

Sistema de control de alumbrado en túneles mediante Protocolo DALI en Calle 30

Emilio Márquez de Prado Moragues; Área de Tráfico Interurbano y túneles, SICE, S.A.

Introducción

Los recientemente inaugurados túneles de Calle 30 han supuesto, además de un claro desafío en el campo de la ingeniería civil y de la ejecución de infraestructuras, un elevado desafío tecnológico para los sistemas de Gestión Integral de Túneles.

Con la premisa de hacer del nuevo trazado subterráneo la infraestructura más segura y un referente mundial en materia de control de túneles, se han incorporado a éstos sistemas tecnologías procedentes de otros campos con el fin de maximizar la seguridad y la comodidad de los usuarios de la vía.

Uno de los sistemas que más directamente afecta a los conductores y más relacionado con la seguridad y el confort es el sistema de alumbrado de los túneles. No hay que olvidar que el sistema de alumbrado es el encargado de hacer imperceptibles las transiciones exterior-interior en las entradas y salidas a los túneles.

Por este motivo, en Calle 30, se tuvo desde el inicio la idea de facilitar la conducción de los usuarios de la vía siendo conscientes de que ello redundaría en una conducción más confortable y, por tanto, más segura.

Diseño del sistema de alumbrado de Calle 30

El Sistema de Iluminación de túnel se diseñó para cumplir una serie de objetivos y partiendo de una serie de premisas que lo dotasen de una homogeneidad que lo hicieran cómodo y seguro para el conductor que por él transitase.

Las premisas de inicio que se debían cumplir en todo el túnel eran:

- Luz de color blanco en el interior de todo el túnel.
- Línea continua de luminarias para el alumbrado permanente.
- Posibilidad de ejercer un control y regulación sobre las luminarias permanentes desde el Centro de Control.

Estas premisas de inicio tenían por objetivo:

- Limitar el deslumbramiento, de modo que el valor del incremento umbral fuera inferior al 15% para todas las zonas y niveles, a excepción de la zona de salida.
- Acabar con el molesto efecto Flicker o parpadeo, de modo que recorriendo el túnel un automóvil a la velocidad de diseño no se produjeran impactos luminosos a frecuencias inferiores a 2,5 Hz y superiores a 15 Hz. Por ello, una iluminación continua, haría el efecto Flicker nulo, además de hacer el deslumbramiento prácticamente despreciable.
- Evitar al conductor la sensación de claustrofobia, debido a que puede permanecer mucho tiempo en el interior del túnel, para lo que se iba a colocar luz blanca.
- Evitar el efecto “muro” al convertir las paredes en elementos bien iluminados y claramente visibles



Lámpara fluorescente de las utilizadas en Calle 30

Evidentemente, y por encima de todo lo mencionado anteriormente estaba el cumplimiento de la normativa vigente en materia de alumbrado de túneles, especialmente las “Recomendaciones para la Iluminación de Carretera y Túneles” del Ministerio de Fomento.

Con estos condicionantes se procedió a hacer un estudio de las diferentes tecnologías disponibles en el mercado. Se analizaron:

- Lámparas fluorescentes
- Lámparas de leds
- Lámparas de halógenos

Como banco de pruebas para determinar la solución más adecuada se utilizó la estación de metro de Begoña.

La solución basada en halógenos quedó descartada en las primeras pruebas, quedando la decisión pendiente entre los fluorescentes y las

lámparas de leds, que habían arrojado los siguientes resultados:

	Fluorescente	LED	LED
Lámpara	T5	62 leds de 2 W	46 leds de 2 W
Potencia	49 W	124 W	92 W
Longitud luminaria	1.400 mm	700 mm	1.000 mm
Medidas medias a 2 m del hastial	16 cd/m ²	20 cd/m ²	15 cd/m ²

Con estos valores se hizo el pertinente estudio de costes, que determinó como solución más rentable la de

	Fluorescente	LED
Años	10	10
Coste energía KWh	0,07 €	0,07 €
Número de luminarias	50.000	50.000
Vida media en horas	20.000	60.000
Consumo energético W/Ud	49	92
Reposición de lámparas en t / Ud	4	0
Reposición de alimentación en t / Ud	0	1
Coste energía KWh	0,07 €	0,07 €
Coste inicial (se igualan) / Ud	400 €	400 €
Coste por reposición mat. + medios / Ud	20 €	70 €
Coste inicial	20.000.000 €	20.000.000 €
Coste de mantenimiento	4.000.000 €	3.500.000 €
Coste energía a 8 años	15.023.400 €	28.207.200 €

Los estudios luminotécnicos finales determinaron la utilización de un sistema de alumbrado continuo con disposición bilateral en los troncales y los ramales más anchos y una disposición unilateral en los ramales y accesos de un único carril.



Diferentes ensayos de iluminación en la Estación de Metro de Begoña

Estos estudios también descartaron la utilización de alumbrado continuo basado en fluorescentes para la iluminación de refuerzo. Para la iluminación de refuerzo se adoptó una solución tradicional basada en luminarias de halogenuros metálicos.

El sistema de control DALI

Al haberse adoptado una solución tradicional para el sistema de alumbrado de refuerzo se optó, de la misma manera, por el sistema de control de alumbrado tradicional basado en la conexión y desconexión directa de los contactores que alimentan a cada circuito de alumbrado. De esta forma el único control posible sobre el alumbrado es el encendido o el apagado totales, dando lugar a los conocidos escalones en los niveles de iluminación.

Sin embargo, para el alumbrado permanente se decidió equipar a las luminarias con balastos electrónicos que posibilitarían un control más exhaustivo sobre el alumbrado.

Balastro electrónico



De entre los protocolos de control posibles (Lonworks, DMX, etc) se optó por el protocolo DALI al ser el que contaba en el mercado con un mayor número de fluorescentes equipados.

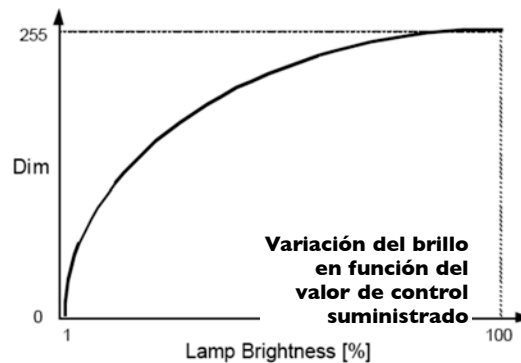
El protocolo DALI (Digital Addressable Lighting Interface) es un protocolo de control de alumbrado diseñado para controlar digitalmente balastos electrónicos y luminarias equipadas con este tipo de tecnología. Este estándar agrupa a los más importantes fabricantes de balastos electrónicos de iluminación a nivel mundial desde 1999.

La norma DIN IEC 60929: hace referencia a la interfaz de regulación digital para balastos y dispositivos electrónicos.

Las principales características del sistema DALI son:

- Velocidad de transmisión de los datos 1200 Baudios (Bits/Seg.).
- Sistema maestro-esclavo sin control de colisión.
- Línea de control de 2 hilos.

- Interfaz de tensión de 16V (de 9,5V a 22,5V).
- Interfaz de corriente de 250mA. Los dispositivos DALI necesitan un máximo de 2mA.
- No se utilizan cables especiales.
- Un máximo de 64 equipos DALI en una línea.
- Hasta 16 grupos.
- Hasta 16 escenas de iluminación predefinidas.



El sistema permite, además, las siguientes funcionalidades:

- Conexión / Desconexión.
- Se establecen valores de iluminación.
- Regulación de iluminación con curvas logarítmicas (como el ojo humano).
- Tiempos de desconexión de escenas.
- Control individual de aparatos o de grupos.
- Regulación sincronizada de todos los componentes.
- Control simultáneo de todos los aparatos.
- Límites de regulación máx. / mín.
- Confirmación del estado del aparato (lámpara on/off, nivel de iluminación, fallo en lámpara o equipo electrónico).

Integración en el Sistema de Gestión Integral de Túneles

Como se ha podido comprobar el protocolo DALI ofrece una herramienta muy poderosa que permite realizar un control exhaustivo de instalaciones de alumbrado, pudiendo llegar hasta el control luminaria a luminaria.

Evidentemente no hay que olvidar que el sistema de alumbrado pertenece a un sistema mucho más complejo que es el de Sistema de Gestión del Túnel y no puede considerarse como un elemento aislado sino que debe actuar de forma coordinada como parte de un todo.

Por supuesto en el mercado existen multitud de herramientas software dedicadas al control y

a la gestión de los sistemas DALI, pero la utilización de dichas herramientas chocaría frontalmente con la filosofía de Calle 30 de facilitar el trabajo de los operadores, ofreciéndoles una herramienta única que les permitiera controlar cualquier tipo de equipo dentro de una interfaz homogénea.

El sistema de Gestión de Túneles implementado en Calle 30 responde a una estructura piramidal:



En este caso las luminarias DALI pertenecerían al nivel 0 (Equipos de Túnel) que comunicaría con el siguiente nivel (Control Centralizado) por medio del protocolo DALI.

Es en el nivel I en el que recae todo el esfuerzo de integración de todos los sistemas de túnel. Todos los equipos deben salir del nivel I utilizando un protocolo de comunicaciones Ethernet TCP/IP. Es por ello que un importante esfuerzo de diseño se centró en los armarios de control distribuido de túnel.

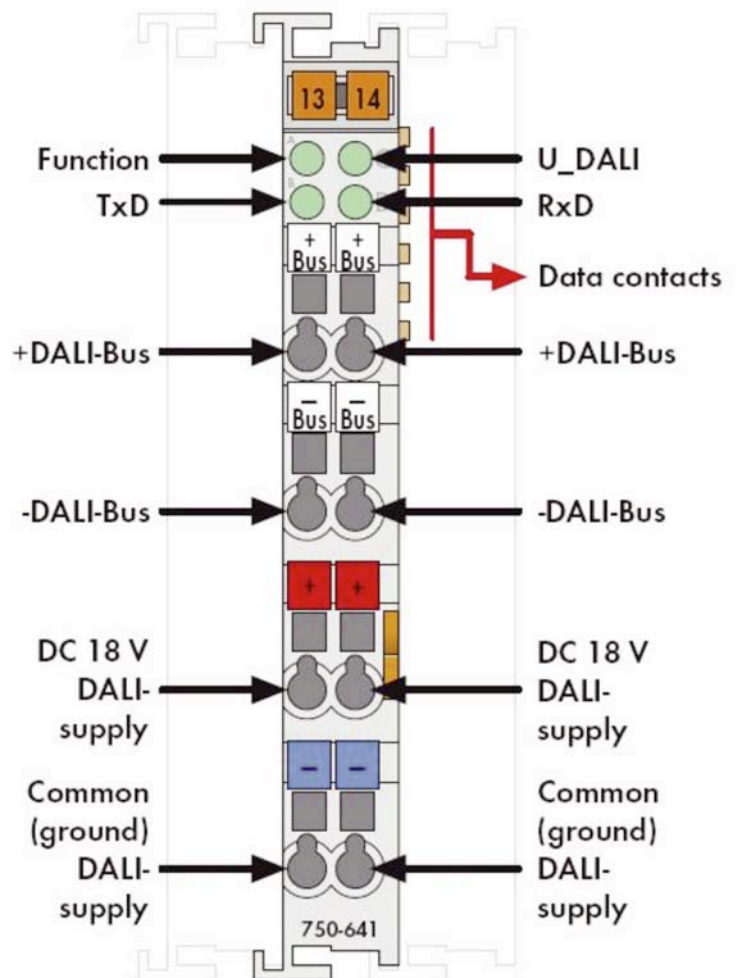
Para garantizar este control distribuido se dispuso en todas las salidas de emergencia del túnel, aproximadamente cada 200 metros, un armario de concentración de señales que debía concentrar las comunicaciones con todos los equipos del túnel, recibiendo información a través de una multitud de protocolos diferentes (DALI, serie, I/O) y ofreciendo una única salida (Ethernet TCP/IP) al siguiente nivel.

Tras analizar el mercado en busca de soluciones se optó por la utilización de PLC de la marca WAGO. Estos cumplían con todos los requisitos que se habían planteado en la fase de diseño:



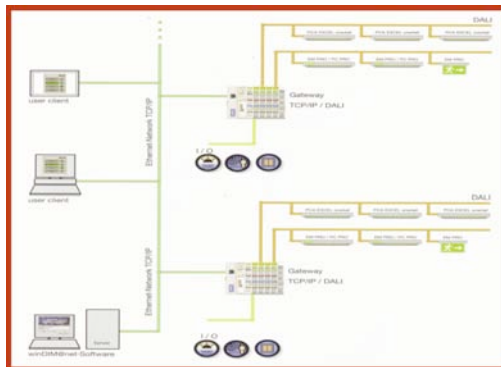
Armario de Control Distribuido de Túnel (Calle 30)

- Hacia el nivel superior disponían de un interfaz de comunicaciones TCP/IP (ModBUS TCP/IP).
- Hacia el nivel inferior disponían de una gran variedad de interfaces, entre ellos el requerido para esta aplicación, el DALI.



Esquema de conexiones del maestro DALI

De esta manera la arquitectura del sistema de control de alumbrado quedaba establecida de la siguiente forma:



Arquitectura del sistema de control DALI

Todos los armarios de control distribuido se encuentran enlazados con el siguiente nivel de control por medio de un anillo redundante, que garantiza las comunicaciones en el caso de ruptura o fallo del mismo.

En este nivel las comunicaciones entran en la red troncal Gigabit Ethernet sobre fibra óptica que comunica con los Centro de Control.

Funcionalidad del sistema

A nivel de Centro de Control, se debía adoptar una solución que permitiese aprovechar toda la potencia y control exhaustivo que permite el DALI pero que no proporcionase un

exceso de información al operador de forma que sobrepasase su capacidad de asimilación.

Para ello, aunque el DALI hubiera permitido un control luminaria a luminaria, se adoptó una solución de control por tramos de unos 200 metros. Los motivos para esta decisión fueron:

- El proyecto disponía de más de 40.000 lámparas de iluminación continua, lo que hacía inimaginable un control luminaria a luminaria.
- Se aprovechaba la división natural del sistema de control de túnel ya que el control pasaba a ser de armario de control a armario de control.
- La modificación de las condiciones de alumbrado en tramos de 200 metros es una medida razonable dada la magnitud del sistema a controlar.

El sistema de iluminación permanente, desde el Centro de Control, realiza las siguientes funciones:

- Adquirir los Estados y Valores de señales y equipos.
- Controlar los estados de funcionamiento de equipos de iluminación.
- Calcular los algoritmos de iluminación y actuación.
- Presentar la información de iluminación al operador.
- Almacenar datos tiempo real e Históricos.

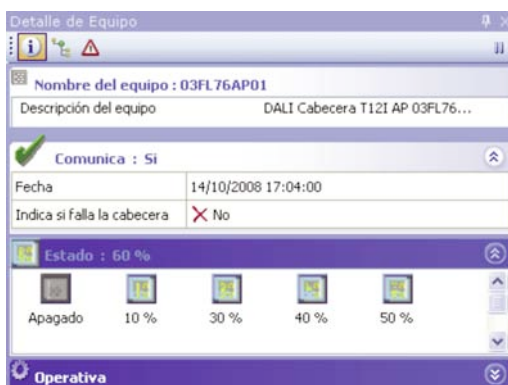
Se monitoriza un resumen de las posibles alarmas que las luminarias puedan dar. La principal alarma es la de luminaria fundida:

Desde el Centro de Control el operador puede establecer iluminación permanente en zonas del túnel dando el nivel de luminosidad. Se encienden todas las luminarias asociadas a un tramo al mismo nivel de luminosidad, es decir, todas las luminarias conectadas a un mismo armario se manejan de manera conjunta.

Desde el sistema ITS se podrá:

- Solicitar un nivel de iluminación
- Apagar las luminarias.

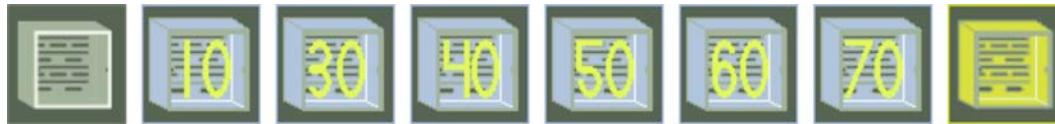
La representación del estado de la iluminación permanente según el porcentaje de iluminación es la que sigue, en donde el icono gris que no contiene porcentaje representa el 0% y el icono amarillo significa el 100 % de iluminación. Los iconos que aparecen son:



Pantalla de estado de un controlador DALI



Pantalla de alarmas de un controlador DALI



Iconos representando los posibles estados del alumbrado permanente

Cada vez que llega un nuevo valor al Centro de Control, éste es almacenado en la Base de Datos Tiempo Real del Sistema ITS y en la Base de Datos Históricas, para una posterior consulta en informes. Los datos que se almacenan corresponden a los cambios de valor que han sufrido las medidas de: nivel de iluminación, y las alarmas.

- Permite variar los niveles de alumbrado en función del tráfico.
- Permite adaptar el nivel del alumbrado en función del envejecimiento de la instalación

De esta forma se pueden garantizar los niveles mínimos exigidos en la normativa de forma dinámica, en lugar de tener que utilizar siempre los máximos calculados para la instalación.

Conclusión

Al igual que en la mayor de los subsistemas que componen las instalaciones de los túneles de Calle 30, el sistema de alumbrado permanente ha supuesto la introducción de un novedoso sistema de control que proporciona un control más exhaustivo que el de los sistemas tradicionales, permitiendo establecer un control luminaria a luminaria.

La incorporación de este novedoso sistema de control ha supuesto también un desafío tecnológico de cara a una plena incorporación al Sistema de Gestión Integral de Túneles.

Este diseño mereció el segundo premio en los DALI Awards del año 2.008, que premian a los mejores proyectos a nivel mundial que utilicen el estándar DALI.

Además de su novedad y control exhaustivo, este sistema, al permitir una regulación de entre el 0 y el 100% del flujo luminoso de forma continua, puede suponer importantes ahorros energéticos en la fase de explotación por varios motivos:

www.sice.com

ITS
Sistemas Inteligentes de Tráfico/Transporte

Integradores de Tecnologías y Sistemas ITS en el campo de los Sistemas Inteligentes de Tráfico y Transporte

Tráfico Urbano, Interurbano y Túneles
Alumbrado Público
Aparcamientos
Transporte
Sistemas de Seguridad
Telecomunicaciones
Control de Accesos

Actuaciones en más de 60 túneles, 15 centros de control, más de 120 kms. de túneles controlados, nos sitúan en la vanguardia tecnológica.

Soluciones abiertas a configuraciones, adaptadas a cada instalación mediante la integración total de los equipamientos de un túnel con un solo interface de usuario, con vigilancia y control unificado.
Aportamos la más moderna tecnología en la gestión integral de túneles.
Diseño, fabricación, desarrollo, instalación, mantenimiento y explotación.

Tecnología líder a su servicio

www.sice.com