Estudios geológicos y geotécnicos.....	12
III.4 Sección transversal.....	15
III.5 Métodos constructivos.....	15
III.6 Sostenimiento y revestimiento.....	16
III.7 Auscultación y reconocimientos durante la construcción.....	17
III.8 Instalaciones definitivas.....	18
III.9 Escombreras.....	19
III.10 Prevención de riesgos laborales.....	19
III.11 Impacto medioambiental.....	20
III.12 Documentos del proyecto.....	20
IV.1 Del terreno y los materiales de construcción.....	22
IV.2 Memoria de construcción.....	22
IV.3 Instalaciones para la construcción.....	22
IV.4 Instrumentación.....	23
IV.5 Maquinaria.....	23
IV.6 Explosivos.....	23
IV.7 Proceso constructivo.....	24
IV.8 Prevención de riesgos laborales.....	28
V.1 Consideraciones generales.....	30
V.2 Túneles de carretera.....	30
V.3 Túneles ferroviarios.....	37





## **ORDEN DE 19 NOVIEMBRE 1998 POR LA QUE SE APRUEBA LA INSTRUCCIÓN PARA EL PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE OBRAS SUBTERRÁNEAS PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE (IOS-98)**

Las obras subterráneas que constituyen o forman parte de proyectos de infraestructuras del transporte terrestre (carreteras y ferrocarriles), son construcciones que precisan atención específica por parte de los poderes públicos, debido a su especial incidencia en la seguridad de las personas y los bienes, tanto en su fase de ejecución como en la de explotación.

Pero existen también otros factores de diversa índole funcional que afectan a estas obras subterráneas y que condicionan los criterios que inspiran su realización.

Por ello dichas obras han de proyectarse, construirse y explotarse de manera que, sin olvidarse de los criterios de economicidad, se cumplan los requisitos esenciales que les afectan directamente: Resistencia mecánica y estabilidad; seguridad en caso de incendio o vertido de materiales tóxicos o inflamables, y seguridad de utilización.

En consecuencia, resulta necesario establecer criterios básicos de carácter obligatorio que den respuesta a tales exigencias.

La Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de obras subterráneas para el transporte terrestre (IOS-98), que se aprueba por esta Orden, se configura como la reglamentación técnica específica que establece los mencionados criterios básicos.

En la tramitación de esta disposición han sido consultadas las corporaciones profesionales directamente afectadas y el Consejo de Consumidores y Usuarios dándose así cumplimiento a lo establecido en el artículo 24 de la Ley 50/1997, de 27 de noviembre, del Gobierno, y en el artículo 22 de la Ley 26/1984, de 19 de julio, General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios, respectivamente.

En su virtud, al amparo de la Ley de Obras Públicas, de 13 de abril de 1877; la Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras, y su Reglamento General, aprobado por el Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, así como la Ley 13/1995, de 18 de mayo, de Contratos de las Administraciones Públicas, dispongo:



## **ARTÍCULO ÚNICO.**

Se aprueba la instrucción para el proyecto, construcción y explotación de obras subterráneas para el transporte terrestre (ios-98), que figura como anexo a esta orden.

## **DISPOSICIÓN TRANSITORIA ÚNICA.**

A los proyectos ya aprobados o para los que hubiese sido emitida orden de estudio antes de la entrada en vigor de esta Orden, únicamente les serán de aplicación las prescripciones de la IOS-98 relativas a las atribuciones para las aprobaciones técnicas y administrativas e inspecciones que hayan de realizarse.

## **DISPOSICIÓN DEROGATORIA ÚNICA.**

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo dispuesto en esta Orden.

## **DISPOSICIÓN FINAL ÚNICA.**

Esta Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».  
Madrid, 19 de noviembre de 1998.  
ARIAS-SALGADO MONTALVO

Excmo. Sr. Secretario de Estado de Infraestructuras y Transportes.



## **ANEXO**

# **INSTRUCCIÓN PARA EL PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE OBRAS SUBTERRÁNEAS PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE (IOS 98)**



# TÍTULO I

## CONSIDERACIONES GENERALES

### I.1 OBJETO

La presente Instrucción tiene por objeto establecer criterios básicos para el proyecto, construcción y explotación que deben observarse en las obras subterráneas que constituyan proyectos de infraestructuras del transporte (de carreteras o ferroviarias), o formen parte de los mismos.

### I.2 REQUISITOS ESENCIALES Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las obras subterráneas objeto de esta Instrucción deberán cumplir, al menos, los siguientes requisitos esenciales:

- a) Resistencia mecánica y estabilidad.
- b) Seguridad en caso de incendio o de vertido de materiales tóxicos o inflamables.
- c) Seguridad de utilización.

La presente Instrucción establece criterios básicos para el cumplimiento de los requisitos anteriormente citados.

Su ámbito de aplicación abarca a las obras subterráneas que se clasifican en el apartado I.3 y que, constituyendo un proyecto independiente o formando parte de otro principal de infraestructuras para el transporte terrestre, sean promovidas, directamente o en régimen de concesión, por la Administración General del Estado, sus organismos autónomos y entidades vinculadas o dependientes de aquélla.

El Proyectista y la Dirección facultativa de las obras podrán, en el ejercicio de sus atribuciones profesionales, adoptar decisiones diferentes a las establecidas en esta Instrucción, siempre que justifiquen expresamente, en el proyecto o en documentos de órdenes de las obras, respectivamente, que dichas decisiones no suponen una disminución de los niveles de seguridad y funcionamiento que proporciona la IOS-98.



### I.3 CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS

A los efectos de esta Instrucción, las obras subterráneas se clasifican:

a) Según su función:

Carreteras (a las que se asimilan las vías urbanas).

Ferrovias.

b) Según su geometría:

Lineales (túneles, galerías o pozos).

Cavernas.

c) Según tipo de terreno:

Roca, con uso de explosivos.

Roca, con maquinaria.

Suelos.

d) Según el método de construcción:

Con excavación manual.

Con excavación convencional (voladuras y máquinas excavadoras).

Con máquinas integrales (rozadoras y máquinas con cabeza en sección completa).

Falsos túneles.



## TÍTULO II

### OBLIGACIONES FUNCIONALES

#### II.1 EL TITULAR DE LA OBRA SUBTERRÁNEA

A los efectos de esta Instrucción, se considerará titular de la obra subterránea, tanto si ésta tiene entidad individual como si forma parte de otra obra principal:

Al órgano de la Administración Pública contratante, en el caso de una obra pública de promoción directa, cualesquiera que sea el sistema de adjudicación.

Al concesionario, en el caso de una obra pública promovida en régimen de concesión.

Al organismo autónomo o ente público, según sea promovida la obra por uno u otro de ellos.

#### II.2 OBLIGACIONES DEL TITULAR

El titular deberá disponer de un proyecto completo de la obra subterránea con anterioridad al inicio de la fase de construcción, tanto si dicha obra subterránea forma parte de otra obra principal como si tiene entidad independiente. Deberá ser autor del proyecto un profesional, al menos, con la titulación necesaria para ello, de acuerdo con la legislación vigente.

Dicho proyecto requerirá la aprobación técnico-administrativa, que deberá realizar, con carácter exclusivo, el órgano de la Administración Pública contratante, concedente o de adscripción, según se trate, respectivamente, de obras de promoción directa, en régimen de concesión o promovidas por un organismo autónomo o ente público.

El titular nombrará al Director facultativo de las obras para encargarse de la dirección de los trabajos durante la construcción y cuya titulación le capacite para el ejercicio de tal actividad. En el caso de concesiones administrativas tal nombramiento deberá ser refrendado por la Administración Pública concedente.

El contratista, antes del inicio de los trabajos, deberá presentar una Memoria de construcción con especificación de los contenidos previstos en el apartado IV.2, para aprobación por la Dirección facultativa de las obras.

El titular nombrará un Director de explotación con la titulación necesaria para ello, de acuerdo con la legislación vigente, que será responsable del correcto



funcionamiento y uso de la obra subterránea, desde su puesta en servicio. En el caso de concesiones administrativas tal nombramiento deberá ser refrendado por la Administración Pública concedente.

### **II.3 SITUACIONES DE EMERGENCIA**

En situaciones de emergencia, la Dirección facultativa de las obras o la de explotación, según corresponda por la fase en que se encuentre la obra, coordinará las actuaciones necesarias conjuntas con las autoridades sanitarias, laborales y de protección civil, de acuerdo con la legislación vigente.

### **II.4 De la aprobación de los proyectos e inspección de las obras subterráneas**

La aprobación técnico-administrativa de los proyectos de las obras subterráneas, así como la inspección técnica de la ejecución de las mismas, corresponde:

Al órgano de la Administración Pública contratante, en el caso de una obra pública de promoción directa, cualesquiera que sea el sistema de adjudicación.

Al órgano de la Administración Pública concedente, en el caso de una obra pública promovida en régimen de concesión.

Al órgano de la Administración Pública considerado como de adscripción de un organismo autónomo o ente público, en el caso de obras promovidas por estos últimos.

La inspección en materia de seguridad y salud laboral, durante la realización de las obras, se regirá por lo establecido en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.



## TÍTULO III

# CRITERIOS BÁSICOS EN LA FASE DE PROYECTO

### III.1 CONDICIONES GENERALES DE SEGURIDAD Y ESTABILIDAD

**III.1.1 Generalidades.**- El proyecto incluirá la justificación de la estabilidad y suficiente seguridad de todas y cada una de las zonas de la obra: Accesos, instalaciones de obra, emboquilles y tramos subterráneos. Con tal fin contendrá las soluciones adecuadas para dar cumplimiento a las diferentes exigencias indicadas en los apartados III.2 a III.6, ambos inclusive.

Se proyectarán también las instalaciones definitivas (a las que se refiere el apartado III.8), y las escombreras que fueren precisas para recibir los materiales sobrantes de la excavación (conforme indica el apartado III.9).

Asimismo, se establecerán los requisitos de seguridad y salud, relativos a las fases de proyecto, construcción y explotación, y se atenderán los aspectos medioambientales sobre los que pueda influir la obra subterránea (de acuerdo con los apartados III.10 y III.11).

**III.1.2 Acciones a considerar.**- Para conseguir la seguridad y estabilidad de todas y cada una de las zonas de la obra se efectuará un estudio específico, amplio y detallado, y se tendrán en cuenta, al menos, las siguientes acciones:

- a) La gravedad.
- b) Las tensiones naturales existentes en el terreno.
- c) El agua en alguno de los siguientes aspectos:  
Niveles freáticos estáticos.

Corrientes de agua naturales o inducidas por la existencia, construcción o explotación de la obra.

Lluvias.

- d) El efecto sísmico en los tramos subterráneos de aquellas obras cuya destrucción puede interrumpir un servicio imprescindible, o aumentar los daños del terremoto, y situadas en zonas en las que, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-94), pueda preverse la incidencia de una «aceleración sísmica básica» probable mayor de  $150 \text{ cm/s}^2$ .



En los tramos de acceso a la obra subterránea se tendrá en cuenta la acción del terremoto, de acuerdo con la «peligrosidad sísmica» definida e indicada en la citada Norma.

Asimismo, en el caso de túneles paralelos, se deberá analizar la incidencia de las vibraciones (causadas por voladuras, etcétera), inducidas sobre cada uno durante la construcción del otro.

## III.2 TRAZADO

**III.2.1 Túneles urbanos o en zonas industriales.-** En el caso de túneles, cualquiera que fuese su tipo, situados en zonas urbanas o industriales, además de los estudios de autoestabilidad, se justificarán:

a) Las subsidencias o, en general, los movimientos inducidos en los contornos por el trazado y morfología del túnel elegidos.

b) Su influencia, riesgo y posibles daños, en las edificaciones, servicios o instalaciones próximas.

c) La ausencia de anomalías en aquéllas, tales como inclinaciones, fisuraciones o roturas.

**III.2.2 Túneles de carretera.-** Independientemente de los condicionantes procedentes del trazado general de la carretera, de las características geológico-geotécnicas del terreno, o de otras causas como las recomendaciones medioambientales, el trazado de los túneles deberá respetar la normativa vigente de trazado de carreteras y, salvo expresa justificación en contrario, los máximos valores de rampas y pendientes serán el 3 y el 5 por 100, respectivamente.

Se estudiarán las medidas conducentes a eliminar o paliar el posible efecto del deslumbramiento del conductor del vehículo, a la salida del túnel, en especial cuando la alineación de la obra en esta zona es poco diferente de la orientación de los rayos solares en algunas horas del día.

Cuando se trate de autovías o autopistas y se proyecte la construcción de túneles separados para cada dirección, se estudiará la separación entre ambos, en función de las características del terreno, métodos y secuencias constructivas de ambas perforaciones de manera que se eviten interferencias que pudieran producir inestabilidades o disminución significativa de la seguridad en el sostenimiento o revestimiento. Esta circunstancia será especialmente atendida en las zonas próximas a los emboquilles, o en zonas de eventuales subsidencias que eventualmente pudieran afectar a edificios o instalaciones próximas.

Salvo justificación en contrario, en túneles paralelos de longitud mayor de 1 kilómetro se construirán conexiones entre ambos, a distancias y dimensiones adaptadas a las necesidades del tráfico o a otros objetivos de ventilación y seguridad.

**III.2.3 Túneles de ferrocarril.-** El trazado, en planta y alzado, de los túneles de ferrocarril, se efectuará, en su caso, de acuerdo con las especificaciones



técnicas establecidas por el Ministerio de Fomento y, en su defecto, por la Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles (RENFE) o el Ente Público Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF), según sea pertinente.

Además de los condicionantes procedentes del trazado general del ferrocarril, de las características geológico-geotécnicas del terreno, o de otras causas como las recomendaciones medioambientales, el trazado de los túneles deberá tener en cuenta los condicionantes derivados de la construcción y explotación (drenaje, renovación del aire, etc.).

Así pues, y salvo expresa justificación en contrario, los valores máximos y mínimos de rampas y pendientes serán los siguientes:

Pendiente mínima: 0,5 por 100.

Pendiente máxima para tráfico mixto (viajeros y mercancías): 1,25 por 100.

Pendiente máxima para tráfico exclusivo de viajeros: 3 por 100.

En túneles paralelos se estudiará la posible conexión entre ambos. La distancia entre conexiones y sus dimensiones se adaptarán a las necesidades del tráfico o a otros objetivos de ventilación y seguridad.

### III.3 ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS

**III.3.1 Generalidades.-** Se realizarán los reconocimientos y estudios geológicos y geotécnicos adecuados para obtener un conocimiento suficiente de los terrenos que serán afectados directa o indirectamente por la construcción y explotación de la obra subterránea y de sus zonas de acceso y emboquille.

La planificación de los reconocimientos será lo suficientemente flexible para acomodarlos en cada momento, en su secuencia, tipo y alcance, a una mejor determinación de la morfología y características generales del terreno, y de sus singularidades, en especial a la cota del túnel.

Los reconocimientos en la superficie que sea accesible, complementados, si fuera preciso, con zanjas, calicatas, sondeos cortos, o estaciones geomecánicas, se extenderán a uno y otro lado de la traza en planta del túnel, hasta una distancia tal que los datos obtenidos puedan servir, en su extrapolación hacia el interior del terreno, a un posible mejor conocimiento del mismo a la cota del túnel, o correspondan a zonas posiblemente afectadas por la existencia de la obra, o por su construcción, siquiera sea temporalmente.

Si el terreno involucrado es un medio rocoso, se prestará especial atención a la eventual presencia de fallas o discontinuidades importantes, de ámbito regional o local, que pudieran ser cortadas por la perforación del túnel.

Se destacará, asimismo, la presencia de otras anomalías o singularidades estructurales del terreno o medio rocoso, como zonas cársticas, y corrimientos o paleodeslizamientos que alcanzasen la alineación del túnel u obra subterránea.



Los estudios se concentrarán también en las posibles áreas de emboquille, con objeto de examinar y conocer con mayor precisión el terreno en tales zonas, plausiblemente más débiles bajo el punto de vista geotécnico, y poder fijar mejor el punto de arranque de la obra subterránea.

El acusado influjo del agua en los diferentes aspectos del diseño, construcción y explotación de la obra subterránea, exige un adecuado estudio de las condiciones hidrogeológicas del entorno del túnel. Más adelante se especifican las diferentes circunstancias que deben ser examinadas a este respecto.

La gran variedad de métodos de prospección y ensayo para determinar la también amplia gama de morfologías, disposiciones estratigráficas y propiedades geotécnicas del terreno, exige una adecuación y una profundización de las actuaciones, acorde con las características, profundidad e importancia de la obra. Galerías y pozos de reconocimiento, sondeos mecánicos o penetrométricos, zanjas, calicatas, métodos geofísicos, diagrañas, toma de muestras y ensayos de campo o laboratorio, deben ser seleccionados para obtener una suficiente base para el diseño del túnel.

Los objetivos a conseguir con los reconocimientos y ensayos pueden concretarse en los siguientes puntos:

a) Determinación del perfil geológico del túnel, con definición litológica y tectónica de todos los terrenos y accidentes atravesados por aquél, en especial:

Fallas y contactos mecánicos.

Zonas tectónicas.

Zonas alteradas.

Corrimientos.

Zonas carstificadas o milonitizadas.

Rocas alterables, solubles o expansivas.

Se debe prestar especial atención a las fallas activas en zonas con riesgo sísmico, analizando las posibles soluciones (cambio de trazado, dispositivos de absorción de desplazamientos, etc.).

b) Caracterización geotécnica cuantitativa de los terrenos, que sirva de base para la utilización de las «clasificaciones geomecánicas» adecuadas y posterior sectorización del túnel. Debe comprender, al menos, la determinación de los parámetros correspondientes a:

Resistencia y deformabilidad.

Permeabilidad.

Alterabilidad.



Expansividad.

Erosionabilidad.

Comportamiento geológico.

Susceptibilidad a la licuefacción por efecto sísmico.

c) Recomendaciones sobre tipos de sostenimiento a adoptar para los distintos sectores establecidos.

d) Recomendaciones orientadas a definir los sistemas de ejecución, las cuales deben comprender:

Análisis de la perforabilidad mecánica.

Métodos de sostenimiento recomendados.

Métodos de revestimiento recomendados.

Problemática previsible de la excavación (estabilidad, avenidas de agua, presencia de líquidos o gases, etc.).

e) Determinación de otros parámetros que, indirectamente, pueden servir de base también para el proyecto de la sección tipo.

f) Cálculo de subsidencias o movimientos del terreno, inducidos por el túnel, en el caso de entornos susceptibles a las deformaciones de aquél.

g) Análisis específico de las áreas de emboquille y posibles estructuras especiales, que comprenda los siguientes aspectos:

Estudio de estabilidad de taludes en zonas de acceso al túnel.

Recomendaciones sobre la zona de emboquille.

Revestimientos en zonas de emboquille.

Estudios complementarios para estructuras especiales.

**III.3.2 Estudios hidrogeológicos.-** Se efectuarán los estudios hidrogeológicos necesarios para conseguir conocer de una manera suficiente, para las etapas de construcción o explotación, las siguientes facetas:

a) Establecimiento del o de los niveles freáticos, y su eventual variación estacional.

b) Existencia de fuentes, manantiales, captaciones de agua, etc., que puedan influir en el túnel, o ser influidos por éste.

c) Permeabilidad o transmisividad de los diferentes terrenos que pudieran ejercer su influjo en los aportes de agua al túnel durante la vida de la obra.

JORNADAS TÉCNICAS DE SEGURIDAD EN TÚNELES



d) Factores que influyen en la elección del drenaje o impermeabilización del túnel.

e) Influjo del eventual drenaje del túnel en la posible variación de las condiciones hidráulicas de los niveles freáticos, afloramientos o aprovechamientos indicados en a) y b).

f) Posibilidad de que el túnel suponga una barrera total o parcial a las corrientes subálveas naturales, y la correspondiente variación de las circunstancias indicadas en a) y b).

Los estudios hidrogeológicos deberán llenar los objetivos señalados para establecer las bases del restablecimiento de las condiciones iniciales, o aceptación de las modificaciones que fueran admisibles.

### III.4 SECCIÓN TRANSVERSAL

En base a los gálbos requeridos por la funcionalidad de cada tipo de obra, de la estructura geológico-geotécnica del terreno, de los imperativos de las instalaciones propias y de los contornos externos, se definirán y justificarán cuantas secciones tipo sean precisas para cumplir las condiciones mínimas de estabilidad y seguridad que las circunstancias indicadas exigen.

En el caso de túneles de carreteras se cumplirá lo prescrito en la normativa vigente de trazado de carreteras.

Si se trata de túneles ferroviarios, su gálbo se adaptará, en su caso, a las especificaciones técnicas establecidas por el Ministerio de Fomento y, en su defecto, por la Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles (RENFE) o el Ente Público Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF), según sea pertinente y en función del tipo y condiciones de circulación de los trenes.

La resistencia al avance de los trenes provocada por el efecto pistón debe ser reducida al máximo, con el fin de aumentar la velocidad del tren, reducir los gastos de energía y el calentamiento de la estructura, y limitar la amplitud de las sobrepresiones y depresiones soportadas por el usuario. Se tendrán en cuenta estos efectos a la hora de diseñar la configuración transversal y longitudinal del túnel.

Deberá tenderse a la normalización de secciones tipo para usos equivalentes contribuyendo así al mejor aprovechamiento del parque de máquinas existente en el país.

En el proyecto, se establecerán las tolerancias y las superficies del gálbo mínimo para la construcción del sostenimiento o revestimiento.

### III.5 MÉTODOS CONSTRUCTIVOS



Se prestará especial atención al estudio de los factores que influyen en la elección del método de construcción más adecuado. La excavación mediante máquinas tuneladoras, rozadoras, palas, o explosivos; la protección y estabilidad de las excavaciones mediante escudos a presión atmosférica o presurizados, precortes, cerchas, bulones, hormigón proyectado, armadura con mallazos o fibras metálicas, micropilotes, «jet-grouting», inyecciones, etcétera, serán convenientemente analizadas.

Se realizará una descripción de los aspectos fundamentales de la secuencia operativa del método de construcción elegido.

Se definirá el sostenimiento y el revestimiento de la obra subterránea (conforme al apartado III.6), entendiéndose por sostenimiento el conjunto de dispositivos precisos para mantener la estabilidad de la excavación provisionalmente hasta la ejecución de revestimiento, o definitivamente. Se justificarán y proyectarán las condiciones de drenaje o impermeabilización de los entornos de la excavación durante la construcción y explotación.

En el caso de que las deformaciones sean prioritarias por la proximidad de edificaciones o instalaciones importantes, los métodos constructivos y los sostenimientos se dirigirán especialmente hacia una admisibilidad de los movimientos originados por la obra, fijándose en el proyecto las condiciones de admisibilidad.

### III.6 SOSTENIMIENTO Y REVESTIMIENTO

De acuerdo con el tipo y requerimientos de la obra, con las características del terreno y con los métodos de construcción elegidos, se justificará la seguridad del túnel u obra subterránea durante la construcción y explotación, frente a los diferentes modos de posible inestabilidad que puedan presentarse.

Se definirán una o varias secciones tipo, longitudinales y transversales, de la obra, de su sostenimiento, y, si es el caso, de su revestimiento, que respondan a las diversas circunstancias previsibles del terreno y de la profundidad o situación de la obra. Se prestará especial atención a las zonas de emboquille.

Si la consecución del sostenimiento o revestimiento finales tiene lugar según diferentes etapas (desfases entre excavación y dispositivos del sostenimiento, galerías u otro tipo de excavaciones en avance, destroza, etcétera), se justificará también la estabilidad en todas las fases intermedias.

También se contemplará la seguridad frente a eventuales desprendimientos de bloques.

La metodología para juzgar la seguridad de la obra, según su importancia y salvo justificación razonada, tomará como base el criterio más adecuado de entre los siguientes:



Una comparación con el comportamiento de obras semejantes en circunstancias análogas a las objeto del proyecto. En tal caso se deberá demostrar la similitud de los aspectos fundamentales que influyen en la estabilidad.

Utilización de métodos empíricos o semiempíricos, suficientemente contrastados en la práctica, basados en determinadas características geotécnicas de reconocida solvencia o en algunas clasificaciones geomecánicas del terreno.

Cálculo tenso-deformacional del conjunto obra-terreno, sustentado en unas acciones, estado inicial y propiedades geotécnicas del terreno, obtenidas por medio de determinaciones directas, o indirectas mediante comparaciones o métodos empíricos.

Se determinará la seguridad de cada uno de los elementos que configuran la obra, su sostenimiento y revestimiento, y el del conjunto obra-terreno. En el caso de utilizar el cálculo tenso-deformacional, se justificará la admisibilidad de las tensiones de trabajo y el coeficiente de seguridad a la rotura permisible, según las circunstancias de la obra, el modo de inestabilidad analizado, el método de diseño utilizado y la fiabilidad de los datos que han servido de base para los cálculos de estabilidad.

En el caso de obras lineales, y en concordancia con los estudios geológico-geotécnicos se incluirá la justificación de una sectorización longitudinal, que prevea la adopción, por tramos, de alguna de las secciones tipo diseñadas.

En el caso de que existan edificaciones o instalaciones industriales próximas, será preceptivo un cálculo deformacional que demuestre la inocuidad en aquéllas de los movimientos originados por la obra.

En el caso en que, por aplicación de la legislación vigente o por que así lo exigiera el pliego de prescripciones técnicas particulares del contrato, fuera necesaria la elaboración de un proyecto específico de sostenimiento, ya fuera independiente o incorporado al proyecto de la obra principal, la aprobación técnico-administrativa del mismo recaerá, exclusivamente, en el correspondiente órgano de la Administración Pública, de acuerdo con el apartado II.4.

### **III.7 AUSCULTACIÓN Y RECONOCIMIENTOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN**

En el proyecto se incluirá una definición, o se justificará su ausencia, de los dispositivos e instrumentación precisa para conocer el comportamiento del terreno y de la obra (movimientos, presiones, filtraciones, gases, emisión acústica, radiación infrarroja, etc.).

En particular, será obligatorio el proyecto de auscultación siempre que concurra, al menos, una de las siguientes circunstancias:

a) Cuando el método de construcción elegido requiera la obtención de parámetros a medida que progresa la excavación, con objeto de adaptar localmente el diseño del sostenimiento o revestimiento.



b) Cuando los movimientos estáticos o dinámicos inducidos por la excavación o por la presencia de la obra, puedan afectar a edificaciones, instalaciones industriales, o de cualquier otro tipo.

c) Cuando se prevea una modificación sustancial, o un influjo decisivo, en las condiciones hidrológicas del contorno.

d) Cuando las circunstancias previsibles influyan en la seguridad de los operarios, personal de mantenimiento, o usuarios.

No obstante, y en cualquier caso, se deberá llevar a cabo un control mínimo de convergencias.

Asimismo se especificarán en el proyecto los reconocimientos y estudios complementarios que deberán ser llevados a cabo durante la construcción (ensayos de características geotécnicas, sondeos en avance, tensiones internas, etc.), que no hayan sido viables, por razones de accesibilidad o motivos técnicos o económicos, para el proyecto, o que se requieran para una mayor precisión en las circunstancias señaladas en los párrafos anteriores.

El proyecto de auscultación analizará la conveniencia o no de que la auscultación se mantenga operativa para la fase de explotación.

### III.8 INSTALACIONES DEFINITIVAS

En el proyecto general de la obra se incluirán, o se acompañarán al mismo, los proyectos complementarios de las instalaciones definitivas que sean preceptivas o previstas en cada caso, referentes a:

Suministro de energía.

Alumbrado.

Ventilación.

Señalización.

Comunicaciones.

Sistemas de control.

Auscultación.

Incendio.

Otras instalaciones.

En el título V de esta Instrucción se indican los condicionantes a cumplir por tales instalaciones.



### III.9 ESCOMBRERAS

En el proyecto se planificará el destino de los materiales procedentes de la excavación del túnel. Los que no vayan a ser utilizados en la construcción de terraplenes, rellenos, obras anejas, u otros fines específicos, serán depositados en escombreras, cuya situación deberá ser indicada en el proyecto.

En el caso de que se trate de vertederos o escombreras de nueva implantación, se justificará debidamente los rellenos a efectuar, en las siguientes vertientes:

a) Morfología del relleno, su disposición topográfica, y suficiencia volumétrica para recibir los sobrantes de las excavaciones.

b) Secuencia temporal y espacial de las operaciones, y condiciones de vertido o colocación.

c) Estabilidad de la propia escombrera, de su cimentación y de su entorno. Con tal fin se llevarán a cabo los pertinentes reconocimientos geológico-geotécnicos que permitan establecer las condiciones para su permanencia con el adecuado margen de seguridad.

d) Eventual influjo de los rellenos en las condiciones hidrológicas, superficiales o subálveas, que existen en el terreno antes de construir el relleno. Diseño, en su caso, de los dispositivos de drenaje o impermeabilización.

e) Impacto ambiental, y si fuere preciso, tratamiento final de la superficie de la escombrera, una vez finalizados los aportes de terreno.

En los casos que se considere necesario, el proyecto preverá unidades de abono de las operaciones efectuadas en las escombreras.

### III.10 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

El proyecto y la propia fase de elaboración del mismo, deberán dar cumplimiento a lo establecido en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

Se destacarán las medidas referentes a las fases de proyecto, construcción y explotación, que puedan afectar especialmente a la seguridad y salud de los trabajadores, tales como vibraciones, voladuras, iluminación, comunicaciones, etc.



### III.11 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

El proyecto deberá dar cumplimiento a las disposiciones vigentes en materia de medio ambiente que afecten al mismo y a la construcción y explotación de la obra subterránea.

En particular el proyecto deberá examinar, y justificar en su caso, las posibles incidencias que puedan afectar al entorno o a la propia obra, relacionadas con:

- a) Ruidos, vibraciones, efectos dinámicos o térmicos, originados por la construcción o explotación de la obra.
- b) Contaminación de gases en el interior o exterior de la obra.
- c) Contaminación de aguas subterráneas y superficiales.
- d) Eliminación de los residuos y efluentes propios.
- e) Modificación de acuíferos.
- f) Interferencias con posibles restos arqueológicos o con dependencias amparados por la legislación vigente sobre el Patrimonio Nacional.
- g) Escombreras para los residuos de la excavación.
- h) Modificación del paisaje e influjo sobre la fauna y vegetación en las zonas de acceso y emboquille, y su adaptación a los contornos de la obra.
- i) Efectos psicológicos en los conductores de los vehículos en el caso de túneles de gran longitud en carreteras.

### III.12 DOCUMENTOS DEL PROYECTO

En el caso de que la obra subterránea forme parte de un proyecto que incluya otras obras, los documentos de éste deberán contener los apartados y artículos específicos de aquella, análogos a los que requiere un proyecto independiente.

En la Memoria y en sus anejos se describirán y justificarán las obras de acuerdo con las prescripciones contenidas en la presente Instrucción. En particular se incluirá un anejo que estudie los costes de explotación.

En el documento Planos se incluirá la definición longitudinal y transversal de los accesos, emboquilles, y tramos subterráneos. Se establecerán cuantas secciones tipo sean precisas para cubrir las circunstancias previsibles en la obra.

En el documento Presupuesto se incluirán el cuadro de precios, las mediciones y el presupuesto parcial de la obra subterránea.



En el documento Presupuesto se incluirán el cuadro de precios, las mediciones y el presupuesto parcial de la obra subterránea.

Lo establecido en este apartado se entenderá sin perjuicio de lo dispuesto en la legislación de Contratos de las Administraciones Públicas.



## TÍTULO IV

# CRITERIOS BÁSICOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

### IV.1 DEL TERRENO Y LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Las condiciones previstas en el proyecto se irán adaptando a lo largo del proceso de ejecución, de acuerdo con la información disponible y aplicando las técnicas especializadas correspondientes.

### IV.2 MEMORIA DE CONSTRUCCIÓN

En la Memoria de construcción se deberán contemplar todas las disposiciones necesarias para el desarrollo adecuado del proceso constructivo previsto. En particular se incluirán:

La descripción detallada del proceso constructivo, fases de construcción, esquema de tiro, si procede, y justificación de todas las instalaciones provisionales necesarias que se especifican más adelante.

Los planos de todas las instalaciones auxiliares, accesos, pozos, etc.

El plan de seguridad y salud en el trabajo.

El plan de aseguramiento de calidad.

El programa de ejecución.

Un plan de tratamiento medioambiental, en el que se indiquen las cuestiones relacionadas con el medio ambiente (levantamiento de caminos, de instalaciones, formas de tratamiento de préstamos y vertederos, etc.).

Cualquier otro documento que complete la descripción de todas las disposiciones que definen el proceso constructivo.

### IV.3 INSTALACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Según las circunstancias de cada caso, se dispondrán los siguientes tipos de instalaciones: Redes de ventilación; sistema de iluminación; redes eléctricas; redes de aire comprimido, agua y desagüe; etc.



#### IV.4 INSTRUMENTACIÓN

Se revisará de acuerdo con la evolución de los trabajos el sistema de sensorización e instrumentación que se considere más adecuado, tanto para el seguimiento de las subsidencias que el proceso constructivo produzca en superficie, como para el seguimiento de los parámetros necesarios que midan el comportamiento del terreno para realizar el ajuste que proceda del diseño de los sostenimientos y revestimientos definitivos.

#### IV.5 MAQUINARIA

En relación con la maquinaria a emplear, ésta cumplirá con los requisitos reglamentarios, y especialmente se tendrá en cuenta que:

El funcionamiento de los sistemas hidráulicos, eléctricos y mecánicos debe garantizar la seguridad de los operarios durante el desarrollo de su trabajo.

Deben adoptarse las medidas de seguridad, que en cada caso procedan, durante la conservación de la maquinaria: Paradas, frenos, calzos, etc., especialmente cuando la conservación se haga fuera del taller.

Deben protegerse las partes móviles de máquinas estáticas.

Las máquinas de combustión interna (diesel) deben llevar dispositivos de depuración en el escape y se comprobará periódicamente su correcto funcionamiento.

Las máquinas deben ir provistas de medios auxiliares que indiquen su presencia y maniobrabilidad, tales como sistemas acústicos o luminosos.

Debe establecerse un programa para la conservación y mantenimiento de maquinaria, instalaciones y redes.

#### IV.6 EXPLOSIVOS

La utilización de explosivos se realizará, en su caso, de acuerdo con la reglamentación vigente de carácter general sobre la materia. Además, se actuará, específicamente, de acuerdo con lo siguiente:

Se fijarán criterios para el almacenamiento, transporte y manipulación de explosivos dentro de la propia obra, así como en relación con la carga de las voladuras y medidas particulares a adoptar.

Se dispondrá de personal responsable y autorizado para el manejo de los explosivos.

Los materiales que se empleen cumplirán con los requisitos reglamentarios.



Los medios empleados para la comprobación o práctica de la voladura tendrán la capacidad suficiente y cumplirán con los requisitos reglamentarios.

No se podrá simultanear la carga de explosivos y perforación, a no ser que se adopten medidas especiales.

La recuperación de las voladuras fallidas se hará bajo la dirección de un responsable cualificado.

Deberá disponerse en obra de un detector de tormentas.

Durante la carga de explosivos se deben prever golpes del brazo del jumbo, desprendimientos de roca; se debe separar perforación y carga; se deben utilizar plataformas de trabajo, etc.

#### **IV.7 PROCESO CONSTRUCTIVO**

**IV.7.1 Saneamiento.-** Se saneará el frente y el avance correspondiente a cada voladura.

Debe mantenerse una estabilidad temporal de la bóveda y hastiales hasta el sostenimiento definitivo mediante la vigilancia y saneo periódicos de las zonas excavadas.

**IV.7.2 Perforación.-** Debe procederse al saneo del frente previamente al comienzo de la perforación.

La perforación debe realizarse siempre con aportación de agua.

No deben utilizarse fondos de barrenos de la voladura anterior para emboquilles de la nueva perforación.

En el uso de jumbos prever golpes, aplastamientos, caídas de roca, polvo y ruido; señalar áreas peligrosas, utilizar perforación por vía húmeda, protección antiruido y luces intermitentes en vehículos, etc.

En la perforación manual deben preverse los resbalones y caídas, el polvo y la proyección de piedras; se debe asegurar buena protección de ojos y oídos.

**IV.7.3 Excavación.-** Para la ejecución de la excavación se pueden emplear: Los métodos convencionales basados en la utilización de explosivos; los de arranque mecánico con máquinas puntuales o de plena sección, o cualquier otro sancionado por la práctica.

Desde el punto de vista de la seguridad se tendrán en cuenta las situaciones peligrosas siguientes:

Voladura (prever proyección de rocas, humos tóxicos; ruido y onda expansiva; cuidar distancia de seguridad y protección, ventilación inmediata, protectores de oídos, etcétera).



Arranque con excavadora (prever atropellos y arrastres; delimitar zonas de trabajo de riesgo).

Arranque con rozadora (prever atropellos y arrastres, desprendimientos de roca; delimitar zonas de trabajo de riesgo; instalar interruptores visibles para parada de emergencia).

Máquinas integrales (prever caídas, desprendimientos de roca, entibaciones provisionales, equipo personal de seguridad, etc.).

**IV.7.4 Carga, transporte, vertido y acopio.**- Las máquinas utilizadas en la carga de escombros en el frente irán dotadas de dispositivos acústicos y luminosos que permitan identificar sus movimientos durante el trabajo.

En la zona de trabajo solamente permanecerá el personal imprescindible para la ejecución de los trabajos y siempre fuera del alcance de las máquinas.

Los medios de transporte se cargarán correctamente y nunca con exceso, evitando la caída de escombros durante el transporte.

Los vehículos de transporte se visualizarán fácilmente mediante dispositivos acústicos y luminosos.

Se evitará la circulación inmediatamente por detrás de los vehículos cargados y se tomarán precauciones durante el cruce.

En el caso de transporte por cinta se preverán los posibles aplastamientos por el escombros, los atrapamientos por la máquina sin protección; se protegerán las máquinas; se dispondrán interruptores de emergencia.

En los pozos se preverán las caídas por el cazo o almeja, las caídas de material; las áreas de carga estarán protegidas durante la carga; estarán controlados los movimientos de la almeja, etc.

Durante la elevación en pozos se cuidarán las oscilaciones o caídas de la carga y se dispondrán áreas protegidas de las caídas.

Los vertederos estarán bien explotados y organizados y debidamente iluminados en caso de trabajo nocturno.

Se cuidará el tratamiento ambiental de los vertederos y escombreras de acuerdo con lo definido en el estudio de impacto ambiental, en el proyecto de construcción y en el plan de tratamiento medioambiental incluido en la Memoria de construcción.

**IV.7.5 Sostenimiento.**- Teniendo en cuenta la operatividad que se espera del sostenimiento, éste podrá ser provisional o definitivo.

Se deberá controlar el comportamiento del sostenimiento, tanto visualmente, como mediante el auxilio de la auscultación, para poder actuar ante circunstancias indeseadas (pérdidas de gálibo, reducciones de la capacidad resistente, etc).



Para la colocación del sostenimiento se emplearán equipos y medios adecuados que eviten el riesgo de los operarios, especialmente en el caso de que tengan que trabajar inicialmente desprotegidos.

El manejo de los materiales se hará con maquinaria adecuada o adaptada a tal fin, evitando la utilización de equipos específicos para otros trabajos. Si se emplean medios fijos tales como andamios, se tomarán precauciones frente a posibles desprendimientos.

Salvo justificación en contrario se emplearán brazos o equipos mecánicos para gunitar, con el objeto de reducir los riesgos y mejorar la calidad de obra terminada. Los andamios para trabajos en altura deberán ser amplios y estar provistos, al menos, de barandilla y rodapié.

En el proceso de ejecución del sostenimiento se tendrán en cuenta, entre otras, las precauciones siguientes desde el punto de vista de la seguridad:

En el saneo mecánico: Los desprendimientos de rocas; las caídas, etc.

En el saneo manual: Los desprendimientos de roca, las caídas; se procurará trabajar desde zonas protegidas, usar plataformas de trabajo y definir las zonas de trabajo de riesgo.

En el uso de mallazos: Las caídas; las heridas por bordes cortantes; se utilizarán plataformas de trabajo; guantes; se definirán las zonas de trabajo de riesgo.

En el uso de cerchas metálicas: Los golpes fuertes; caídas; se emplearán plataformas de trabajo, etc.

En el uso de bulones de anclaje: Las caídas; se emplearán plataformas de trabajo.

En la aplicación de hormigones proyectados se tendrán en cuenta:

En general (caídas; polvo; material de rebote; empleo de plataformas de trabajo; iluminación adecuada; empleo de robots de proyección; uso obligado de máscaras de protección).

Robots de proyección (caídas o aplastamiento; material de rebotes; zonas de trabajo de riesgo; máscara de protección).

Proyección manual (daños en la piel, ojos y sistema respiratorio; silicosis; equipo a prueba de polvo; aditivos en forma líquida; gafas y máscaras protectoras; guantes y traje adecuado).

En el uso de gunitadoras se tendrán en cuenta:

Mantenimiento (arranque accidental de la máquina; desconexión de la alimentación de la máquina, tanto eléctrica como neumática).



Supresión de atascos en las tuberías (golpes de las mangueras o proyección de material; zonas de proyección de riesgo; contacto visual del operador).

**IV.7.6 Revestimiento.-** El movimiento de encofrados metálicos para revestimientos de hormigón debe ser lento y seguro, para evitar atrapamientos por los grandes pesos y volúmenes. Los encofrados deben disponer de barandillas que permitan el acceso fácil y seguro a los distintos puntos de la sección.

La elevación del hormigón por los hastiales del encofrado deberá ser homogénea (llenado simultáneo por ambos lados); las ventanas deberán estar suficientemente próximas y adecuadamente distribuidas, de forma que permitan seguir la elevación del hormigón.

Asimismo, se deberá controlar la aparición de fisuras en los módulos del revestimiento, evaluando su importancia y actuando en consecuencia. A tales efectos se fijará previamente la fisuración máxima admisible.

Deberá tenerse en cuenta que el desencofrado prematuro de los módulos puede llegar a producir el desprendimiento de las bóvedas. Por tal circunstancia deberá determinarse, previamente, el tiempo mínimo de espera para desencofrar cada unidad hormigonada, en función de su importancia estructural y de las características del hormigón utilizado.

**IV.7.7 Construcción con máquinas integrales.-** La máquina y equipos deben disponer de elementos adecuadamente dispuestos que permitan el acceso seguro a las diferentes partes de la máquina, tanto cuando está operando como para su conservación.

Las partes móviles de la máquina deberán estar protegidas para evitar atrapamientos cuando estén operando.

Se avisará mediante sistemas acústicos y/o luminosos la puesta en marcha de elementos móviles de la máquina, disponiendo de tiempo suficiente para que los operarios puedan protegerse del riesgo que estos elementos móviles pueden producir.

Debe vigilarse el comportamiento del terreno y definir y colocar la entibación adecuada en las máquinas integrales para evitar desprendimientos de bóveda y hastiales, tanto al quedar libre el terreno por el paso de la coraza o espadines, como a lo largo del túnel excavado.

Los operarios no implicados directamente en la actividad de colocación del sostenimiento provisional o revestimiento con dovelas, deben permanecer fuera del alcance de los elementos o sistemas de colocación para evitar golpes.

Las zonas de trabajo deben estar iluminadas.

La ventilación debe ser suficiente para mantener un ambiente adecuado de trabajo en el frente, especialmente en pequeñas secciones, donde la temperatura es elevada.



Los elementos de protección personal son especialmente obligatorios para evitar efectos de golpes, cortes o atrapamientos.

En la colocación de dovelas prefabricadas se evitarán los golpes fuertes y los aplastamientos.

#### **IV.8 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

Las especificaciones de este apartado se entenderán sin perjuicio de lo dispuesto en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, y en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

Debe establecerse una buena organización, limpieza y orden en los tajos, para eliminar riesgos.

Los tajos deben estar bien iluminados y señalizados, especialmente cuando los trabajos sean peligrosos o sea frecuente el paso de maquinaria. El régimen interno de cada obra fijará las zonas y medidas a aplicar en cada caso.

Se deben emplear equipos (máquinas y medios) insonorizados, de forma que se mantenga el nivel de ruido admisible, tanto en interior como exterior de los túneles, muy especialmente en zonas urbanas o trabajos nocturnos. Se debe realizar una comprobación periódica.

Es conveniente la selección y formación del personal que permita dotarles de carné de especialista después de un examen realizado por un organismo oficial u oficialmente acreditado.

Se establecerá una comunicación del frente de trabajo o tajos especialmente peligrosos con algún centro situado en el exterior que permita la actuación inmediata frente a accidentes. Se dispondrá de equipos de comunicación normal y de emergencia.

Se debe preparar y actualizar periódicamente un plan de actuación frente a situaciones de emergencia producidas por accidentes: Definiendo la persona responsable, los equipos de salvamento, las normas de primeros auxilios, el teléfono de centro de asistencia, etc.

Se adoptarán, además, las siguientes medidas:

**IV.8.1 Accesos y transporte (exterior e interior de la obra subterránea).** -  
Conservación de caminos de acceso a las bocas.

Señalización de tráfico interior: Semáforos, indicadores, etc.

Diferenciación entre zonas de circulación de máquinas y personal si la sección lo permite.



Utilización de pasillos peatonales señalizados sobre la propia solera o con pasarelas montadas expresamente sobre el nivel del suelo con sus respectivas barandillas.

Disposición de refugios señalizados en túneles de pequeña sección.

Utilización de ropas o distintivos luminosos que permitan identificar a los peatones.

El Plan de seguridad y salud en el trabajo debe definir las disposiciones particulares para circulación de personas y máquinas.

**IV.8.2 Transporte de personal.-** En el transporte sobre neumáticos: Prevención de arrollamiento por vehículos en movimiento; camino especial para personal; nichos de refugio; ropas visibles y reflectantes; sistema adecuado de señales, etc.

En el transporte sobre vía: Prevención de arrollamiento por vehículos en movimiento; pasarelas de peatones; locomotoras en cabeza con luces frontales y claxon; vagones de transporte de personal; doble vía, si es posible, etc.

En el transporte por pozos: Caídas de objetos o materiales; caídas de cestas; escaleras protegidas con plataformas intermedias; cables antigiratorios; vías fijas para las cestas; elevador de cangilones u otros, etc.



## TÍTULO V

# CRITERIOS BÁSICOS PARA LAS INSTALACIONES DEFINITIVAS Y LA EXPLOTACIÓN

### V.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La explotación de un túnel de carretera exige la implantación de una serie de instalaciones que aseguren el adecuado nivel de servicio y seguridad, tanto en régimen normal como en circunstancias excepcionales (accidentes, incendio...).

Para asegurar un buen servicio será preciso considerar las circunstancias específicas de este tipo de obras:

Espacio limitado a la sección transversal.

Mayor incidencia que a cielo abierto, de cualquier accidente, incendio o avería.

Efectos psicológicos que pueden derivarse sobre el conductor: Claustrofobia, adormecimiento, etc.

Reacciones mal conocidas del usuario en caso de incidencias graves.

Cambio de condiciones ambientales y físicas a las entradas y salidas del túnel (sección, luz, efecto pared, aire...).

El Proyectista deberá tener en cuenta dichas circunstancias desde el inicio de los estudios previos, con objeto de proceder a su mejor resolución a lo largo de las distintas etapas del proyecto.

En un túnel ferroviario los efectos psicológicos sobre el conductor quedan eliminados y los cambios de condiciones ambientales y físicas a la entrada y salida del túnel afectan mínimamente a la seguridad. En contraposición el efecto pistón y un anormal calentamiento de las estructuras pueden alterar el nivel de seguridad y confort del pasajero.

### V.2 TÚNELES DE CARRETERA

La explotación de un túnel de carretera exige unos niveles de operatividad o servicio y de seguridad para el usuario del mismo rango, al menos, que el existente para el resto del trazado.



Al discurrir el tráfico por un espacio cerrado y de reducidas dimensiones, con el riesgo que ello lleva implícito para el conductor (o eventualmente el peatón), se hace necesario habilitar el túnel con una serie de instalaciones fijas que permitan reducir el riesgo de accidente o incendio, a niveles aceptables o aceptados por la sociedad.

Este riesgo por otro lado debe ser equivalente para cualquier túnel, independientemente de su tráfico, dimensiones o trazado.

Las siguientes especificaciones tienen por objeto fijar las condiciones mínimas que deben tener las instalaciones fijas de un túnel de carretera para que el nivel de seguridad y riesgo que se va a asumir esté en consonancia con los criterios adoptados para el resto del trazado.

**V.2.1 Sistemas de explotación. Criterios de clasificación.-** Existen diversos sistemas de explotación que dependen, fundamentalmente, de los siguientes factores:

Tráfico (frecuencia y tipo).

Longitud.

Trazado.

Sección tipo (uni o bidireccional).

Ubicación (urbano, semiurbano, bajo agua...).

Condiciones medioambientales.

Revestimiento.

Tipo de propiedad (concesión administrativa, Administración).

Condiciones legales.

El análisis e integración de todos estos parámetros en el proyecto proporcionará el tipo o sistema de explotación.

Estos sistemas se pueden clasificar en tres niveles:

**Nivel III:** Túneles cortos o de poco tráfico que no requieren de ningún tipo de instalación específica.

**Nivel II:** Túneles que van a exigir un cierto tipo de instalaciones y de vigilancia particular con respecto al resto del trazado donde están inscritos (túneles de montaña de mediana longitud).

**Nivel I:** Túneles en los que por sus especiales condiciones, se va a necesitar una organización específica permanente para el control y vigilancia de sus instalaciones (túneles de autopista, urbanos, etc.). Estos túneles dispondrán de una



sala de control donde se recogerá y tratará toda la información proveniente de las diversas instalaciones del túnel.

Para los túneles de nivel I y II será preceptiva la redacción de un **Manual de Explotación**.

**V.2.2 Instalaciones fijas.-** El proyecto de las instalaciones de un túnel se puede descomponer en los siguientes apartados:

1. Suministro de energía.
2. Sistemas de control.
3. Ventilación.
4. Alumbrado.
5. Salidas de emergencia. Refugios.
6. Incendios. Detección. Sistemas de extinción.
7. Control de tráfico y circulación.
8. Comunicaciones.
9. Señalización y balizamiento.
10. Obra civil.
11. Manual de Explotación.

**V.2.2.1 Suministro de energía.-** El suministro de energía para el funcionamiento de las instalaciones deberá ser adecuado a su nivel.

En túneles de nivel I habrá que prever el doble abastecimiento y la instalación de generadores de emergencia, así como un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) que cubra el servicio hasta el funcionamiento de los generadores.

**V.2.2.2 Sistema de control.-** Los túneles de nivel I dispondrán de un centro de control que recogerá toda la información procedente de las instalaciones fijas.

Deberá preverse un sistema que garantice las funciones vitales de ventilación, extinción de incendios y energía de emergencia en el caso de que fallara el sistema de control.

El sistema de control deberá ser permanente con mando automático y/o manual, según los casos.

**V.2.2.3 Ventilación.-** El estudio de la ventilación en un túnel de carretera tendrá como fin reducir a límites aceptables la concentración de gases tóxicos y humos expulsados por los vehículos que circulen por el interior del túnel, teniendo



en cuenta los parámetros de óxidos de carbono y los humos provenientes de los motores diesel que afectan a la visibilidad dentro del túnel.

La cantidad y composición de estos gases y humos varían sensiblemente en función de diversos parámetros, que habrá que tener en cuenta en el momento de diseñar el túnel. Entre otros:

Pendiente (en el túnel y en los accesos).

Altura o nivel sobre el mar.

Composición del tráfico.

Fluidez del tráfico.

Serán las condiciones del túnel y del tráfico a soportar las que determinen el sistema de ventilación artificial más adecuado para cada caso, siendo conveniente que se le dote del correspondiente sistema de automatismo.

Otros criterios para la elección del sistema van a ser el entorno y/o afección del medio ambiente y el coste, de instalación y explotación, del sistema.

La necesidad de ventilación de un túnel a partir de una determinada longitud quedará fijada de acuerdo con el cuadro adjunto.

Modo	Tráfico	Longitud Metros
Unidireccional	Alto	> 300
	Medio	> 500
	Bajo	>1.000
Bidireccional	Alto	> 100
	Medio	> 200
	Bajo	> 300

En túneles ferroviarios con elevado tráfico de viajeros (por ejemplo en líneas de cercanías), se deberá justificar la necesidad o no de instalación de ventilación, siendo conveniente, en su caso, que vaya dotada de un sistema de automatismo arranque-parada.



El estudio de la ventilación del túnel tendrá en cuenta la posibilidad de actuación en caso de incendios en el interior.

**V.2.2.4 Alumbrado.-** El alumbrado de un túnel se justifica fundamentalmente por razones de seguridad.

El conductor debe verse mínimamente afectado al pasar de un espacio abierto, iluminado (aire libre) a otro oscuro (túnel) y viceversa.

Estos cambios bruscos de luminosidad afectan negativamente a la retina del ojo y deben ser evitados o al menos reducidos a límites tolerables. La transición debe ser gradual, para lo que se fijan habitualmente unas zonas de transición a las entradas y salidas del túnel de diferente graduación lumínica, con objeto de conseguir una mejor adaptación del ojo del conductor.

El proyecto debe fijar los niveles mínimos de iluminación en la parte central del túnel y en las zonas de transición.

El siguiente cuadro recoge la necesidad de alumbrado de un túnel en determinadas condiciones de tráfico (unidireccional o bidireccional), intensidad (alto, medio y bajo), y longitud que se tendrá en cuenta salvo justificación razonada.

Modo	Tráfico	Longitud Metros
Unidireccional	Alto	> 100
	Medio	> 500
	Bajo	No
Bidireccional	Alto	> 50
	Medio	> 200
	Bajo	>1.000

**V.2.2.5 Salidas de emergencia. Refugios.-** Un túnel carretero a partir de los 2.000 metros debe disponer de salidas de emergencia para utilizar en caso de accidente grave, incendio o vertido de materias peligrosas.

En túneles de montaña esta salida será la propia galería de servicios que en muchas ocasiones ha sido necesario construir con el túnel por razones de reconocimiento del terreno, constructivas y/o de ayuda a la explotación.

En túneles urbanos con baja cobertura, se estudiará la conveniencia de habilitar pozos de servicio, distanciados convenientemente y con salida directa a la vía pública.



Una alternativa a la galería de servicios podrá ser la habilitación de refugios adosados a los hastiales del túnel, con suficiente capacidad y dotados de los medios de supervivencia necesarios (agua, aire, luz, telecomunicación...).

En el diseño de las salidas de emergencia habrá que tener en cuenta muy especialmente los efectos psicológicos que se derivan en la persona por el hecho de haber sufrido un accidente o ser víctima de un incendio en el interior de un túnel. los esquemas de señalización y comunicación deberán ser muy claros y su aparellaje suficientemente resistente al choque o fuego.

**V.2.2.6 Incendio. Detección y extinción.-** El túnel deberá estar equipado con los sistemas de detección y extinción de incendios que mejor se adapten a sus características.

El proyecto deberá recoger esta eventualidad y analizarla con todo detalle para incorporar en el diseño de las instalaciones, especialmente en el de la ventilación, los medios necesarios para evitar o al menos reducir al máximo los efectos que pueda producir el incendio.

El Manual de Explotación recogerá de forma pormenorizada las sucesivas actuaciones que será necesario acometer en el caso de incendio y las medidas permanentes de mantenimiento y conservación para que el sistema en su conjunto (ventiladores, detectores de fuego, tuberías, sistemas de comunicación, etc.), esté siempre en condiciones de servicio.

**V.2.2.7 Control del tráfico y circulación.-** Los túneles en los que, por razones de su longitud, intensidad de tráfico o alguna otra razón que lo justifique, fuera necesario conocer en cada instante el tráfico que circula por su interior y en sus accesos, habrán de equiparse adecuadamente para este fin, estudiándose y eligiéndose los diversos tipos de equipamiento que aislados o combinados pueden servir a estos efectos:

Circuito cerrado de televisión (CCTV) conectado al centro de control.

Equipos de señalización (semáforos, barreras, paneles alfanuméricos, etc., accionables a control remoto), para regular el tráfico en caso de accidente, y equipamientos fijos para evitar la entrada de vehículos no deseados en razón de su gálibo, tipo de carga, etc.

Sistemas para la ordenación del tráfico después de un accidente o incendio, en coordinación con los planes de emergencia.

Otros aspectos a tener en cuenta a la hora de controlar y regular la circulación dentro del túnel son:

Aforadores de tráfico, por bucle magnético.

Nichos o refugios para la protección de peatones o personal de mantenimiento.



Anchurones dentro del túnel para paradas de vehículos, zona de maniobras...

Galerías transversales conectando los túneles, en caso de separación de tráfico.

**V.2.2.8 Comunicaciones.**- Tanto en régimen normal como en el caso de accidente o incidente grave es importante disponer de un sistema de comunicación entre el usuario del túnel y el centro de control, entre este último y el titular de la obra, y de éste con los servicios exteriores (bomberos, policía de tráfico...).

Existen diversos sistemas:

Radiotransmisión y recepción.

Altavoces.

Intercomunicación.

Teléfono (línea directa).

Habrá que incluir en el proyecto los más adecuados para cada caso, incorporando su utilización, manejo y conservación al Manual de Explotación.

**V.2.2.9 Señalización y balizamiento.**- Aparte de la señalización específica en caso de incidencias, ya definida en el apartado V.2.2.7, el túnel deberá disponer de una señalización en su interior y en los accesos, que informe adecuadamente y en cada momento al usuario que circula por el túnel, de los aspectos que éste debe conocer para garantizar la máxima seguridad en la circulación.

Asimismo y según los casos, se dispondrá de sistemas de balizamiento, fijos o móviles, para regular la circulación, cuando las condiciones del tráfico lo requiriesen.

Todas estas instalaciones deberán justificarse en el proyecto y su funcionamiento vendrá recogido en el Manual de Explotación.

**V.2.2.10 Obra civil y auscultación.**- Estructuras de hormigón:

El fuego, en caso de incendio, y el agua de infiltración son los dos agentes que más pueden afectar a la durabilidad de una obra subterránea de hormigón (revestimiento, falsos techos...). El proyecto deberá analizar estos aspectos y prever en su caso las medidas protectoras más adecuadas. En fase de explotación se procederá a inspecciones permanentes para actuar preventivamente en caso de necesidad.

Revestimiento de hormigón proyectado:

Si el túnel no dispone de un revestimiento rígido, deberán instalarse secciones de auscultación permanente en algunas zonas del túnel. En este caso, el Manual de Explotación definirá el tipo y frecuencia de las medidas a realizar.



### Hastiales y pavimentos:

Su conservación y mantenimiento se regirá de acuerdo con los criterios generales aplicables a este tipo de obra. El Manual de Explotación recogerá la frecuencia de lavado y limpieza de estas unidades de obra especialmente en aquellos casos en que su grado de luminosidad afecte a la visibilidad dentro del túnel.

**V.2.3 Manual de Explotación.**- Los túneles que por razón de su importancia (niveles I y II) van a disponer de una serie de instalaciones fijas para su buen funcionamiento y máxima garantía de seguridad, deberán disponer de unos equipos y medios para su correcta explotación. La estructura de estos medios debe ser analizada y valorada en la fase de proyecto y su coste debe integrarse en el presupuesto general de la obra.

Las funciones principales son:

Control de la circulación.

Mantenimiento de las instalaciones y de la obra civil.

Actuación en caso de emergencia.

Parte de estas tareas son permanentes (control de la circulación y mantenimiento de las instalaciones fijas).

El resto serán periódicas o puntuales.

Tanto unas como otras se regirán por el Manual de Explotación, cuyos términos de referencia estarán recogidos en el proyecto y serán los que sirvan de base para el diseño de la estructura organizativa: Personal, locales y medios materiales con su correspondiente valoración a lo largo del tiempo.

El Manual de Explotación contemplará las limitaciones a imponer, en su caso, al tráfico de mercancías peligrosas en general, sin perjuicio de lo establecido en la legislación vigente sobre la materia.

## V.3 TÚNELES FERROVIARIOS

La explotación de un túnel ferroviario para uso civil exige unos niveles de servicio y de seguridad para el usuario del mismo rango al menos de los que existen en el resto del trazado.

Al discurrir el tráfico por un espacio cerrado y de reducidas dimensiones con el riesgo que ello lleva implícito para los pasajeros, conductor y eventualmente el peatón, se hace necesario habilitar el túnel con una serie de instalaciones fijas que permitan reducir el riesgo de accidentes o incendios a niveles aceptables.

Las siguientes especificaciones tienen por objeto fijar las condiciones mínimas que deben tener las instalaciones fijas de un túnel ferroviario para que el



nivel de seguridad y riesgo que se va a asumir esté en consonancia con los criterios adoptados en el resto del trazado.

**V.3.1 Sistemas de explotación. Criterios de selección.**- Existen diversos sistemas de explotación que dependen, entre otros, de los siguientes factores: Tipo y frecuencia del tráfico, características geométricas del túnel, sección tipo (uni o bidireccional), condiciones medioambientales y tipo de administración.

El análisis e integración de todos estos parámetros en el proyecto, conducirá al tipo o sistema de explotación.

Estos sistemas se clasifican en tres niveles:

Nivel III: Túneles cortos o de poco tráfico, que no requieren de ningún tipo de instalación específica.

Nivel II: Túneles que van a exigir un cierto tipo de instalaciones y de vigilancia particular con respecto al resto del trazado donde están inscritos.

Nivel I: Túneles en los que por sus especiales condiciones van a necesitar una organización específica permanente para el control y vigilancia de sus instalaciones.

Estos túneles dispondrán de una sala de control donde se recogerá y explotará toda la información proveniente de las diversas instalaciones del túnel.

Los túneles de los niveles I y II deberán tener el correspondiente Manual de Explotación.

**V.3.2 Instalaciones fijas.**- El proyecto de las instalaciones de un túnel ferroviario debe abarcar los siguientes conceptos:

1. Suministro de energía.
2. Sistema de control.
3. Ventilación.
4. Alumbrado.
5. Salidas de emergencia.
6. Incendio. Detección y extinción.
7. Efecto pistón y calentamiento.
8. Equipamientos: Vía, señalización, comunicaciones, tracción eléctrica, puesta a tierra, drenaje.
9. Seguridad. Medidas preventivas.
10. Manual de Explotación.



**V.3.2.1 Suministro de energía.-** El suministro de energía para el funcionamiento de las instalaciones debe garantizar su fiabilidad. Se estudiará la conveniencia de recurrir a un doble abastecimiento en el túnel de nivel I y a un sistema de emergencia a través de generadores.

**V.3.2.2 Sistema de control.-** En los túneles de nivel I con sala de control, se habilitará un sistema especial que permita garantizar las funciones vitales que deben seguir actuando aunque falle el sistema básico. Estas funciones son:

Ventilación.

Extinción de incendios.

Energía de emergencia.

**V.3.2.3 Ventilación.-** La ventilación de un túnel ferroviario tiene como objetivos básicos:

a) Mantener la atmósfera del túnel en las adecuadas condiciones de temperatura e higrometría para los pasajeros del tren y para el personal de explotación.

b) Evacuar los humos procedentes de un incendio en el menor tiempo posible.

En el proyecto se estudiará la necesidad del sistema de ventilación según sea la longitud del túnel y las condiciones del tráfico ferroviario.

En su caso, el proyecto incluirá, asimismo, los medidores de estos parámetros y el sistema de transmisión de información.

**V.3.2.4 Alumbrado.-** Cuando la importancia del túnel lo requiera, se diseñará un sistema de alumbrado, con una disposición de puntos luz que garantice:

Un nivel mínimo de iluminación.

Un adecuado grado de uniformidad tanto longitudinal como transversal.

El Manual de Explotación recogerá su conservación y mantenimiento. Sólo en túneles de nivel I, se proyectará un sistema de alumbrado de emergencia, servido por baterías independientes.

**V.3.2.5 Salidas de emergencia y refugios.-** Un túnel ferroviario, de nivel I, deberá disponer de salidas de emergencia para utilizar por los usuarios en caso de accidentes graves o incendio.

En túneles de montaña o subacuáticos, esta salida será la propia galería de servicio que en muchas ocasiones ha sido preciso construir con el túnel por razones de reconocimiento del terreno, constructivas y/o ayuda a la explotación.



Una alternativa a la galería de servicios será la habilitación de refugios adosados a los hastiales del túnel, con suficiente capacidad y dotados de los medios de supervivencia necesarios (agua, aire, luz, telecomunicación...).

En túneles urbanos o de baja cobertura deberán habilitarse pozos de servicio distanciados convenientemente y con salida directa al aire libre.

En cualquiera de los casos, en el diseño de estas salidas de emergencia, habrá que tener muy en cuenta las reacciones un tanto imprevisibles de las personas que acaban de sufrir el accidente por lo que los sistemas de señalización y comunicación deben ser muy claros e inmunes al fuego o el impacto.

**V.3.2.6 Incendio.-** El túnel deberá estar equipado con los sistemas de detección y extinción que mejor se adapten a sus características.

El proyecto deberá recoger esta eventualidad y analizarla con todo detalle para incorporar en el proyecto de las instalaciones, especialmente en el de ventilación, los medios necesarios para evitar o al menos reducir al máximo los efectos que pueda producir el incendio (por ejemplo: Incombustibilidad de los materiales).

El Manual de Explotación recogerá de forma pormenorizada las sucesivas actuaciones que será necesario acometer en caso de incendio y las medidas permanentes de mantenimiento y conservación para que el sistema en su conjunto (ventilación, detectores de fuego, sistemas de comunicación, etc.), esté siempre en condiciones de servicio.

**V.3.2.7 Calentamiento.-** La mayor parte de la energía de tracción de los trenes que circulan por el túnel se disipa en forma de calor. Habrá que calcular los niveles máximos de temperatura en cada caso, para determinar si se hace necesario el diseño e instalación de algún sistema de enfriamiento artificial en el túnel.

**V.3.2.8 Equipamientos.-** Dentro de este apartado se incluyen entre otros los siguientes equipamientos:

Vía.

Señalización y balizamiento.

Telecomunicaciones.

Instalación de tracción eléctrica.

Telemandos y telecontroles.

Drenaje.

Puesta a tierra.

Conductos de recogida de vertidos tóxicos o inflamables.



Todos estos conceptos serán objeto de estudio y se incluirán en el proyecto de instalaciones en un nivel proporcional al de la categoría del túnel.

El Manual de Explotación recogerá el uso, conservación y mantenimiento de cada uno de estos equipamientos del túnel.

**V.3.2.9 Seguridad. Medidas preventivas.-** Para asegurar la máxima seguridad de los viajeros en caso de incidencia grave (accidente, incendio...), hay que actuar desde el proyecto, incluyendo en dicho concepto aspectos propios de la explotación como pueden ser el tipo de material rodante, la composición y frecuencia de los trenes, el distanciamiento entre ellos y otra serie de aspectos relacionados directamente con la explotación.

El sistema operativo durante la explotación deberá estar reflejado en el correspondiente documento del proyecto e incorporado en su momento al Manual de Explotación.

**V.3.2.10 Obra civil.-** Será de aplicación el contenido del apartado V.2.2.10 relativo a túneles de carretera.

**V.3.2.11 Manual de Explotación.-** Los túneles que por razón de su importancia (niveles I y II) van a disponer de una serie de instalaciones fijas para su buen funcionamiento y máxima garantía de seguridad, deberán contar con equipos y medios para su correcta explotación. La estructura y composición de estos medios debe ser analizada y valorada en fase de proyecto y su coste debe integrarse en el presupuesto general de la obra.

Las funciones principales son:

Control del tráfico ferroviario Mantenimiento de las instalaciones y de la obra civil.

Actuación en caso de accidente ferroviario.

Parte de estas tareas son permanentes: Control de tráfico y mantenimiento de las instalaciones. El resto serán periódicas o puntuales.

Tanto unas como otras se regirán por el Manual de Explotación, cuyos términos de referencia estarán recogidos en el proyecto y servirán para el diseño de la estructura organizativa: Personal, locales y medios materiales con su correspondiente valoración a lo largo del tiempo.

