

TÚNELES DE CARRETERA: RECOMENDACIONES PARA LA NORMALIZACIÓN DE EQUIPOS DE VENTILACIÓN

DOCUMENTO DE CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

COMITÉ TÉCNICO C5 TÚNELES DE CARRETERA
GRUPO DE TRABAJO: NORMALIZACIÓN

EDITA:

Asociación Técnica de Carreteras
C/ Monte Esquinza, 24
28010 Madrid

IMPRESIÓN:

Huna Soluciones Gráficas S.L.
Avenida Montes de Oca, 7 Portal 6
28703 S.S. de los Reyes (Madrid)

ISBN:

978-84-95641-53-3

DEPÓSITO LEGAL:

M-13300-2022

Impreso en España - Printed in Spain

PRESENTACIÓN

Por regla general, cuando se construyen infraestructuras del tipo túnel de carretera, aunque éstas sean de una determinada titularidad se ejecutan a través de una empresa contratista que a su vez subcontrata con una gran variedad de proveedores, fundamentalmente en lo que a instalaciones y equipamientos se refiere. Suele ser bastante común el que los Pliegos no siempre definan exhaustivamente los condicionantes que han de cumplir cada uno de los sistemas y subsistemas que constituyen un equipamiento por lo que muchas veces se adjudican los contratos con un criterio fundamentalmente económico al mejor postor, incluso uno diferente para cada una de las instalaciones, lo que hace que en ocasiones se presenten graves problemas de compatibilidad entre unos y otros sobre todo cuando se pretende una integración global en una única plataforma de gestión. Esta compatibilidad, además, debe de ser biunívoca.

La transformación digital y la industria 4.0 también es aplicable al campo de los túneles, siendo necesario reducir la complejidad de la gestión mejorando la eficiencia a partir de sistemas de control profundamente integrados, alcanzar la excelencia en la explotación reduciendo simultáneamente los costes apoyándose en un sistemático análisis de los datos recogidos y maximizar la eficiencia permitiendo la colaboración con terceros.

Por ello cada uno de los sistemas y subsistemas deben poder ser suministrados, instalados y puestos a punto por distintos proveedores de forma indiferente y deben permitir su modificación y desarrollo de módulos para la integración de dispositivos de distintos proveedores actuales o futuros, siendo aplicable a todos los equipamientos que intervienen en garantizar la seguridad del túnel y facilitar la explotación: sistemas SCADA, CCTV y Detección Automática de Incidentes (DAI), estaciones de emergencia (postes SOS, extintores, alarma de incendio y teléfonos de emergencia), Sistemas de Detección Automática de Incendios (detección lineal de fuego), Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS), Paneles de Señalización Variable (PMV), sensores para el control remoto de puertas de emergencia/evacuación, Registro Automático de Infracciones (RAI) (velocidad, separación, altura, ...), ventilación, iluminación, ...

Con este objetivo, en el ciclo 2016-2019, en el Comité técnico de túneles de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) se creó un Grupo de Trabajo multiciclo denominado "Normalización" con el objeto de establecer unos documentos sobre las características funcionales de los diferentes equipamientos que garanticen su operabilidad y que constituyan unas recomendaciones básicas para su normalización con características y valores concretos que se deberían cumplir. Además se aborda la normalización de la integración en el sistema de control (señales, protocolos, algoritmos, ...) para evitar protocolos propietarios entre dispositivos.

Por tanto se trataría de redactar Protocolos para la normalización y la definición de las distintas especificaciones que deben de cumplir los diferentes equipos y sistemas para que estos sean compatibles, permitiendo su comunicación entre sí y la plataforma de

gestión centralizada independiente del fabricante, es decir integración del sistema de control evitando protocolos propietarios entre dispositivos. Evidentemente el Comité de Túneles no tiene acreditación para llevar a cabo esta normalización pero si cuenta con la experiencia de profesionales para establecer una serie de recomendaciones que permitan a los organismos competentes hacer frente a esta necesidad.

Con ello se pretende no limitar el mercado sino precisamente abrir el abanico a todos los proveedores de forma que varios de ellos puedan intervenir en un mismo proyecto, es decir se trata de homogeneizar protocolos y funcionalidades de manera que por parte de los fabricantes se provea de productos “abiertos”, integrables y compatibles entre sí.

Con estos mismos objetivos, se ha elaborado un documento de recomendaciones para la normalización de los equipos asociados a los sistemas de ventilación en túneles. La motivación para escogerlos ha sido su importancia, asociada a su relación no sólo con las condiciones de confort y salubridad en el túnel sino con la seguridad de los usuarios. Adicionalmente, en muchos túneles este equipamiento supone un impacto significativo en el presupuesto total de las instalaciones, en los costes de explotación asociados al consumo energético y en los recursos necesarios para garantizar el mantenimiento de los equipos. El documento se estructura en diferentes apartados que se pueden agrupar en tres grandes secciones:

una inicial, introductoria, en la que se explican de forma general los diferentes tipos de ventilación en túneles de carretera,

otra central, la más extensa, en la que se analiza individualmente la tipología de los diferentes equipos de ventilación y se detallan recomendaciones para su normalización, tanto las generales que aplican a cada una de las familias de equipamientos (ventiladores, compuertas, cuadros eléctricos de ventilación y sensores ambientales) como las específicas para cada equipo en particular (ventiladores de chorro, ventiladores axiales para conductos de ventilación, ventiladores para presurización de galerías, compuertas para aislamiento de ventilador, compuertas de baipás,...). Se abordan aspectos relacionados con las características constructivas, la funcionalidad y la seguridad de todos estos equipos. Con la misma intención normalizadora, en el apartado dedicado al mantenimiento se describen las tareas básicas a realizar tanto para el mantenimiento preventivo como el correctivo de los equipos, así como su periodicidad. También se dedica un apartado específico al sistema de control de la ventilación, explicando el grado de interrelación que guarda la ventilación con otros sistemas en el túnel, así como el tipo de señales básicas implicadas en su gestión y las buenas prácticas en el tratamiento de éstas, y

una final en la que se exponen tendencias en el aumento del uso de variadores de frecuencia y previsiones de futuro hacia una movilidad eléctrica, finalizando el documento con unas recomendaciones dirigidas a las diferentes partes involucradas en los túneles de carretera.

Por último, para dotar al documento de mayor utilidad y agilidad para una consulta rápida, en el anexo I se incluyen tablas dónde se resumen las características y valores recomendados para la normalización de cada uno de los equipos de ventilación.

Confiemos en que este documento, así presentado, se convierta en una guía de recomendación para todos los involucrados en las diferentes fases de un túnel de carretera, tanto para establecer un marco de comparación y posible normalización como para facilitar los procesos de integración en un Centro de Control independientemente de la tecnología, fabricante o empresas participantes.

Rafael López Guarga
Presidente del Comité técnico de túneles de la ATC

Este informe ha sido elaborado por el Grupo de Trabajo de Normalización del Comité Técnico C5 “Túneles” de la Asociación Técnica de Carreteras.

AUTORES

- Javier Aguirregomezcorta Soler
- Óscar Borobia Cuesta
- Óscar Buendía González
- Ismael Corrales Toribio
- Alberto Cuadrado Madrona
- Eduard Cuadrat Fondevila
- Ignacio del Rey Llorente
- Luis Javier Díaz Valdés
- Javier Fernández Martínez
- César Fernández Ramírez
- Víctor Fernández Sancho
- Fernando Garrido Pérez-Villamil
- Ana Belén Martínez Espejo
- Juan Robisco
- Javier Sánchez Nuño
- Juan Manuel Sanz Sacristán
- Justo Suárez Fernández

COLABORADORES

- Albano Arnés García
- Sonia Fernández Martín
- Enrique Francisco García Lozano
- César García Puente
- Alberto Machuca Llorente
- Miguel Ángel Meléndez Fernández
- Antonio Olallo Martín Crisenti
- Maria Teresa Santamera Oviedo
- Ramón Ugartetxe Fernández

El redactor final ha sido Justo Suárez Fernández y el Grupo de Trabajo de Normalización estaba coordinado por Jose Manuel Portilla Saiz. La revisión final fue dirigida por Ignacio del Rey Llorente y Rafael López Guarga.

El Comité Técnico estaba presidido por Rafael López Guarga, siendo Juan Manuel Sainz Sacristán y Rafael Sánchez Tostón secretarios.

AGRADECIMIENTOS

A Encarna Quesada (ZITRON) y José Luis Gracia (Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón) por su labor editorial en el documento.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	- 1 -
2	OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	- 1 -
3	NORMAS TÉCNICAS DE REFERENCIA Y CONSULTA	- 2 -
4	ABREVIATURAS Y DEFINICIONES	- 4 -
5	DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA VENTILACIÓN EN TÚNELES	- 6 -
5.1	VENTILACIÓN NATURAL	- 7 -
5.2	VENTILACIÓN LONGITUDINAL	- 7 -
5.3	VENTILACIÓN SEMI-TRANSVERSAL	- 9 -
5.4	VENTILACIÓN TRANSVERSAL	- 10 -
6	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS Y RECOMENDACIONES PARA SU NORMALIZACIÓN	- 11 -
6.1	VENTILADORES DE TÚNEL	- 11 -
6.1.1	Características de los ventiladores de túnel y recomendaciones generales para su normalización	- 13 -
6.1.2	Características de los ventiladores de chorro y recomendaciones específicas para su normalización	- 18 -
6.1.3	Características de los ventiladores axiales para conductos de ventilación y recomendaciones específicas para su normalización	- 24 -
6.1.4	Características de los ventiladores axiales para presurización de galerías y recomendaciones específicas para su normalización	- 31 -
6.2	COMPUERTAS DE TÚNEL	- 35 -
6.2.1	Características de las compuertas de túnel y recomendaciones generales para su normalización	- 37 -

6.2.2	Características de las compuertas para aislamiento de ventilador y recomendaciones específicas para su normalización	- 41 -
6.2.3	Características de las compuertas de baipás y recomendaciones específicas para su normalización	- 44 -
6.2.4	Características de las compuertas para conductos de ventilación y recomendaciones específicas para su normalización	- 46 -
6.3	CUADROS ELÉCTRICOS DE VENTILACIÓN	- 49 -
6.3.1	Cuadro eléctrico con arrancador suave	- 50 -
6.3.2	Cuadro eléctrico con variador de frecuencia	- 52 -
6.4	SENSORES AMBIENTALES	- 53 -
6.4.1	Opacímetros	- 54 -
6.4.2	Detectores de monóxido de carbono (CO)	- 56 -
6.4.3	Detectores de óxidos de nitrógeno (NOx)	- 58 -
6.4.4	Anemómetros de interior	- 60 -
6.4.5	Estaciones meteorológicas en boca	- 61 -
7	MANTENIMIENTO	- 64 -
7.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	- 64 -
7.1.1	Ventiladores de túnel	- 64 -
7.1.2	Compuertas de túnel	- 67 -
7.1.3	Detectores de CO	- 67 -
7.1.4	Opacímetros	- 68 -
7.1.5	Detectores de NOx	- 69 -
7.1.6	Anemómetros	- 69 -
7.2	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	- 69 -

8	SISTEMA DE CONTROL DE LA VENTILACIÓN	- 71 -
8.1	INTERFAZ DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN CON OTROS SISTEMAS	- 71 -
8.2	LISTADO GENERAL DE SEÑALES DE CONTROL DE LA VENTILACIÓN	- 74 -
8.2.1	Buenas prácticas en el tratamiento de señales de los sensores de ventilación	- 78 -
9	PREVISIÓN DE FUTURO. TENDENCIAS	- 80 -
9.1	USO DE VENTILADORES DE CHORRO CON VARIADOR DE FRECUENCIA	- 80 -
9.1.1	Eficiencia energética	- 80 -
9.1.2	Regulación óptima del flujo	- 80 -
9.1.3	Arranque suave del motor	- 82 -
9.1.4	Ahorro en mantenimiento	- 82 -
9.1.5	Reducción de los niveles de ruido y vibraciones	- 82 -
9.1.6	Seguridad Integrada	- 82 -
9.1.7	Conectividad y digitalización	- 83 -
9.2	TRANSICIÓN HACIA UNA MOVILIDAD CON VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	- 83 -
10	RECOMENDACIONES	- 84 -
11	BIBLIOGRAFÍA	- 86 -

ANEXO I: TABLAS

- 87 -

TABLA I: CARACTERÍSTICAS Y VALORES RECOMENDADOS PARA LA
NORMALIZACIÓN DE LOS VENTILADORES DE CHORRO

- 87 -

TABLA II: CARACTERÍSTICAS Y VALORES RECOMENDADOS PARA LA
NORMALIZACIÓN DE LOS VENTILADORES AXIALES PARA
CONDUCTOS DE VENTILACIÓN

- 91 -

TABLA III: CARACTERÍSTICAS Y VALORES RECOMENDADOS PARA LA
NORMALIZACIÓN DE LOS VENTILADORES AXIALES PARA
PRESURIZACIÓN DE GALERÍAS

- 94 -

TABLA IV: CARACTERÍSTICAS Y VALORES RECOMENDADOS PARA LA
NORMALIZACIÓN DE LAS COMPUERTAS DE AISLAMIENTO DE VENTILADOR

- 96 -

TABLA V: CARACTERÍSTICAS Y VALORES RECOMENDADOS PARA LA
NORMALIZACIÓN DE LAS COMPUERTAS DE BAIPÁS

- 98 -

TABLA VI: CARACTERÍSTICAS Y VALORES RECOMENDADOS PARA LA
NORMALIZACIÓN DE LAS COMPUERTAS PARA CONDUCTOS DE VENTILACIÓN

- 100 -

ANEXO II: ESTUDIO DE AHORRO ENERGÉTICO

- 102 -

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1: Ejemplo de ventilación natural.</i>	- 7 -
<i>Figura 2: Ejemplo de ventilación longitudinal.</i>	- 8 -
<i>Figura 3: Ejemplo de ventilación longitudinal con pozo central.</i>	- 8 -
<i>Figura 4: Ejemplo de ventilación semi-transversal.</i>	- 9 -
<i>Figura 5: Ejemplo de ventilación transversal.</i>	- 10 -
<i>Figura 6: Ventiladores de chorro instalados en la clave del túnel.</i>	- 23 -
<i>Figura 7: Ventiladores de chorro instalados en los hastiales del túnel.</i>	- 23 -
<i>Figura 8: Ventiladores axiales instalados en salas de ventilación.</i>	- 29 -
<i>Figura 9: Ventiladores axiales de conducto en configuración horizontal.</i>	- 30 -
<i>Figura 10: Ventiladores axiales de conducto en configuración vertical.</i>	- 30 -
<i>Figura 11: Galería de conexión / evacuación con ventiladores de presurización.</i>	- 35 -
<i>Figura 12: Compuerta horizontal fijada a estructura auxiliar.</i>	- 36 -
<i>Figura 13: Compuerta de aislamiento, 4 módulos con actuadores eléctricos.</i>	- 41 -
<i>Figura 14: Sala de ventilación con doble compuerta de aislamiento.</i>	- 42 -
<i>Figura 15: Compuertas de baipás con montaje en horizontal.</i>	- 44 -
<i>Figura 16: Compuerta de baipás con montaje en vertical.</i>	- 45 -
<i>Figura 17: Compuerta de conducto montada en el falso techo de un túnel.</i>	- 47 -
<i>Figura 18: Actuador equipado con encapsulado textil (jacket).</i>	- 48 -
<i>Figura 19: Compuerta sometida a ensayo de temperatura según BS 470-20.</i>	- 49 -
<i>Figura 20: Sala técnica con cuadros eléctricos de ventilación.</i>	- 50 -
<i>Figura 21: Mantenimiento preventivo de ventiladores de chorro en túnel</i>	- 65 -
<i>Figura 22: Mantenimiento preventivo de ventiladores de chorro en túnel</i>	- 66 -
<i>Figura 23: Intercambio de información entre sistema ventilación y otros sistemas.</i>	- 72 -
<i>Figura 24: Esquema general de tratamiento de información por el sistema de control.</i>	- 79 -
<i>Figura 25: Gráfico velocidad rotación motor Vs caudal / presión / potencia</i>	- 81 -
<i>Figura 26: Ensayo real de un incendio de vehículo pesado en un túnel de pruebas.</i>	- 84 -

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Accesorios recomendados para los diferentes tipos de ventiladores de túnel.</i>	- 12 -
<i>Tabla 2: Modelos de ventiladores de chorro recomendadas para su normalización.</i>	- 22 -
<i>Tabla 3: Coeficientes de extinción en función de las condiciones de tráfico.</i>	- 55 -
<i>Tabla 4: Prestaciones de los opacímetros.</i>	- 56 -
<i>Tabla 5: Valores admisibles de CO en diferentes condiciones de tráfico.</i>	- 56 -
<i>Tabla 6: Prestaciones de los detectores de CO.</i>	- 58 -
<i>Tabla 7: Prestaciones de los detectores de NO₂.</i>	- 59 -
<i>Tabla 8: Prestaciones de los anemómetros de interior.</i>	- 61 -
<i>Tabla 9: Prestaciones de sensores de viento y presión exterior.</i>	- 63 -
<i>Tabla 10: Listado de señales asociadas a los equipos de ventilación</i>	- 74 -
<i>Tabla 11: Listado de señales relativas a los sensores de los equipos de ventilación.</i>	- 76 -
<i>Tabla 12: Variables virtuales de los ventiladores.</i>	- 78 -

