



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO MEDIANTE UN SISTEMA ALTERNATIVO AL BUS DALI. APLICACIÓN A UN PUESTO DE PRACTICAS.

Tutores:

Javier Martínez Román

Ángel Sapena Bano

Carlos Gil Buigues

Cgilbuigues95@gmail.com

06/2017



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

***Diseño e implementación de una
instalación de alumbrado mediante un
sistema alternativo al DALI***



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

RESUMEN

En este proyecto se ha realizado un estudio de los sistemas actuales de iluminación de tipo industrial, que fundamentalmente están basados en las lámparas fluorescentes, y que, de forma progresiva, se están cambiando por lámparas de características similares en cuanto al flujo luminoso pero basadas en la tecnología LED.

Aunque en la industria, todavía una gran mayoría de sistemas de control de alumbrado son de característica *on-off*, con arranques de estos tubos mediante balastos convencionales (reactancias y cebadores), desde hace unas décadas se ha ido actualizando el control de estos tubos mediante balastos electrónicos, a menudo con la posibilidad de regular el flujo luminoso. Por ello se ha tomado como base de los estudios presentados en este TFG estas técnicas y se ha añadido el tubo sustitutivo de ambas técnicas, el basado en tecnología LED.

Los análisis realizados se han desarrollado con la perspectiva del alumbrado industrial, pero, a falta de una instalación de este tipo, se ha analizado y generado una instalación piloto con las tecnologías antes mencionadas, de manera que todos los resultados sean totalmente extrapolables a una instalación industrial.

Por ello se ha desarrollado una instalación piloto con tres tubos, uno para cada tecnología estudiada, y se ha estudiado e implementado la regulación del flujo luminoso de estas lámparas mediante equipos comerciales.

Por último, esta instalación piloto se ha adaptado a un puesto de prácticas orientado a los alumnos de las tecnologías eléctricas. En este sentido se ha primado la realización de un control de iluminación y toma de medidas (tanto en valor eficaz como en valores instantáneos: formas de onda) sencilla para que pueda ser aprovechado no solo para las prácticas de alumbrado y sus repercusiones en la calidad de la energía y su eficiencia energética sino también para futuros trabajos incluso de investigación en redes eléctricas dedicadas al control de alumbrado.

ABSTRACT

In this project, we aim to study the nowadays illumination systems of industrial type, that fundamentally are based in the fluorescent lamps and, progressively, are being changed by similar lamps as far as luminous flux but based on LED technology.

Although in the industry, still most of the illumination control systems are based on on-off characteristics, with starts of this tube through conventional ballast (reactance and lighter), for a couple of decades, this tube's control has been being actualized with electronic ballasts, sometimes with the possibility of the illumination flux regulation. Because of that, we have taken these techniques as the study base presented in this TFG and we have added the substitute tube of both techniques, based on LED technology.

The analysis we have made have been developed with the industrial lighting perspective, but, with a lack of an installation of this type, we have analysed and generated a pilot installation with the previously mentioned technologies, in a way that all the results can be totally extrapolated to an industrial installation.

That's the reason because we have developed a pilot installation with three tubes, each one for each studied technology, and we have studied and implemented the illumination flux regulation of these lamps through commercial equipment.

Finally, this pilot installation has been adapted to a workstation oriented to the students of the electric technologies. In this sense, we have given preference to the realization of the illumination control and easy measurement (both with the average values and with the instant values: wave forms) for take advantage of it not only for lighting practices, when we can study its quality repercussion on the energy or its energy efficiency but also for even investigation works in electric networks dedicated to the lighting control.

OBJETIVOS

Son varios los objetivos a alcanzar, siendo todos ellos de gran interés para el proyecto, ya que estos temas conjugan los sistemas de alumbrado, la regulación luminosa y, por tanto, el posible ahorro energético, la medición y estudio de la calidad de la energía eléctrica, u otros varios, todos ellos de carácter muy actual. Por consiguiente, se pueden resumir los objetivos de la siguiente manera:

- 1.- Realizar un análisis comparativo de las técnicas actuales de las instalaciones de alumbrado, basado en la iluminación con tubos fluorescentes y lámparas LED.
- 2.- Explicar los métodos empleados en la regulación de flujos luminosos mediante lámparas.
- 3.- Desarrollo de una pequeña instalación piloto en la que se puedan contrastar los resultados de los análisis efectuados.
- 4.- Implementar un sistema de regulación no comercial en un puesto de prácticas donde se compare la eficiencia de tres tecnologías de iluminación distintas.
- 5.- Introducir teóricamente el funcionamiento de los elementos más comunes en una instalación de iluminación.



CONTENIDO

MEMORIA:

1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	ESTADO DE LA CUESTIÓN	10
3.	METODOLOGÍA	11
4.	LA INSTALACIÓN DEL PUESTO PILOTO	18
5.	CASO PRÁCTICO	30
6.	ESTUDIO TEÓRICO	55
7.	COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN	72

ESTUDIO ECONÓMICO

1.	INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO ECONÓMICO	89
2.	INSTALACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO	90
3.	COMPARATIVA	92

PLIEGO DE CONDICIONES

1.	INTRODUCCIÓN AL PLIEGO DE CONDICIONES	95
2.	CONDICIONES TÉCNICAS DEL PUESTO DE TRABAJO	96
3.	CONDICIONES TÉCNICAS DE UNA INSTALACIÓN DALI	99
4.	CONDICIONES FACULTATIVAS	101
5.	CONDICIONES ECONÓMICAS	102
6.	CONDICIONES LEGALES	104

CONCLUSIÓN	105
------------------	-----



ANEXOS:

ANEXO I INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN DEL PUESTO PILOTO	111
ANEXO II INFORMACIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	119
ANEXO III LA REGULACIÓN Y EL AHORRO DE ENERGÍA.....	131
ANEXO IV LA TENDENCIA DE LA INDUSTRIA DE LA ILUMINACIÓN	133
ANEXO V LÁMPARAS CON BALASTOS Y TECNOLOGÍA LED	135
ANEXO VI TERMINAL KL6811	146
ANEXO VII SISTEMA TOUCH CONTROL	149



CONTENIDO DE LA MEMORIA

1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	10
3.	METODOLOGÍA.....	11
3.1.	PLANTEAMIENTO.....	12
3.1.1.	<i>Instalaciones con balastos convencionales.....</i>	<i>12</i>
3.1.2.	<i>Instalaciones con balastos electrónicos.....</i>	<i>13</i>
3.1.3.	<i>Instalaciones con tubos LED.....</i>	<i>16</i>
4.	LA INSTALACIÓN DEL PUESTO PILOTO	18
4.1.	ESTADO INICIAL DEL PUESTO DE PRÁCTICAS.....	18
4.1.1.	<i>Tarjeta de adquisición de datos BTH-1208LS.....</i>	<i>19</i>
4.1.2.	<i>Circuito de conmutación</i>	<i>22</i>
4.1.3.	<i>Software</i>	<i>26</i>
5.	CASO PRÁCTICO.....	30
5.1.	MONTAJE DE LA INSTALACIÓN.....	30
5.2.	MEDICIONES	42
5.3.	RESULTADOS	46
6.	ESTUDIO TEÓRICO	55
6.1.	BUS DALI	55
6.2.	COMPONENTES NECESARIOS PARA BUS DALI	60
6.2.1.	<i>PLC.....</i>	<i>61</i>
6.2.2.	<i>Terminal master KL6811.....</i>	<i>62</i>
6.2.3.	<i>Analizador de energía.....</i>	<i>63</i>
6.2.4.	<i>Software</i>	<i>64</i>
7.	COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN	72
7.1.	BALASTOS	73
7.2.	EQUIPOS.....	77
7.3.	SENSORES	77
7.4.	ACCIONAMIENTOS	78
7.5.	REPETIDORES.....	79
7.6.	ADAPTADORES, CONVERTIDORES Y PASARELAS	80
7.7.	HERRAMIENTAS DE CONFIGURACIÓN Y MONITORIZACIÓN.	80
7.8.	UNIDADES DE CONTROL	80



7.8.1.	Dimmer	81
7.8.2.	RGB	81
7.8.3.	DMX	82
7.8.4.	Domótica	83
7.9.	SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL	84
7.9.1.	Estandar IEC 60929	84
7.9.2.	Modulación pwm (leading & trailing – edge dimming)	84
7.9.3.	Regulación 1 – 10V	85

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el alumbrado utilizado en la industria se basa en su mayor parte en la utilización de tubos fluorescentes, que han sustituido con el tiempo al resto de fuentes de iluminación en este tipo de ámbitos. Estas lámparas se alimentan a través de una reactancia que progresivamente se está sustituyendo por el balasto electrónico.

Por otro lado, la aparición de la tecnología LED supone una nueva alternativa a este último, y la viabilidad de su aplicación a dichos sistemas industriales es una de las bases del estudio realizado en este trabajo. Es por estas razones por las que, a falta de una instalación industrial, se ha diseñado e implementado un puesto piloto donde puedan funcionar estas tres tecnologías.

Como novedad, también se ha estudiado la capacidad de regulación de ambos tipos de lámparas (fluorescentes y LED) para su aplicación a la industria. Dicha capacidad aún se encuentra en los comienzos de su desarrollo dentro de la incipiente tecnología LED, hecho que ha supuesto la búsqueda de una alternativa para poder conseguir controlar el brillo del tubo.

En segundo lugar, como método comercial, hemos considerado a los sistemas DALI como un referente para realizar una comparación con la instalación diseñada en el laboratorio, siendo estos sistemas capaces también de regular las lámparas instaladas si estas lo permiten.

En este trabajo se explica el funcionamiento del sistema implementado y el proceso de montaje del mismo, además de ofrecer una introducción a la regulación de alumbrado, una profundización en los dispositivos que pueden componer un sistema de alumbrado y otras tecnologías existentes de regulación.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

La aparición de los balastos electrónicos regulables ha facilitado considerablemente el control de instalaciones de alumbrado, y dentro de este mundo, el bus DALI se ha convertido en un estándar al que prácticamente la totalidad de fabricantes de equipos de iluminación ha adaptado sus dispositivos.

Por otro lado, las soluciones no comerciales también pueden ser viables para instalaciones industriales, donde se puede llegar a adquirir un control elevado de la instalación.

Actualmente, las instalaciones de iluminación en la industria se basan mayoritariamente en el encendido y apagado de zonas o grupos de lámparas a través de interruptores simples, estando así “descentralizado” el control de las diferentes zonas. Podemos decir por tanto que el mundo de la regulación de alumbrado se encuentra en vías de introducción y desarrollo en los ámbitos industriales y que las opciones que se estudian en este trabajo no representan el modelo de sistema de iluminación industrial actual, aunque sí posiblemente, el modelo al que dichas instalaciones se dirigen.

3. METODOLOGÍA

Como se ha indicado anteriormente, se emplean distintas técnicas industriales para las instalaciones de alumbrado, de las que podemos extraer una muestra, que sirve como punto de partida para el diseño de la instalación piloto que se ha implementado en este trabajo.

En primer lugar, se ha tenido en cuenta que el uso de las reactancias sigue siendo muy extendido a pesar de las desventajas que presenta respecto de los balastos electrónicos, como lo son por ejemplo la necesidad de un cebador. Y se han incluido por tanto en la instalación piloto, dos lámparas fluorescentes, en la que se utiliza por un lado una reactancia o balasto electromagnético y, por otro lado, un balasto electrónico.



Ilustración 1. Balasto convencional.

El balastro electrónico se puede encontrar en las instalaciones industriales instaladas durante la última década, y podemos considerar que su estudio también debe ser tenido en cuenta. Este tipo de arrancador tiene dos opciones en el mercado: una regulable y otra no regulable.

En las instalaciones donde se usa el balastro electrónico regulable, encontramos dos formas de realizar la regulación: una a través de la aplicación del bus DALI, que no está demasiado extendida debido a la complejidad de su programación, y otra mediante equipos basados en control de una variable, generalmente de tensión, que no se diferencian demasiado de un simple potenciómetro. El balastro electrónico utilizado en el puesto piloto es regulable, pero se ha controlado de forma diferente a la habitual para las instalaciones industriales.

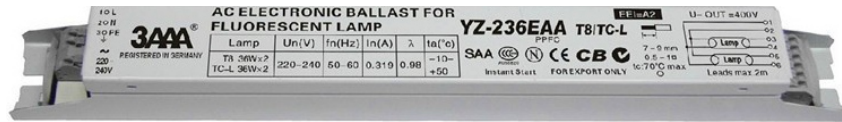


Ilustración 2. Balasto electrónico.

Por último, el tercer tubo añadido a la instalación tiene su motivo en la incipiente que está teniendo la tecnología LED en el mercado. Con ella se están fabricando lámparas para sustituir no solo los tubos fluorescentes industriales, sino las halógenas, que siguen estando muy extendidas actualmente. Como sustitutivo, encontramos dentro de las lámparas LED un modelo en forma de tubo que con el tiempo podría empezar a ganarse un lugar prominente en las nuevas instalaciones. Es por tanto necesaria la inclusión de este tubo para recoger en el puesto piloto una muestra suficientemente amplia de posibilidades de iluminación industrial.

3.1. Planteamiento

Teniendo en cuenta el estudio de este trabajo, podemos diferenciar tres tipos de instalaciones, de las cuales se realizará un modelo completamente extrapolable a una escala industrial dentro de una misma instalación piloto.

3.1.1. Instalaciones con balastos convencionales

El primer tipo de instalación es el que se basa en el arranque de los tubos fluorescentes en reactancias y cebadores. El control de estas instalaciones no permite la regulación del flujo luminoso, sino el encendido y el apagado manual a través de interruptores, y la protección se realiza a través de interruptores automáticos PIAs (también conocidos como interruptores magnetotérmicos).



Ilustración 3. Interruptor magnetotérmico.

Este tipo de instalaciones no permiten casi ningún tipo de automatismo que pueda suponer un ahorro energético, ya sea a través de la regulación de la luz en función de la luz natural o la necesidad del momento, o el encendido y apagado inteligente de las lámparas. No obstante, sí es oportuno decir que, teniendo en cuenta la capacidad de determinada instalación y la sensibilidad del usuario, se pueden realizar apagados parciales para acondicionar la iluminación a una necesidad determinada.

Dentro de los tres tipos de sistemas estudiados, el uso de la reactancia es el que representa un rendimiento más bajo, puesto que tanto la reactancia como el cebador suponen pérdidas energéticas. En el apartado de resultados se puede comprobar este hecho observando que la demanda de corriente de estos arrancadores es mucho más elevada que la demanda del balasto electrónico.

Además de esto, la reactancia genera una reducción del factor de potencia al provocar un desfase entre la señal de tensión y la de intensidad. Este problema se solventa incorporando condensadores, bien de forma individual por lámparas o bien utilizando baterías de condensadores para el conjunto de la instalación.

3.1.2. Instalaciones con balastos electrónicos

Podemos distinguir otro tipo de instalaciones, que son las que usan un arrancador de tipo balasto electrónico, compuesto por un circuito electrónico que sustituye la reactancia y que aumenta la eficiencia del tubo además de reducir las pérdidas eléctricas que en el caso de las instalaciones con balastos convencionales se producirían a través de la reactancia, del cebador y el resto del circuito eléctrico. También se mejora el factor de potencia, que se encuentra ahora dentro del rango de 0.9, y por tanto dejamos de necesitar condensadores o baterías de condensadores para solucionar este problema.

Dentro de estos balastos podemos encontrar tres tipos distintos:

- Balastos únicamente con control de arranque del tubo fluorescente.
- Balastos con los que se puede regular el flujo luminoso de la lámpara a través de dos hilos de control.
- Balastos con conexión a bus DALI incorporada, que permiten la inclusión de las lámparas conectadas en un sistema de este tipo.

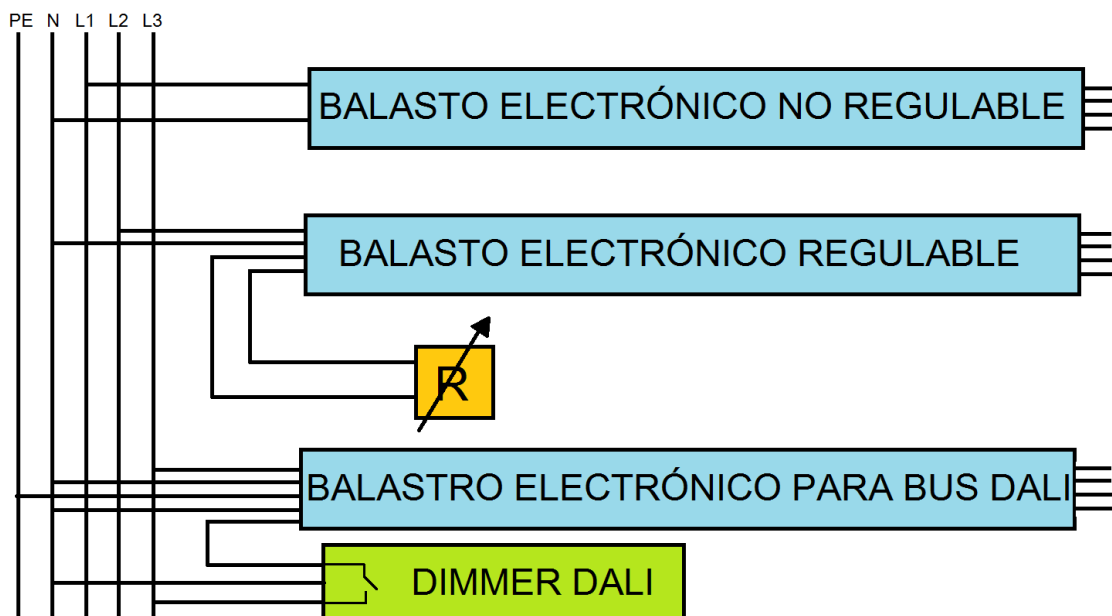


Ilustración 4. Tipos de balastos electrónicos.

La base del funcionamiento de estos tres balastos es similar, y por tanto es interesante remarcar sus diferencias: el primero funciona a efectos prácticos como un balasto convencional, permitiendo únicamente el encendido y el apagado de la lámpara. Estos balastos permiten la sustitución de los anteriores, puesto que pueden aprovechar los mismos accionamientos y las mismas protecciones; el segundo y el tercero permiten la regulación del flujo luminoso: el segundo mediante dos hilos de control que dirigen un controlador semimecánico, como el regulador representado en la ilustración y el tercero mediante una entrada de conexión para bus DALI, que suele contener en una misma manguera cinco hilos para las cinco conexiones mostradas: conexión a la línea y neutro, la protección de tierra (PE), y dos hilos para la comunicación DALI (DA+ y DA-) y un hilo para. Esta manguera se conectará al balasto a través de una conexión de teléfono. A pesar de todo, desde el punto de vista energético, ambos ofrecen una respuesta similar.

Las conexiones mostradas a la derecha de los balastos van dirigidas al tubo fluorescente, y son iguales para los tres casos. Aunque podremos encontrar diferente orden en las conexiones dependiendo del fabricante.

En la instalación piloto se ha optado por la utilización de un balasto electrónico regulable, el segundo tipo de la lista. De esta manera podemos sensibilizar el análisis de

las variables que intervienen en su funcionamiento, tanto para el estudio de este trabajo de fin de grado como para los alumnos que lo utilicen como ejemplo en prácticas.

No obstante, hay que indicar que en el laboratorio donde se han realizado los distintos ensayos, se dispone de una instalación con los balastos electrónicos del tercer tipo. Estos se encuentran conectados a una instalación DALI, lo cual ha permitido contrastar que los valores obtenidos en el montaje final del proyecto, son totalmente representativos y perfectamente extrapolables a una instalación industrial convencional.

La instalación DALI del laboratorio consta de 18 luminarias con 3 tubos fluorescentes cada una, agrupadas en 4 zonas, una formada por 9 luminarias, que alumbran la zona del laboratorio dedicada al desarrollo de los trabajos prácticos de los alumnos, y tres zonas más que iluminan la parte del laboratorio dedicada a las exposiciones teóricas de las prácticas, permitiendo así una iluminación adecuada a cada etapa de la docencia.



Ilustración 5. Montaje para industria de tubos fluorescentes.

Esta instalación, que es muy representativa de cualquier instalación industrial, se controla mediante un autómata programable, el cual está conectado a una pantalla táctil de operador y a dos grupos de interruptores. El encendido y apagado, así como la regulación de la instalación, se puede realizar desde cualquiera de los interruptores o desde la pantalla de operador. Este sistema de control fue causa de otros proyectos de fin de grado de alumnos, y por tanto queda fuera del alcance de este trabajo.

De la misma forma, la protección de estas instalaciones, cuyo diseño e implementación no pertenecen a este trabajo, se han efectuado mediante los PIAs correspondientes.

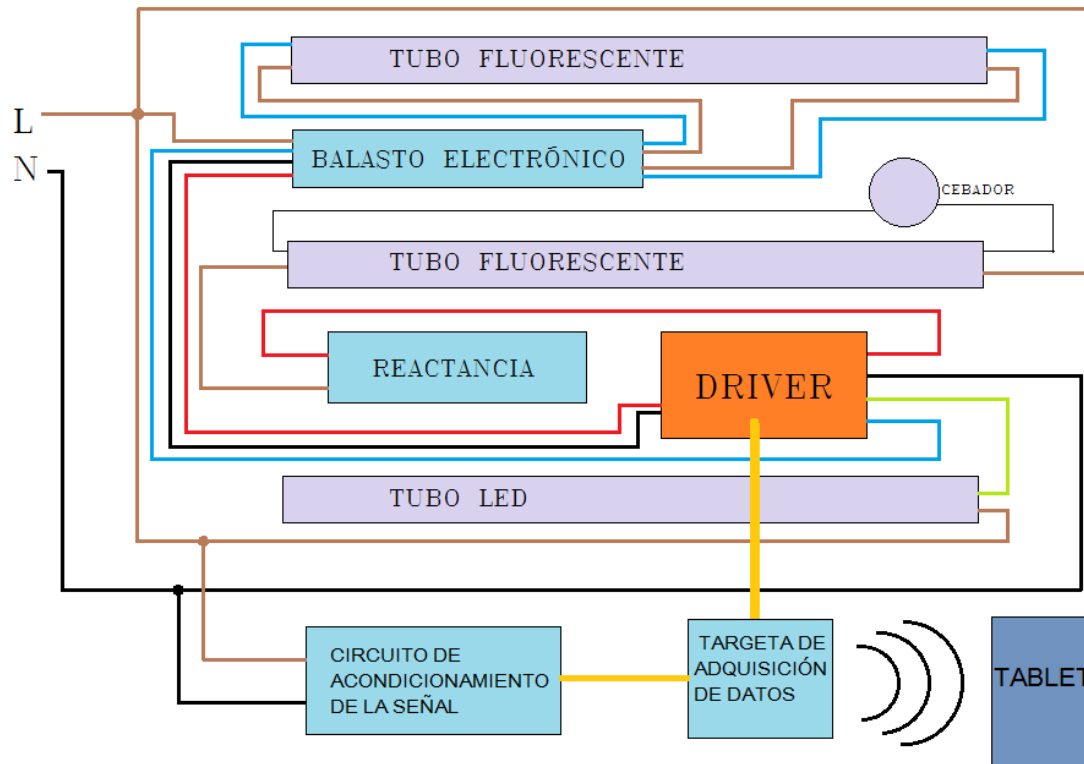


Ilustración 6. Esquema del montaje final.

3.1.3.Instalaciones con tubos LED

En tercer y último lugar, distinguimos las instalaciones con tubos LED, entre las cuales se encuentran los sistemas instalados más modernos. Las protecciones de estas instalaciones también se basan en interruptores magnetotérmicos (PIAs). En cuanto a la regulación, los tubos LED no representan una solución actual, puesto que esta capacidad se encuentra aún en vías de desarrollo, sino que contemplan las mismas características de control que una lámpara fluorescente con un balasto convencional. Por tanto, pueden aprovecharse los accionamientos de las instalaciones anteriores, aunque la sustitución del tipo de tubo requiere un cambio en la orientación de las conexiones al mismo.



Ilustración 7. Tubo LED



No obstante, en este trabajo se ha pretendido dar un paso más allá y buscar una forma de regular un tubo LED. La solución encontrada se ha basado en la utilización de un equipo de regulación denominado “*dimmer*”, que se regula mediante una señal entre 1V y 10V o a través de una resistencia regulable. Este dispositivo es capaz de alimentar un receptor con una señal de corriente continua regulable, pero los fabricantes no han sido capaces de ofrecer un tubo LED capaz de funcionar bajo estas condiciones, ni ningún tipo de equipo que pudiese funcionar como interfaz entre el tubo y *dimmer*.

Por tal motivo, en este trabajo se han analizado las alternativas que pudiesen ofrecer el efecto deseado, y finalmente se ha optado por la modificación de las características de un tubo LED comercial de la forma en la que se ha explicado en el apartado de montaje.

Puesto que este tubo se ha regulado mediante un equipo industrial (el *dimmer*) no pensado para regulación bus DALI, no se puede asegurar que el citado bus sea capaz de utilizar esta regulación a su favor.

4. LA INSTALACIÓN DEL PUESTO PILOTO

Mediante este trabajo, se ha actualizado una instalación anterior a través de la implantación de un sistema de regulación y monitorización que muestra un aumento de la flexibilidad y una comparación de cómo afecta al consumo el uso de distintas tecnologías de iluminación.

Además, para ampliar la comparativa que plantea el puesto de trabajo, que en un principio solo consideraba las diferencias entre balastos electromagnéticos y balastos electrónicos, se ha añadido un tubo LED, con el objetivo de observar si su consumo se encuentra por debajo del consumo de los tubos fluorescentes con balasto electromagnético y de estudiar su viabilidad como sustitutivo de dichos tubos. También se ha considerado en el estudio económico la rentabilidad del uso de los tubos LED, teniendo en cuenta, que el precio de dicha tecnología aún supera al de la de los tubos fluorescentes.

4.1. Estado inicial del puesto de prácticas

Por un lado, y antes de haber realizado la ampliación del puesto, tenemos dos tubos fluorescentes: el primero conectado a un balasto electrónico, y el segundo conectado a un balasto electromagnético o reactancia. En esta situación, ambos tubos se activan manualmente con un interruptor y se puede comprobar mediante un vatímetro la diferencia de eficiencia de una lámpara a la otra dependiendo del tipo de balasto conectado.

La instalación presentada en este trabajo, pretende ampliar una instalación anterior preparada para la comparación del funcionamiento de dos lámparas fluorescentes utilizando distinto arrancador: el primero, un balasto convencional y el segundo con un balasto electrónico regulable.

Por tanto, podemos encontrar ya referencias en esta instalación de las diferencias entre el funcionamiento de los tubos fluorescentes bajo el condicionante del tipo de arrancador, pero solo se pueden realizar medidas de variables a través de un vatímetro, un voltímetro y un amperímetro, hecho que puede resultar poco ilustrativo en algunos casos.

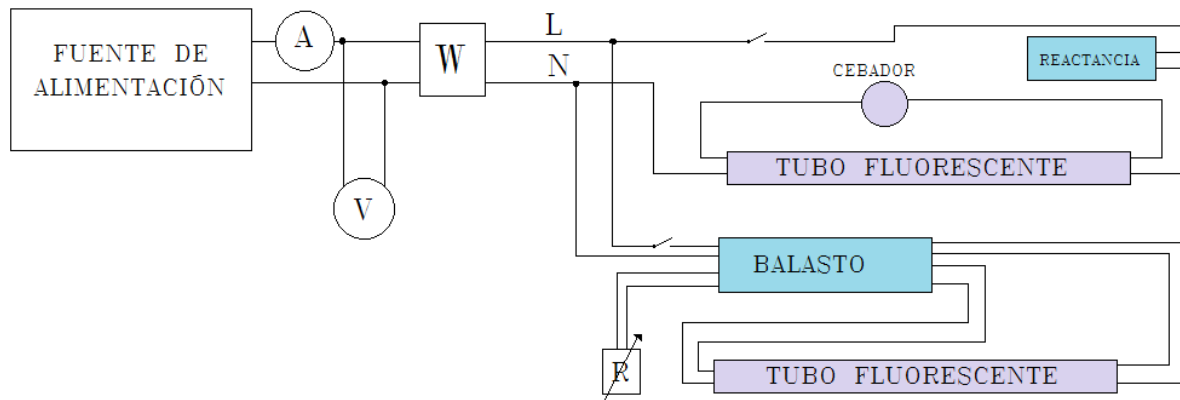


Ilustración 8. Esquema de la instalación del puesto de trabajo previo.

La ampliación de este puesto de prácticas supone una mejora en la calidad de las medidas tomadas y en la amplitud de la comparativa que se permitía, además de la mejora en el método de observación de las variables que se medían anteriormente.

Actualmente, encontramos la instalación conectada a través de un controlador con conexión inalámbrica, a una tablet capaz de comunicar comandos de encendido, apagado y regulación a la instalación. La programación que incluye esta tablet permite la observación de las señales de tensión e intensidad con las que se alimenta a la lámpara conectada.

4.1.1. Tarjeta de adquisición de datos BTH-1208LS

El objetivo de este dispositivo es el de enviar las señales que controlan la instalación bajo las órdenes de una *tablet*. Por otro lado, también es nuestro objetivo tomar medidas del consumo de los tubos, recibiendo en la *tablet* la forma de las señales de tensión y corriente que está consumiendo el tubo encendido.

Como solución a esta necesidad, la tarjeta de adquisición permite esta opción, siendo capaz de enviar y recibir información vía bluetooth a un dispositivo externo, en este caso una *tablet*. En ella, un software se encargará de extraer, procesar y representar esta información.



Ilustración 9. Tarjeta de adquisición de datos.

De esta tarjeta extraeremos 5 hilos: dos de ellos provendrán de entradas/salidas digitales que cambiarán de lo que llamaremos estado *low* a estado *high*. Otros dos de ellos transportarán información analógica, cuya función será indicar a los tubos regulables el nivel de intensidad al que debe estar regulado su brillo.

Este dispositivo es capaz de ofrecer otras opciones como lo pueden ser un contador externo, un reloj externo o una entrada de flanco externo y que se encuentran incluidas en el **Anexo IV** junto con la explicación de otras funcionalidades de la tarjeta.

Para esta instalación se ha usado un cable USB tipo A/B, que se basa en cinco hilos, dos serán para canales digitales, otro para la fuente de alimentación de +5V, el cuarto para el canal analógico que se encargará del control de la intensidad lumínica del tubo LED regulable y el tubo fluorescente regulable y el quinto para la GND.



Ilustración 10. Cable USB tipo A/B

Esta tarjeta de adquisición de datos está ensamblada dentro de una caja donde comparte espacio con elementos de alimentación y seguridad. El circuito que forman estos componentes sirve para acondicionar la señal a los rangos dentro de los cuales debe trabajar la tarjeta para

su correcto funcionamiento y evitar averías. El diseño y la implementación de este circuito de alimentación a esta tarjeta de adquisición de datos escapan a los alcances de este trabajo, pero a continuación se incluye una breve explicación de su funcionamiento, pues es una parte vital para que el circuito funcione sin necesidad de utilizar el equipo del laboratorio, el cual ha tenido hasta ahora un uso provisional.

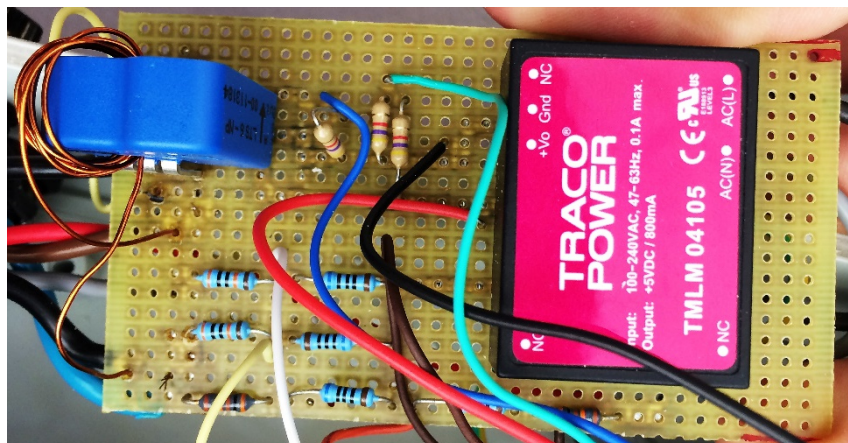


Ilustración 11. Circuito de acondicionamiento de la señal.

Por un lado, tenemos una entrada de tensión de red conectada a una fuente de alimentación 230 AC/5 DC V, cuya tierra estará conectada con las tierras digitales y analógicas de la tarjeta de adquisición de datos. También tendremos tres divisores de tensión diferenciales, tres fusibles para proteger la instalación de sobretensiones y un transformador de efecto Hall para las medidas de corriente.

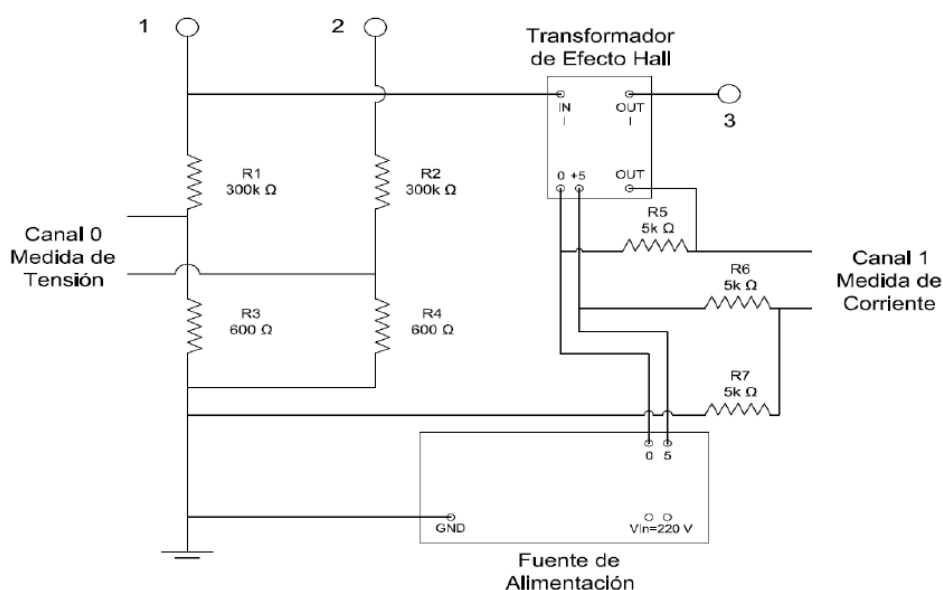


Ilustración 12. Esquema del circuito de acondicionamiento de señal.

El circuito mostrado en la ilustración anterior se puede dividir en dos partes: la parte de medida de tensión y la de medida de corriente. Estos canales sirven para que la BTH pueda enviar a la Tablet las medidas de potencia activa, calcular el factor de potencia, y mostrar las señales de tensión e intensidad.

En el lado del circuito de medida de corriente, encontramos un transformador de Efecto Hall, que es capaz de medir la corriente del circuito sin desviarla, simplemente necesita "abrazar" el cable para enviar una señal de tensión, proporcional a la corriente que está atravesando el circuito medido.

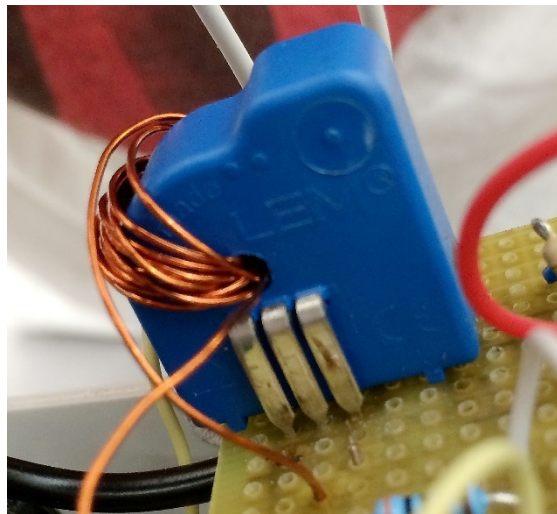


Ilustración 13. Transformador efecto Hall para medidas de corriente.

La señal que genera este transformador se encontrará superpuesta a otra señal de 2.5V, y, por tanto, se ha utilizado un divisor de tensión de factor 2 entre los bornes de 5V y 0V para eliminar este *offset*.

En el lado de la medida de tensión adaptará la señal de tensión de la red eléctrica a los rangos en los que trabaja la tarjeta de adquisición de datos, reduciendo el valor de pico a 2V. Para realizar esto utilizamos un divisor de tensión de factor 500.

4.1.2. Circuito de conmutación

Puesto que tenemos una tarjeta de adquisición de datos que envía a la instalación 2 señales digitales en función de la lámpara que se quiera encender, necesitamos un circuito que conecte o desconecte físicamente la alimentación de las lámparas para que podamos tener finalmente control sobre el encendido y el apagado de ellas.

Es por esta razón por la que se ha diseñado un circuito de conmutación, al que podemos conectar uno o más tubos por cada conexión que permite. Tendremos a la salida 4 hilos, de los cuales uno será el neutro común y los otros 3 son conexiones a la red eléctrica que alimentan respectivamente cada una de las lámparas. Podremos controlar finalmente 3 lámparas o grupos de lámparas en el caso de una extrapolación a una instalación industrial.

El circuito funciona finalmente como una puerta lógica donde tres relés se encargan del encendido y apagado del tubo correspondiente a la orden enviada desde la tablet. Dependiendo de cuales estén alimentados, la conmutación conectará a la red una de las lámparas. Por tanto, generaremos cuatro comandos distintos con las dos señales procedentes de la tarjeta: una para el encendido del tubo fluorescente con reactancia, que no es regulable; otro para el tubo fluorescente con balasto electrónico regulable; la tercera para el encendido del tubo LED y la cuarta para el apagado de toda la instalación. Todo esto dependiendo del estado *high* o *low* de las dos entradas/salidas digitales.

En la siguiente tabla se muestra la lógica utilizada para el encendido de los tubos:

Tabla 1. Conmutaciones según el estado de las entradas/salidas digitales.

Nº	DIO0	DI01	Lámpara
1	<i>Low</i>	<i>Low</i>	Lámpara LED
2	<i>Low</i>	<i>High</i>	Lámpara 1
3	<i>High</i>	<i>Low</i>	Lámpara ¹ 2
4	<i>High</i>	<i>High</i>	Ninguna lámpara

Finalmente, el circuito diseñado para conmutar la alimentación de las lámparas ha sido el siguiente:

¹ Lámpara 1 es el tubo fluorescente con balasto electrónico y Lámpara 2 el tubo fluorescente con balasto electromagnético.

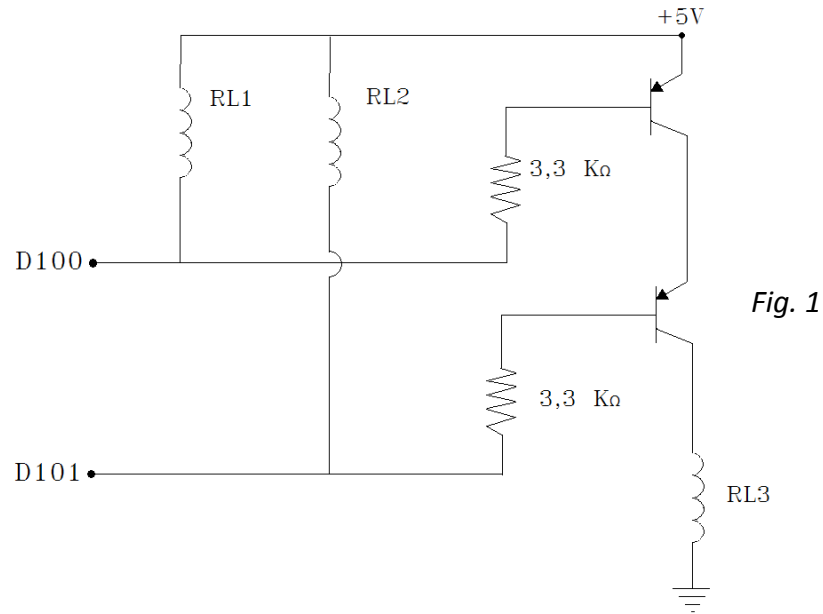


Fig. 1

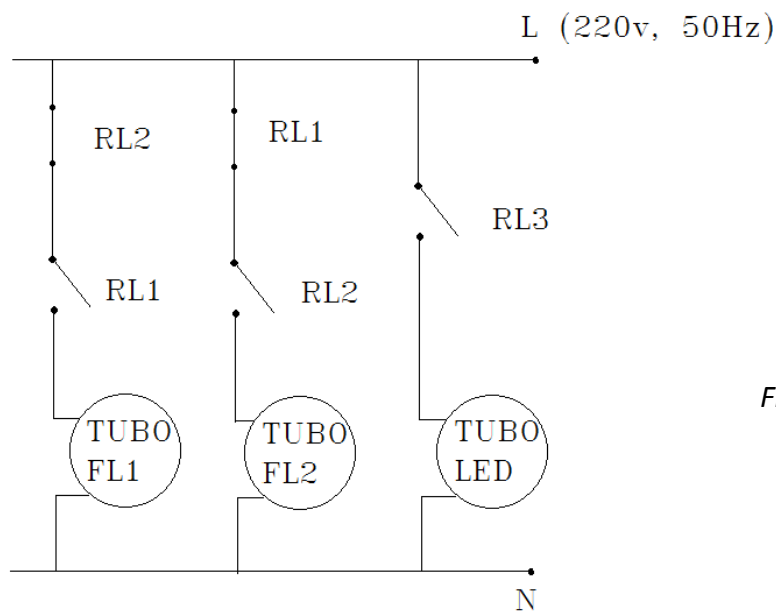


Fig. 2

Ilustración 14. Esquema del driver.

Podemos dividir el circuito de conmutación en dos partes diferenciadas: la parte de control (*Fig. 1*), donde encontramos que la tensión aplicada dentro del circuito no superará los 5V y la parte de potencia (*Fig. 2*), donde las puertas de los relés aplican 220V al tubo que se desee conectar.

En primer lugar, observamos que en la parte de control se encuentran tres bobinas distintas. Los relés RL1 y RL2 funcionan de forma opuesta dependiendo de si nos

encontramos en el segundo o tercer caso expuesto en la tabla de conmutación adjuntada. Cuando una de las entradas de la tarjeta pase de estado *high* a estado *low*, la tarjeta de memoria desviará la conexión interna a la tierra digital y, por tanto, los cinco voltios aplicados atravesarán la bobina del relé correspondiente a la entrada en estado *low* permitiendo que sus contactos internos conmuten.

La alimentación del RL3 solo será posible cuando las dos entradas se encuentren en estado *low*. Cuando esto ocurra, los dos transistores PNP entrarán en conducción y se aplicarán 5 V a la bobina del relé. En este caso, los otros dos relés (RL1 y RL2) también se encontrarán alimentados, pero ante esta situación, podemos observar en el circuito de potencia (*Fig. 2*) ambos tendrán una puerta lógica negada a la salida del opuesto, no permitiendo que puedan conectarse ambos a la vez.

Podemos observar que este circuito no permite el encendido simultaneo de dos lámparas, pero para nuestra instalación piloto o instalación de prácticas no tiene sentido encender más de una lámpara a la vez, considerando que el objetivo del funcionamiento de ese sistema es el de diferenciar el funcionamiento de las tres tecnologías planteadas. Puesto que las medidas de variables se toman antes del circuito de conmutación, tener dos o más lámparas activadas no permitiría distinguir entre el consumo de una u otra, sino que veríamos superpuestas las señales de alimentación, y no podríamos extraer conclusiones a cerca de la diferencia del funcionamiento entre ellas.

Por último, encontramos en este circuito dos tipos distintos de relés: en primer lugar, el RL3, que cuenta con una única puerta NO y, en segundo lugar, los otros dos relés, que tienen dos comunes conectados cada uno a un interruptor NO y otro NC.²

Para entender el funcionamiento de estos esquemas es importante echar un vistazo al circuito interno de los canales del BTH-1208LS, donde nos encontramos que las entradas/salidas digitales se encuentran por defecto en estado *high*.

² NO (Normally Open); NC (Normally closed).

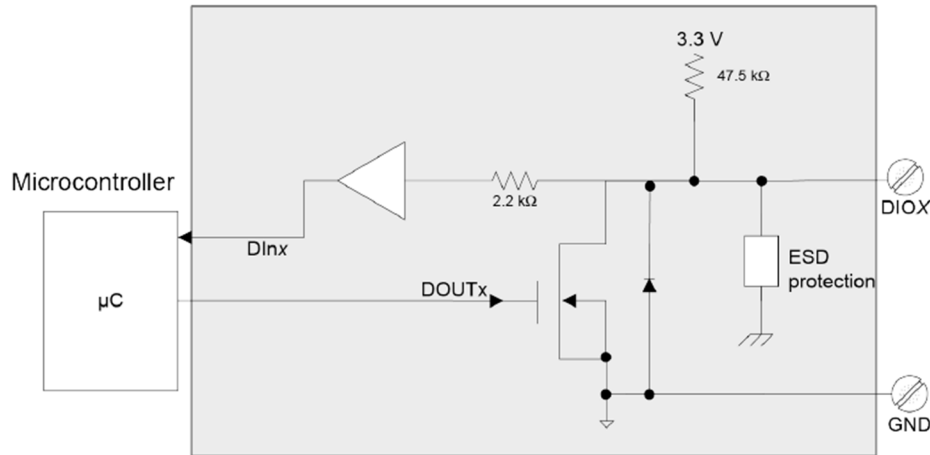


Ilustración 15. Circuito interno de las DIOx.

Cuando el canal DIOx se encuentra en *low* la DOUTx aplica tensión en la puerta del MOSFET y este por tanto entra en conducción, redirigiendo la señal de entrada a tierra. Cuando, por contrario, se encuentra en *high*, encontramos 3,3 V aplicados a los pines, aunque en definitiva la corriente que sale por el canal es muy baja gracias a la resistencia interna de 47,5 KΩ,

4.1.3. Software

Para realizar la instalación piloto, se ha hecho uso de dos programas de *software* distintos: el primero para comprobar que el circuito de conmutación responde a las señales enviadas desde la tablet a la tarjeta, utilizaremos un software que sea capaz de cambiar el estado de las salidas digitales; el segundo será el programa final, que pretende realizar un procesamiento de los datos en el formato adecuado, y que estará realizada en forma de aplicación, cuya implementación no es motivo de este trabajo y desde el cual se activarán y regularán las lámparas deseadas.

Este último también se encarga de representar las mediciones tomadas y tendrá también la opción de enviar los resultados por correo electrónico a cualquier dirección. Esto permitirá que los alumnos puedan tomar datos más fácil y rápidamente, además de más acertados. A parte de estos *softwares* utilizados, que se explican con más detalle en este apartado, encontramos otras posibilidades en la web oficial del fabricante (www.mccdaq.com):

- **DAQami 4.2:** Este software acompaña al dispositivo en la adquisición de datos y la generación de señales.

- **InstaCal 6.55:** Software para la instalación y el testeo.
- **TracerDAQ® 2.3.4:** Software con instrumentos virtuales como un registro gráfico, osciloscopio, generador de funciones, generador de frecuencias...
- **Universal Library™ 6.55:** Librerías de programación y componentes para el desarrollo de aplicaciones 32/64 – bit utilizando lenguajes de programación Windows.
- **UL para Android™ 1.62:** Librería de programación y ejemplos para desarrollo de aplicaciones para ser usados con dispositivos Android, incluidos los *smartphones* y *tablets*. Se usa Windows, Linux o Mac para desarrollar proyectos Android. Se comunica con dispositivos MCC DAQ admitidos a través de la plataforma Android 3.1. y posterior.
- **ULx para NI LabVIEW™ 2.20:** Librería de instrumentos virtuales (VIs) y programas de ejemplo utilizados con *National Instruments LabVIEW* para desarrollar instrumentación, adquisición y control de aplicaciones. Es compatible con 36/64-bit NI *LabVIEW* 2010 – 2016.



Ilustración 16. Logo de MC (Measurement Computing).

El primer *software* que se ha utilizado en este trabajo se llama Digital Output Demo, que no es un programa para el desarrollo y control de la tarjeta, sino simplemente para activar determinadas salidas en modo de prueba. Desde este software se ha podido cambiar el estado de los canales digitales DIO0 y DIO1 para confirmar que los relés quedan alimentados según corresponde a los esquemas estipulados.

Como los canales digitales tienen ocho bits de resolución para las ocho entradas/salidas digitales y solo nos hemos fijado en los últimos dos bits para controlar la instalación, pues solo estamos utilizando dos canales y queremos trabajar con cuatro estados

posibles: 01, 00, 11, 00. Estos bits vienen de una cifra de ocho dígitos donde todos los demás valores son *true* o 1 por defecto, así que finalmente estaremos hablando de los números binarios 11111101, 11111110, 11111111 y 11111100, que traducidos a decimal serán respectivamente:

- $11111100 = 128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 0 + 0 = 252;$
- $11111101 = 128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 0 + 1 = 253;$
- $11111110 = 128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 2 + 0 = 254;$
- $11111111 = 128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 255;$

Utilizando estas cifras en el software se ha conseguido simular las cuatro situaciones que hemos planteado, y comprobar que 252 activa la lámpara LED, 253 activa la lámpara 1 y 254 activa la lámpara 2. Finalmente, 255 es el valor que tienen los bits de las entradas/salidas digitales por defecto, así que no hemos necesitado probarlo.

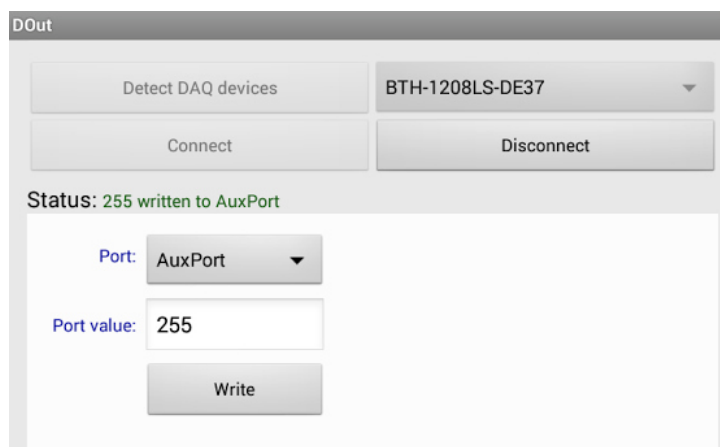


Ilustración 17. Captura de pantalla del Digital Output Demo.

Puesto que finalmente será la interfaz entre nosotros y la instalación, también parece pertinente realizar una descripción del programa implementado para el control final del puesto de prácticas, aunque su diseño y programación no están dentro de los alcances de este trabajo.

Por un lado, se muestra un menú con las cuatro opciones correspondientes a los cuatro casos de la tabla de conmutaciones del apartado anterior. Por otro lado, se muestra una gráfica con la señal de tensión y la señal de corriente y una lista de variables que están siendo medidas y calculadas en tiempo real. Estas variables son: potencia activa, factor

de potencia, corriente eficaz, tensión eficaz y para los casos regulables, el nivel de iluminación entre 0% y 100%.

En este último caso, la activación del tubo fluorescente con balasto electrónico regulable o del tubo led, permitirá el uso de un regulador deslizante para fijar el nivel de brillo de la lámpara seleccionada.

Podremos tomar una captura de las medidas mostradas en la tablet y enviarla por correo electrónico de forma muy simple, para guardar los resultados de una lámpara determinada o de un nivel de regulación preciso. Gracias a esto último podremos estudiar la variación de las variables de tensión, corriente, potencia activa y factor de potencia a lo largo de la línea de regulación del balasto regulable o del tubo LED y comparar la evolución en el comportamiento de las lámparas. Por último, la captura de resultados también mostrará la forma de las señales de tensión y corriente en el momento de la toma de datos.

VALORES EFICACES CAPTURA 1

Lámpara con balasto convencional 1

Corriente $I = 0,417$ Amperios

Tensión $V_1 = 220,631$ Voltios

Potencia Activa = 39,649 Watios

Factor de Potencia = 0,430

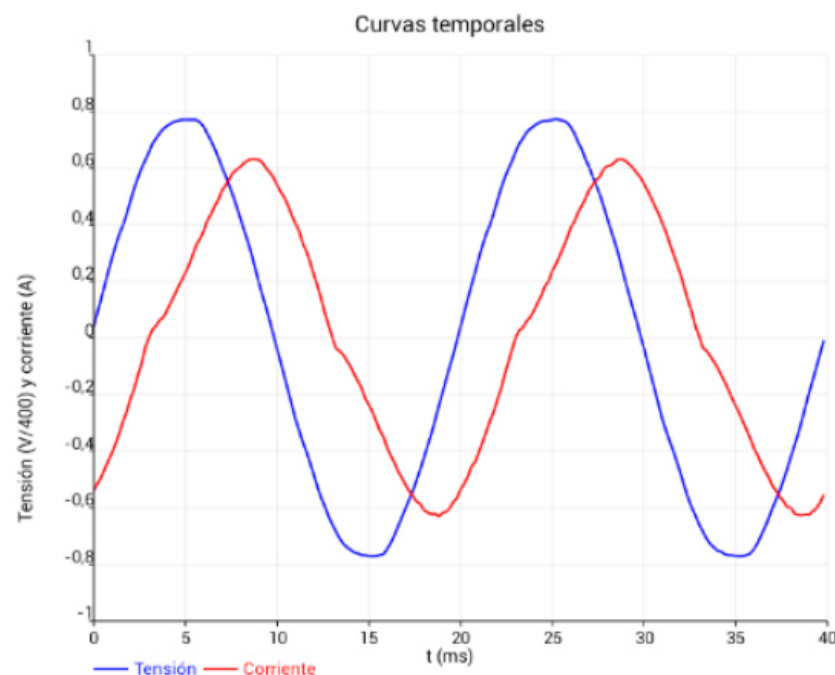


Ilustración 18. Ejemplo de captura de resultados en el caso del tubo convencional.

5. CASO PRÁCTICO

En este apartado se ha descrito el procedimiento que se ha utilizado para realizar el montaje de los circuitos para comprobar el funcionamiento de las distintas partes del circuito de conmutación y de la instalación final del puesto piloto. También se ha explicado el método utilizado para conseguir que el tubo LED no regulable pueda serlo mediante la utilización de un dimmer y la modificación del propio tubo.

Este apartado sigue un orden cronológico del diseño e implementación de esta pequeña instalación piloto: en primer lugar, se ha montado sobre una placa *board* el circuito de conmutación diseñado para el control del alumbrado. Seguidamente, tras comprobar el funcionamiento, se ha comprobado y asegurado el funcionamiento del tubo LED y su capacidad de ser regulado. Por último, se ha soldado a una placa con el driver y se han realizado las conexiones con la instalación.

5.1. Montaje de la instalación

Antes de hacer el montaje definitivo, usaremos una placa *board* para comprobar que el circuito de conmutación diseñado funciona. En primer lugar, se han identificado los diferentes componentes a conectar en la placa, que en total son tres relés, dos transistores PNP y dos resistencias de 3,3 K Ω .

El transistor PNP es el SS8550DTA y tiene la siguiente forma:

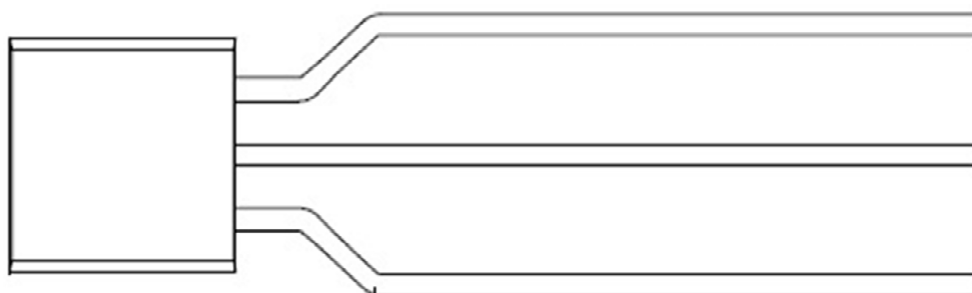


Ilustración 19. Transistor PNP SS8550DTA.

También tendríamos que identificar los relés PCH-105L2M y EC2-5NU. Las características de los tres componentes nombrados se encuentran adjuntas en el Anexo III.

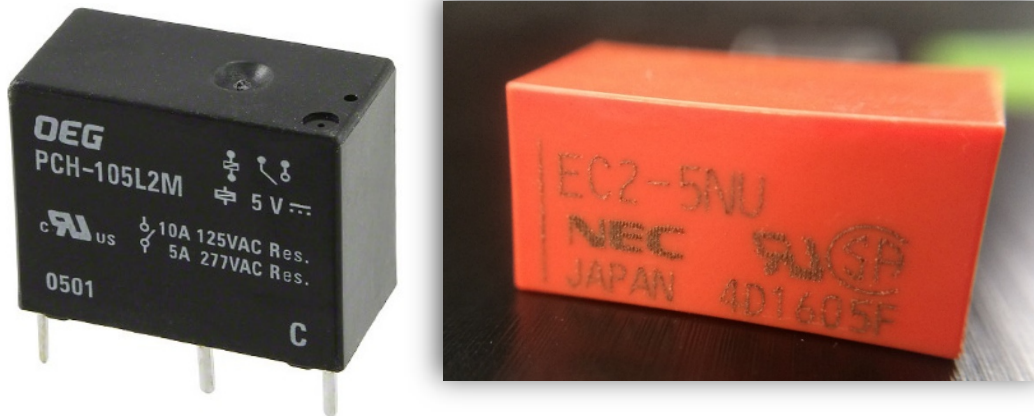


Ilustración 20. Relé PCH-105L2M (izquierda) y relé EC2-5NU (derecha).

Finalmente es necesaria también una placa *board*, una fuente de alimentación para aplicar los cinco voltios que necesitan las bobinas de los relés y que finalmente aportará la fuente de alimentación del circuito del acondicionamiento de la señal; la tarjeta de adquisición de datos y la *tablet* con el *software* Digital Output Demo para poder comprobar que el circuito funciona.

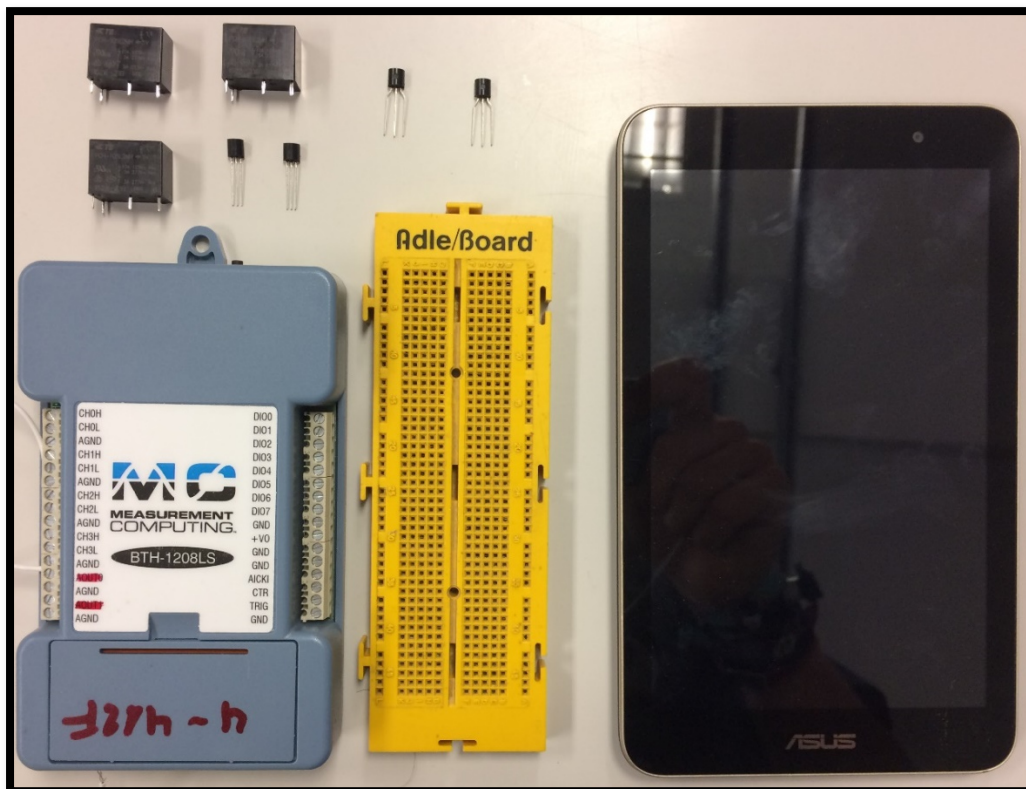


Ilustración 21. Elementos utilizados para el montaje provisional.

Puesto que es nuestro deseo mantener el estado de los equipos utilizados, para poder ser usados más adelante por otros alumnos, se ha asegurado la integridad de los mismos evitando exponerlos a peligros determinados como pueden ser caídas, golpes o sobretensiones. Por esta razón, la comprobación del funcionamiento del diseño se ha hecho a través de dos etapas distintas: en la primera se han simulado los cambios de estado de las señales de entrada/salida digitales de la forma en la que se explicará a continuación, y en la segunda, tras asegurar que no se aplica accidentalmente ninguna sobretensión sobre las entradas digitales, se ha conectado la tarjeta de adquisición de datos con el software de comprobación para determinar si finalmente, el circuito efectuaba correctamente las tareas para las que fue diseñado.

Antes de conectar la tarjeta de adquisición de datos, se ha cambiado el estado de las entradas de las señales provenientes de los canales DIO0 y la DIO1 de forma manual. La forma simple de simular el estado *high* sería la de tener habilitada la conexión a una tensión de 3,3 V con una resistencia en serie de 68K Ω de la misma forma en la que está dispuesto el circuito interno de los terminales de la tarjeta de adquisición de datos mostrado en el apartado del circuito de conmutación. Aun así, finalmente, para aprovechar la entrada de tensión de 5V en continua de la fuente de alimentación, y no tener que usar una segunda fuente, se ha utilizado, aumentando también el valor de la resistencia en serie para limitar la corriente que pueda atravesar el circuito, una tensión de 5 V. Esto se ha hecho extrapolando los valores de tensión en *high* y resistencia interna de la tarjeta de datos con una regla de tres. En la siguiente tabla se muestran las resistencias que se tienen que introducir dependiendo del voltaje de entrada.

Tabla 2. Resistencias para limitar la corriente, según la tensión aplicada.

Tensión (V)	Resistencia (KΩ)	Valores típicos(KΩ)
3,3	47,5	47
3,5	50,4	
3,9	56,1	56
4,3	61,9	
4,7	67,7	68
5	72,0	

Finalmente, se ha utilizado una resistencia de 68 K Ω para simular los canales. En cambio, para simular el estado *low*, solo es necesaria una conexión a tierra. En este caso se ha usado la tierra de la fuente de alimentación de 5 V en continua.

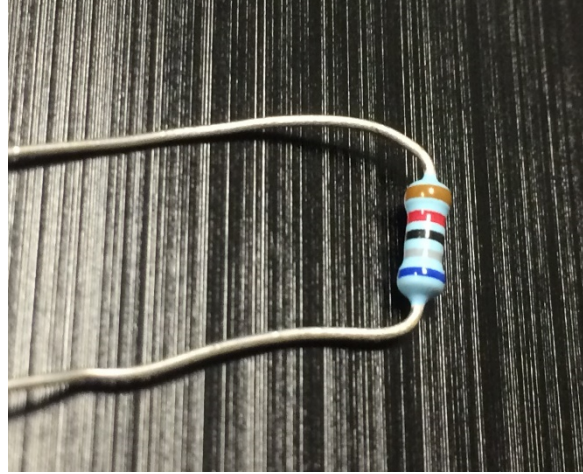


Ilustración 22. Resistencia de 68 k Ω .

También se han estimado los valores de las resistencias para el circuito del caso 1 de la tabla de conmutación del apartado del circuito de conmutación. Para ello hemos considerado una tensión de 0,8 V en la entrada del terminal como opción más desfavorable. Por otro lado, teniendo en cuenta una caída de 0,4V entre el colector y el emisor del transistor PNP, hemos calculado la caída de tensión en la resistencia.

$$V_R = 5 - 0,4 - 0,8 = 3,6V$$

A continuación, sabiendo que la resistencia de la bobina de los relés es de 125 Ω , hemos podido calcular la intensidad que la atravesaría cuando fuese alimentada, pues sabemos también que le estamos aplicando 5V de tensión.

$$I_{relé} = \frac{V}{R_{relé}} = \frac{5V}{125} = 40 \text{ mA} \cong 50 \text{ mA};$$

Finalmente hemos supuesto un valor de 50 mA y hemos calculado la intensidad en la base de los transistores teniendo en cuenta la ganancia de estos, que se puede conocer utilizando la hoja de datos del transistor. Allí vemos indicado que, en el caso más desfavorable, la ganancia en saturación para 100 mA es de 85. El valor que utilizaremos será la mitad de este, pues hemos supuesto 50mA, por tanto, la ganancia será de 42,5.

Ya podemos conocer la intensidad que atravesarán las resistencias cuando se active el tubo LED, en el caso en que las entradas digitales se encuentren en estado *low* y *low*.

$$\frac{50mA}{42,5} = 1,17 mA$$

$$\frac{V_R}{I_R} = R = \frac{3,6V}{1,17mA} = 3,07k\Omega \cong 3,3k\Omega$$

El valor típico más cercano a este valor es el de 3,3 K Ω .



Ilustración 23. Resistencia de 3,3 K Ω

Por tanto, una vez conocidas las características de todos los componentes, podemos montar el circuito sobre la placa *board*, resultando este de la siguiente forma:

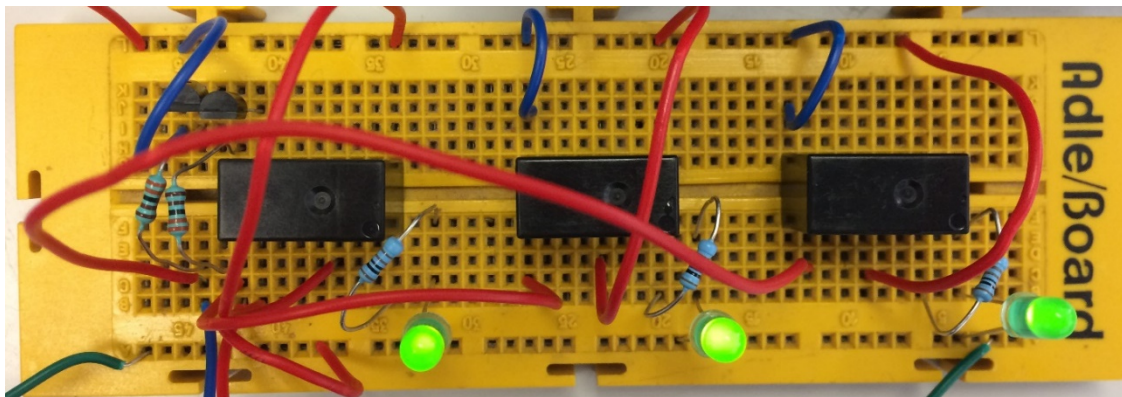


Ilustración 24. Montaje sobre la placa board.

En la placa *board* de la imagen se pueden observar tres circuitos diferenciados: El de la izquierda, es el del tubo LED. Esto puede diferenciarse por los dos transistores conectados al relé izquierdo. Los otros dos relés serán los encargados de activar los

tubos fluorescentes. No se han utilizado los dos tipos de relés en este montaje porque el relé EC2-5NU es demasiado pequeño y no encaja correctamente en esta placa.

De todas formas, como estamos probando el circuito de control, solo nos interesa qué bobinas están siendo alimentadas y no la orientación de los contactos. Por tanto, en serie con los interruptores de los relés, se ha instalado un diodo LED, protegido por una resistencia de 1 K Ω . Estos se iluminarán, por tanto, cuando la bobina de su correspondiente relé se encuentre alimentada.

Si nos fijamos en los diodos LEDs de la imagen, vemos en esta situación que las tres bobinas se encuentran alimentadas, nos encontramos, por tanto, con las dos entradas/salidas digitales en estado *low*.

Podríamos intercambiar los terminales donde se conectan los canales de la tarjeta de adquisición de datos y el circuito seguiría funcionando de la misma forma, aunque las ordenes que activasen la lámpara 1 y la lámpara 2 se intercambiarían.

Tras comprobar de forma manual que el circuito funciona, podemos disponernos a conectar la tabla de adquisición de datos. El canal de control (canal analógico CH0H) que servirá para regular la lámpara fluorescente con balasto electrónico o el tubo LED, no lo utilizaremos en esta comprobación, pues solo estamos comprobando el correcto funcionamiento de los relés.

Una vez asegurado el funcionamiento normal del circuito, podemos empezar a trabajar en la alimentación y regulación del tubo LED.

El tubo LED utilizado es un tubo no regulable que por tanto tiene un driver instalado en uno de los extremos que se encarga de alimentar la tira de diodos LED en continua, a la tensión necesaria para su funcionamiento.

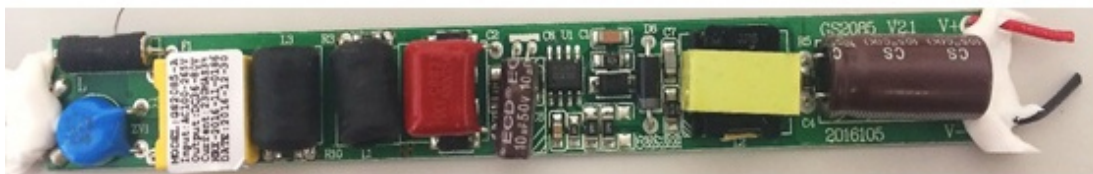


Ilustración 25. Driver del tubo LED.

A la derecha de este driver encontraríamos la salida en continua que alimenta la tira LED, con el cable rojo como borne positivo y el negro como borne negativo. El lado izquierdo de este driver, donde existen dos cables blancos, es el que se conecta a la tensión de red a través de un interruptor. En nuestro caso, hemos extraído el driver de fábrica, pues queremos que el tubo LED pueda ser finalmente regulado, y, por tanto, debemos alimentarlo con una señal de continua cuya tensión pueda variar y que el circuito de fábrica no es capaz de ofrecer.

Por tanto, se ha decidido quitar el antiguo *driver* para sustituirlo por uno nuevo. Dentro de las opciones de driver que podemos encontrar, distinguiremos los dos tipos más relevantes: el driver no regulable, como lo puede ser el circuito de fábrica conectado al tubo, y los drivers regulables, que permiten una conexión de una señal de control. En nuestro caso, evidentemente, elegiremos un driver regulable propio para el uso en tecnología LED:

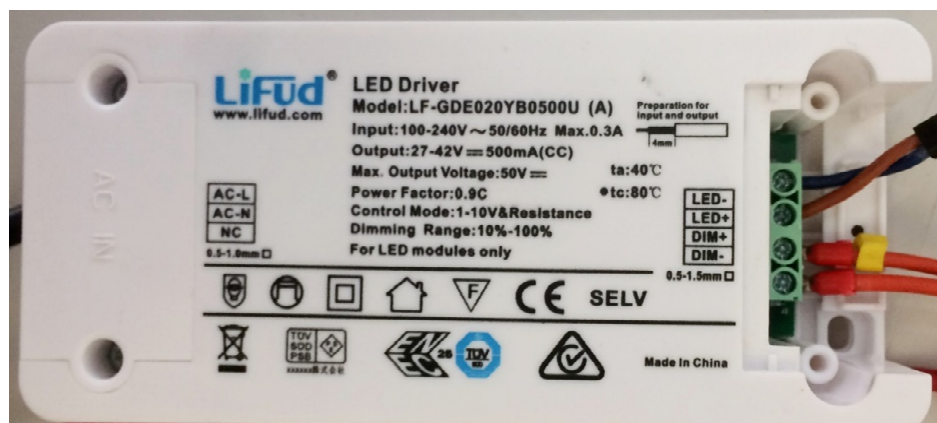


Ilustración 26. Driver LED regulable.

Como se puede observar en la imagen, el driver ofrece una salida entre 27 V y 42 V con una corriente de 500 mA. La alimentación de este driver se puede hacer directamente con una conexión a la red eléctrica.

A la izquierda de este driver encontramos la entrada de tensión alterna de la red, mientras que a la derecha encontramos una conexión de corriente continua con dos hilos (marrón y azul) para alimentar la tira LED y otra conexión de dos hilos para conectar un *dimmer* con el que regular el tubo. Este, de forma provisional, ha sido un *dimmer* manual, que permite la regulación utilizando un mando rotativo.



Ilustración 27. Dimmer manual.

Para el driver que se ha adquirido, se debe utilizar regulación 1 – 10 V explicada en el apartado Regulación 1 – 10 V y que se encuentra recogida dentro del estándar IEC 60929. También se puede realizar la regulación mediante una resistencia variable.

De este modo podremos regular la tensión en continua que aplicaremos a la tira LED cuando esta esté conectada. Atacaremos a la misma desde los contactos a los que estaría conectado el driver de fábrica que contenía el tubo.

Llegados a este punto, el siguiente paso es el de comprobar si podemos regular la tira LED y, tras hacer las conexiones, se extrajo la conclusión de que no se podía hacer, al menos de momento, con el tubo que se había adquirido.

Ante la poca información que recibimos del fabricante, el cual no nos pudo ofrecer una solución para alimentar un LED con una señal de las características que ofrece el driver adquirido, hemos tenido que encontrar la manera, de hacer funcionar lo que ya teníamos.

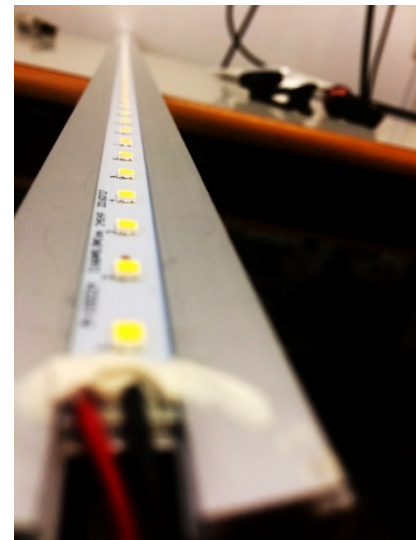


Ilustración 28. Tira LED

El problema por el cual no se encendía la tira LED, al alimentarla desde el nuevo *driver* se encontró al comprobar la tensión a la que se estaba alimentando dicha tira, cuando usaba el driver de fábrica. Tras hacer la reconexión entre estos dos elementos, se midió con el polímetro una tensión de 74,5 V, muy por debajo del máximo de 50V que podría llegar a ofrecer el driver. Una solución a este problema, sería reducir la tensión que

necesita la tira LED para funcionar. Para hacer esto, tuvimos que considerar la estructura del circuito implementado en la tira LED.

Encontramos en esta tira 96 LEDs conectados en series de 24, que a la vez se conectan entre sí en paralelo. Se puede distinguir el punto de conexión en paralelo observando las bandas que unen los LEDs

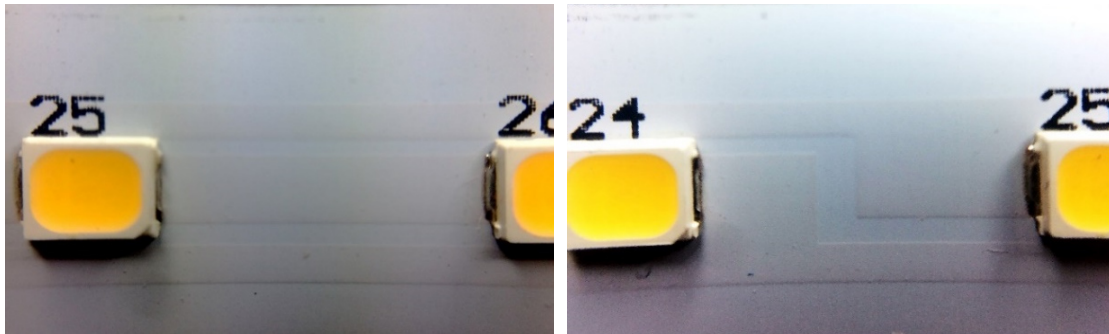


Ilustración 29. Conexión en serie (izquierda) y conexión en paralelo (derecha) en la tira LED del laboratorio

En definitiva, si conectamos el driver a la tira LED tal y como se encuentra al llegar de fábrica, no conseguiremos hacer que se encienda, puesto que el voltaje que habremos aplicado se quedará por debajo de los requisitos de los diodos. La solución dada a este problema ha sido la de aumentar el número de conexiones en paralelo en la tira, realizando una nueva conexión a medio camino entre las que había anteriormente y pasando a tener una tira led con series de 12 LEDs en paralelo.

Para asegurarnos de la viabilidad, primero hemos separado eléctricamente los primeros 12 LEDs de la tira, es decir, los más cercanos a la entrada de alimentación en continua y hemos comprobado que se activaban y se podían regular. Así que seguidamente, hemos procedido a realizar la conexión tal y como se ha explicado.

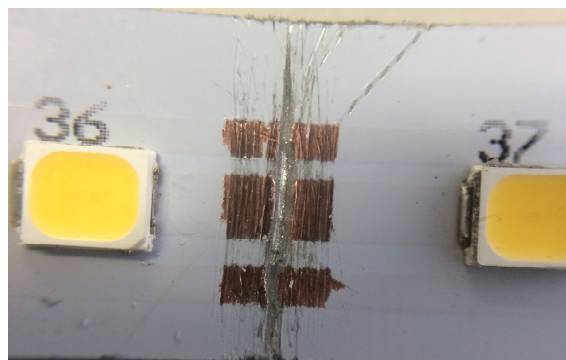


Ilustración 30. Circuito abierto mediante un objeto punzante.

Se ha utilizado un objeto punzante para separar eléctricamente los leds entre los cuales se ha planeado realizar la conexión en paralelo. El último paso ha sido soldarlo correctamente para crear las nuevas conexiones.



Ilustración 31. Ejemplo de conexión inferior soldada.

Para “imitar” la conexión en paralelo que se observa en los puntos separados por 24 LEDs a lo largo de la tira, únicamente tenemos que unir la banda central a la banda inferior en el cátodo del LED anterior, y la banda central con la banda superior en el ánodo del LED siguiente. En la fotografía, solo tenemos hecha la mitad de la conexión para que se pueda observar con más claridad, aunque en la realidad encontraremos dos soldaduras de estaño por cada punto modificado.

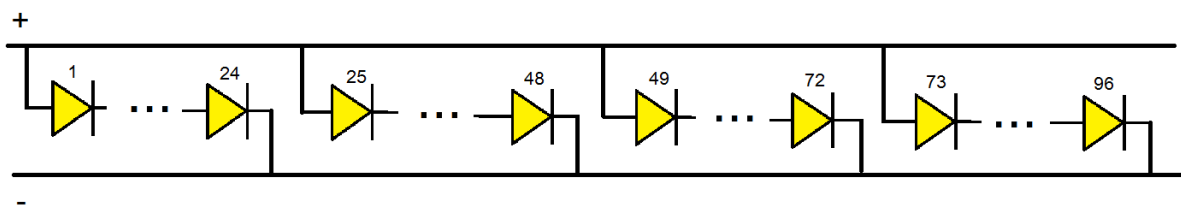


Ilustración 32. Esquema de la conexión original de los diodos en el tubo LED adquirido.

En la ilustración anterior, las conexiones en paralelo se encuentran realizadas conectando el cátodo del LED correspondiente al borne negativo y ánodo del siguiente LED al borne positivo. Encontramos, por tanto, cuatro series de LEDs en paralelo. Para el nuevo esquema hay el doble de este tipo de conexiones, por tanto, encontramos soldaduras para conexiones en paralelo entre los LED 12-13, 36-37, 60-61 y 48-85, además de las que ya están disponibles entre los LED 24-25, 48-49, 72-73 y 96-1.

Tras realizar esta modificación en los puntos correspondientes, conseguimos tener en el laboratorio un tubo LED regulable, que al parecer no se podía conseguir a través de una

compra. Además, ya estamos en disposición de realizar un montaje provisional para comprobar el funcionamiento de la instalación antes de empezar a soldar el circuito de conmutación en una placa de ensayos.

A continuación, se muestra el esquema representativo de la instalación provisional que ha servido para comprobar que el funcionamiento del tubo led y el regulador funcionan acorde con el driver diseñado e implementado. No hemos incluido las conexiones de los tubos fluorescentes en este esquema, puesto que podemos encontrar un esquema de su conexión en el apartado Balastos Electrónicos y Electromagnéticos. Donde se encuentra una explicación más detallada del funcionamiento de ambos tipos de balastos.

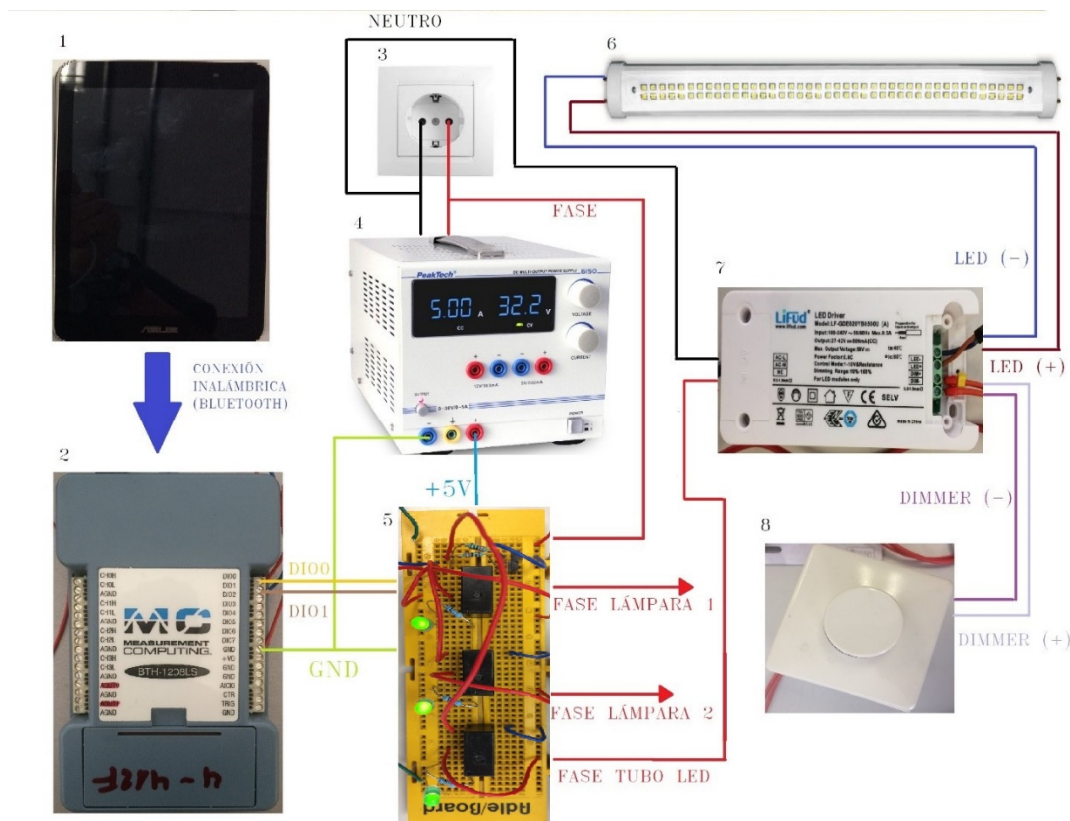


Ilustración 33. Instalación provisional.

Estos son los dispositivos que encontramos conectados según la numeración de la ilustración:

1. **Tablet** que se conecta de forma inalámbrica a la tarjeta de adquisición de datos.

2. **Tarjeta de adquisición de datos BTH-1208LS** con los canales DIO0 y DIO1.
3. **Toma de corriente 220V, 50Hz** para alimentar los tubos y la fuente de alimentación. También la tablet y la tarjeta se recargan conectados a la red a través de un transformador 220V AC/ 5V DC.
4. **Fuente de alimentación** para el driver configurada a +5V DC. La tierra de esta fuente coincide con la de la tarjeta.
5. **Driver** para alimentar la parte de la instalación seleccionada.
6. **Tubo LED** sin driver electrónico, al que por tanto se alimenta con corriente continua.
7. **Driver LED regulable** que se alimenta de la red y ofrece una salida regulable de corriente continua.
8. **Dimmer** para regular la tensión de continua aplicada al tubo LED y por tanto la intensidad lumínica del mismo.

Una vez comprobado el funcionamiento de esta instalación se puede proceder al soldado del circuito de conmutación en una placa para poder ser introducido en la instalación final.

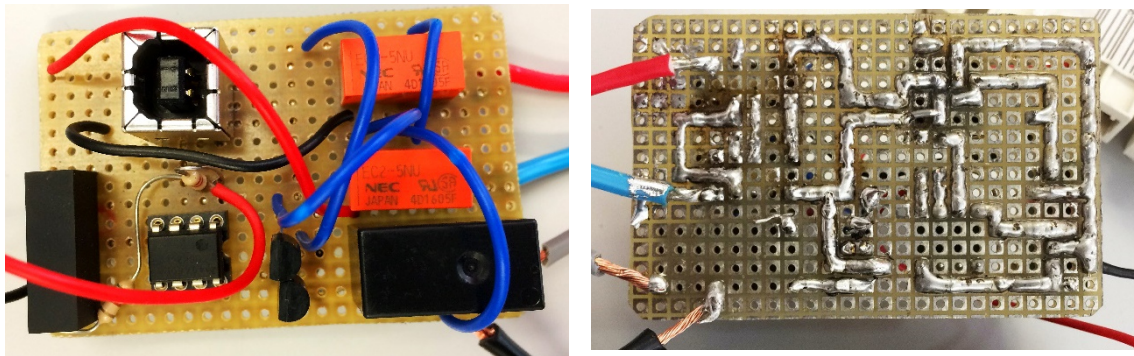


Ilustración 34. Circuito de conmutación.

Este driver contiene el circuito de control y potencia del driver diseñado, también contiene un circuito secundario para las dos líneas de control.

Este sistema irá montado sobre una tabla con soportes para los tres tubos a la que irán adheridos los balastos, el driver LED y el circuito de conmutación implementado. De forma que el resultado es el siguiente.

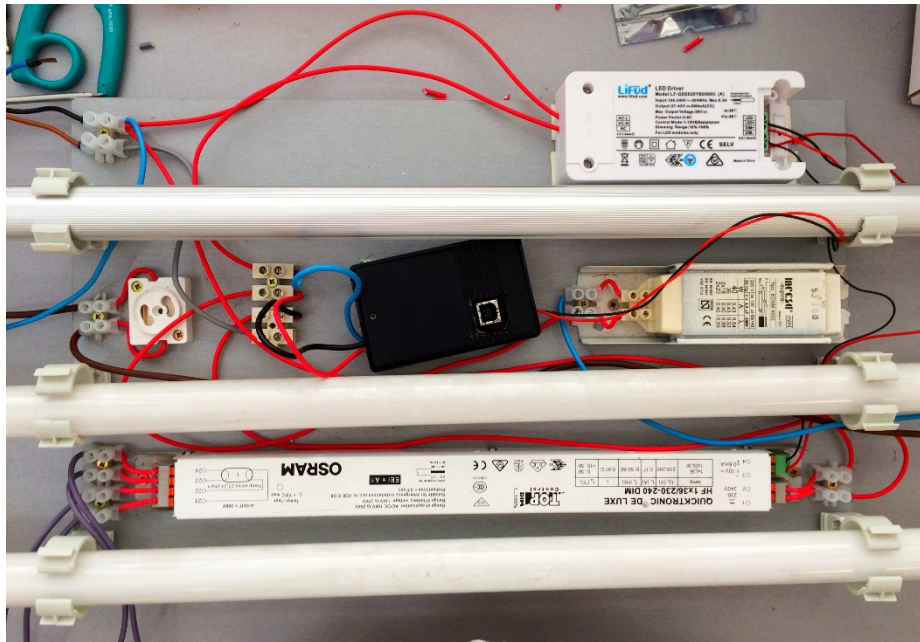


Ilustración 35. Instalación final.

En la imagen anterior podemos distinguir tres tubos: el que se encuentra en la parte superior es el tubo LED, controlado por el driver LED adherido a la esquina superior derecha de la tabla que hace de base; el tubo central estará controlado por la reactancia que se encuentra en la parte derecha de la tabla, entre el tubo superior y el tubo central; finalmente el tubo inferior será el tubo fluorescente regulable, controlado mediante un balasto electrónico regulable, el cual se encuentra entre el tubo central y el tubo inferior.

5.2. Mediciones

Tras terminar la instalación, hemos sido capaces de medir en el puesto de prácticas, el consumo de potencia activa, la tensión, la corriente y el factor de potencia de cada lámpara en un momento determinado. En el caso de la lámpara fluorescente con balasto eléctrico y del tubo LED, dependiendo del nivel de intensidad lumínica regulado, el consumo variará en una forma o en otra. Para estos dos casos se han tomado medidas dentro del rango de regulación. Finalmente, para el caso del tubo fluorescente con balasto electromagnético, solo podremos realizar medidas para el funcionamiento normal del mismo.

El conjunto de los valores tomados en este trabajo se encuentra recogido en el apartado de resultados.

VALORES EFICACES CAPTURA 1
Lámpara con balasto convencional 1
Corriente I = 0,417 Amperios
Tensión V1 = 220,631 Voltios
Potencia Activa = 39,649 Watios
Factor de Potencia = 0,430

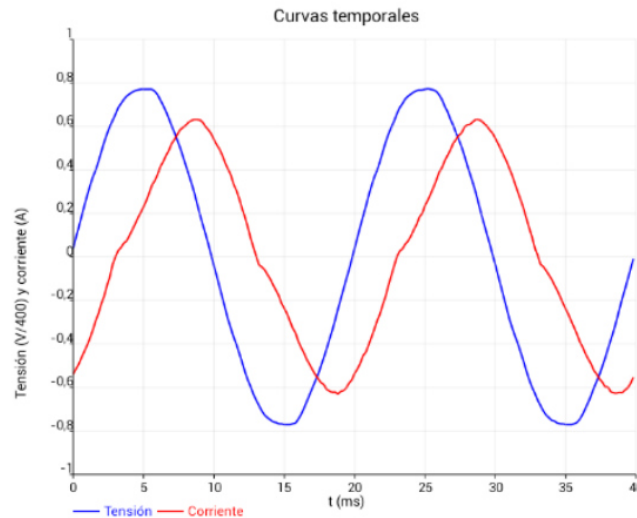


Ilustración 36. Captura de datos de la lámpara con balasto convencional.

Aquí encontramos un ejemplo del funcionamiento del tubo conectado al balasto convencional. Como vemos, la señal de corriente se encuentra distorsionada y desfasada respecto de la señal de tensión, hecho que empeorará el factor de potencia y aumentará el THD del sistema. Respecto al coseno de fi podemos observar que el valor no es demasiado ventajoso 0,43. Por tanto las pérdidas reactivas son elevadas.

Si observamos las señales en el caso de monitorizar el balasto electrónico, veremos que la señal de corriente se encuentra menos distorsionada y que, además, su amplitud variará dependiendo de la intensidad lumínica a la que se haya regulado la lámpara en ese instante.

VALORES EFICACES CAPTURA 3
Lámpara con balasto electrónico 3
Flujo luminoso = 0,000 %
Corriente I = 0,040 Amperios
Tensión V1 = 220,416 Voltios
Potencia Activa = 6,285 Watios
Factor de Potencia = 0,706

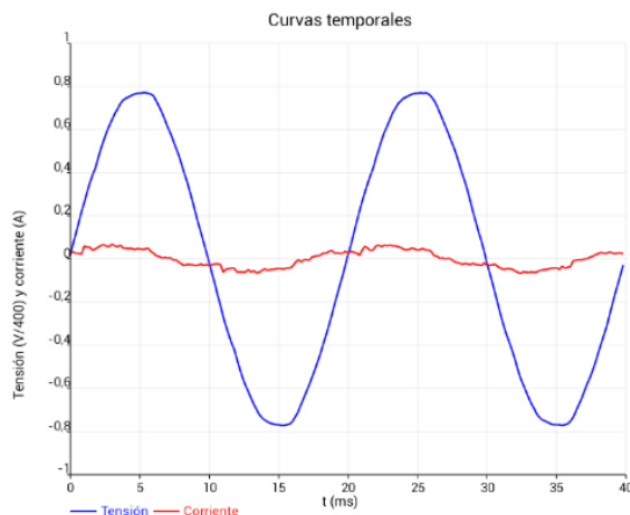


Ilustración 37. Captura de datos de la lámpara con balasto electrónico con mínima regulación.

VALORES EFICACES CAPTURA 4
Lámpara con balasto electrónico 4
Flujo luminoso = 100,000 %
Corriente I = 0,144 Amperios
Tensión V1 = 220,520 Voltios
Potencia Activa = 31,278 Watios
Factor de Potencia = 0,982

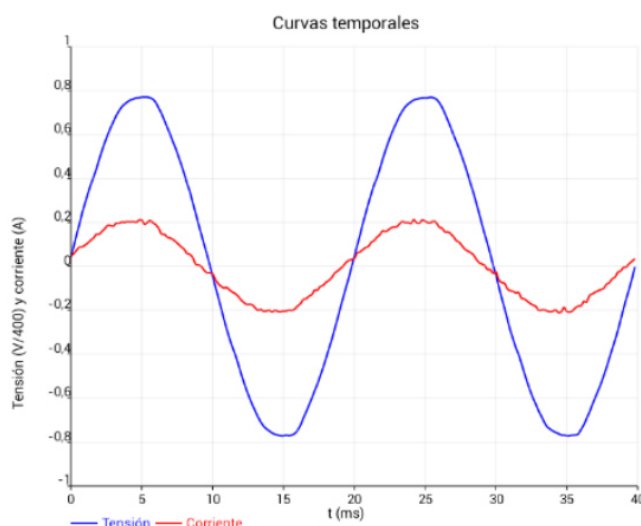


Ilustración 38. Captura de datos de la lámpara con balasto electrónico con máxima regulación.

Podemos notar la diferencia entre ambas ondas de corriente, pero un dato a resaltar es que el desfase entre corriente y tensión es despreciable, se puede comprobar que el

factor de potencia es casi la unidad (0,982), por tanto, mucho menos pronunciado que en el caso del tubo conectado al balasto electromagnético o reactancia.

VALORES EFICACES CAPTURA 1

Lámpara LED regulable

Flujo luminoso = 0,000 %

Corriente I = 0,023 Amperios

Tensión V1 = 220,959 Voltios

Potencia Activa = 0,495 Watios

Factor de Potencia = 0,096

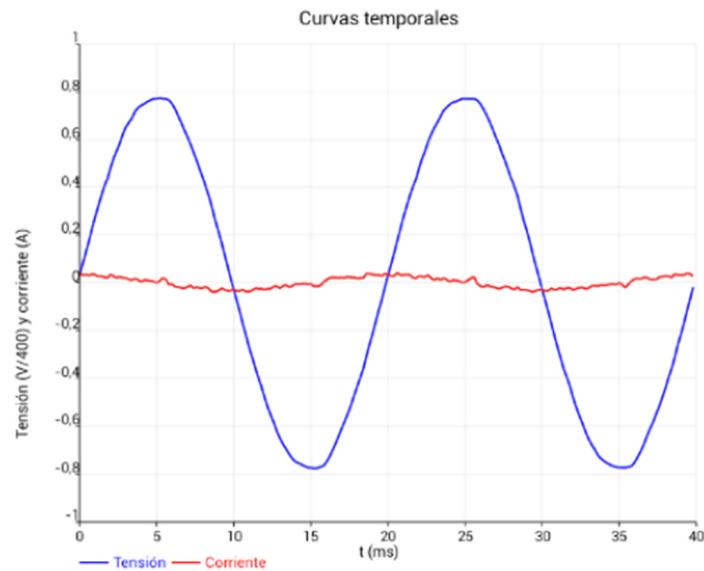


Ilustración 39. Captura de datos del tubo LED con regulación mínima.

En el caso del tubo LED, podemos observar en el gráfico que, con mínima regulación, la señal de corriente es casi 0. Pero en la imagen con regulación máxima vemos que las señales no aparecen tampoco desfasadas, y que el factor de potencia es casi la unidad (0.973).

VALORES EFICACES CAPTURA 20

Lámpara LED regulable

Flujo luminoso = 100,000 %

Corriente I = 0,106 Amperios

Tensión V1 = 220,512 Voltios

Potencia Activa = 22,772 Watios

Factor de Potencia = 0,973

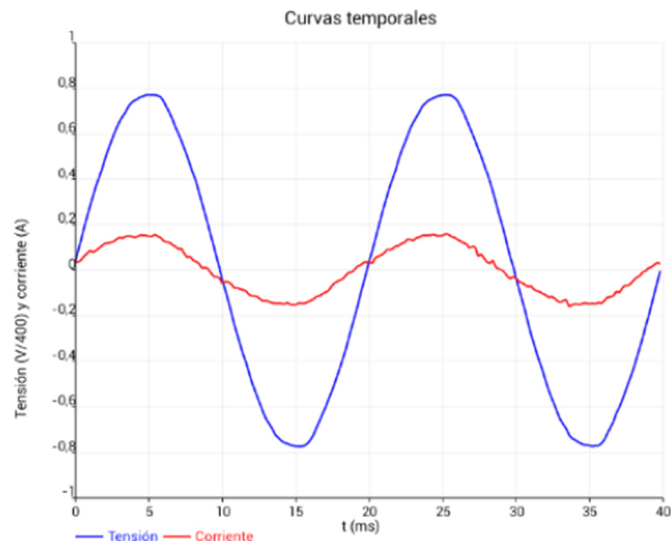


Ilustración 40. Captura de datos del tubo LED con regulación máxima.

5.3. Resultados

En este apartado se resumen y comparan los resultados obtenidos con las mediciones sobre cada una de las lámparas instaladas:

Tabla 3. Tabla comparativa de la ilustración del puesto piloto

MEDIDA	REGULACIÓN (%)	TENSIÓN (V)	CORRIENTE (A)	cos φ	POTENCIA (W)
Tubo fluorescente con <u>balasto</u> <u>electromagnético</u>	Sin regulación	220,631	0,417	0,430	39,649
Tubo fluorescente con <u>balasto</u> <u>electrónico</u>	100	220,520	0,144	0,982	31,278
	0	220,416	0,040	0,706	6,285
<u>Tubo LED</u> regulable	100	220,512	0,106	0,973	22,772
	0	220,959	0,023	0,096	0,495

En el caso del balasto electromagnético, podemos notar que el funcionamiento no es el más apropiado, teniendo en cuenta que el factor de potencia ni siquiera llega a ser 0.5. Por tanto, se está consumiendo más potencia reactiva que potencia activa, y esto hace que este método para alimentar un tubo fluorescente sea el que menos rendimiento ofrece. Esta es, lógicamente, la razón por la que este tipo de balastos está en desuso.

En el caso del balastro electrónico, la mejora del factor de potencia al aumentar la intensidad lumínica pasa de 0,706 a 0,982. Otro dato a resaltar es la diferencia entre los consumos potencia activa de los puntos de intensidad mínima y máxima: 6,285 W frente a 31,278 W y 0,040A frente a 0,144A.

Si nos fijamos en nuestro tubo LED, podemos observar que este usa menos potencia que el tubo con balasto electrónico, es decir, un máximo de 22,772 W frente a los 31,278 W del tubo fluorescente. También podemos observar que su factor de potencia es ligeramente menor en el punto máximo, y bastante más reducido en el punto mínimo. La corriente que necesita el tubo LED también es menor para este caso.

Respecto a las tensiones, estas no se desvían más de un 1% de la tensión de red, y esto es debido a las cargas conectadas en la red a la que se conecta el puesto de prácticas.

Por otro lado, podemos sensibilizar este estudio comparativo de ambos tubos regulables, extrayendo puntos a lo largo de su línea de regulación para graficar la variación del consumo de potencia, la corriente, el factor de potencia y la tensión.

TUBO FLUORESCENTE

En primer, lugar, para el tubo fluorescente con balasto electrónico, hemos extraído los siguientes puntos:

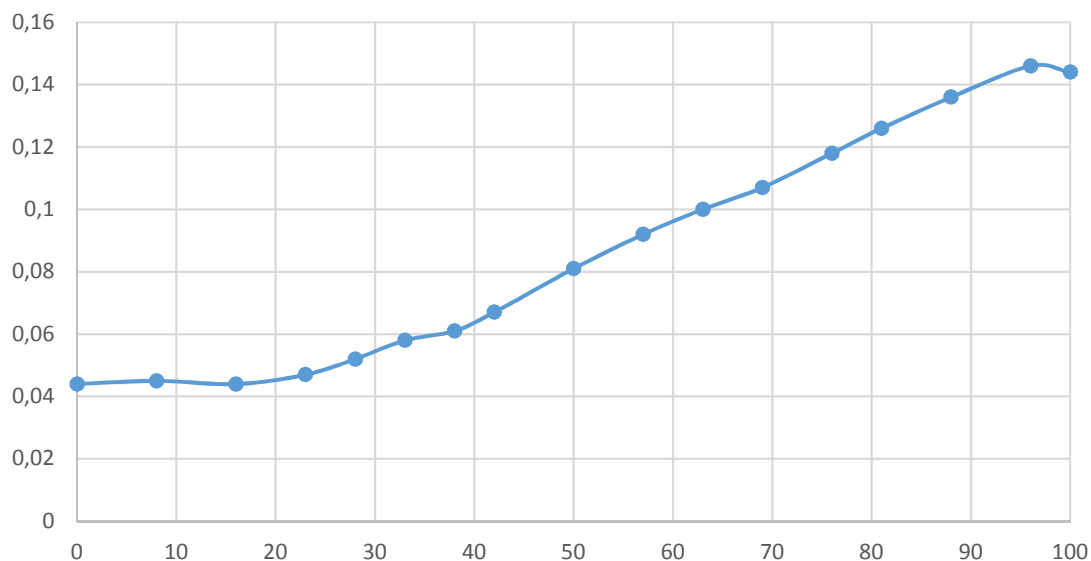
Tabla 4. Medidas del tubo fluorescente a lo largo de su curva de regulación.

MEDID A	FLUJO LUMINOSO (%)	CORRIENT E (A)	TENSIÓN (V)	POTENCIA ACTIVA (W)	FACTOR DE POTENCIA
1	0	0,044	218,362	5,998	0,629
2	8	0,045	218,536	6,263	0,634
3	16	0,044	218,589	5,957	0,616
4	23	0,047	218,682	6,705	0,658
5	28	0,052	218,752	8,167	0,712
6	33	0,058	218,761	9,884	0,773

7	38	0,061	218,792	10,896	0,819
8	42	0,067	218,755	12,662	0,858
9	50	0,081	218,5	15,931	0,896
10	57	0,092	218,571	18,543	0,926
11	63	0,1	218,644	20,66	0,946
12	69	0,107	218,524	22,302	0,956
13	76	0,118	218,387	24,962	0,966
14	81	0,126	218,502	26,745	0,97
15	88	0,136	218,288	29,051	0,977
16	96	0,146	218,121	31,227	0,979
17	100	0,144	220,52	31,278	0,982

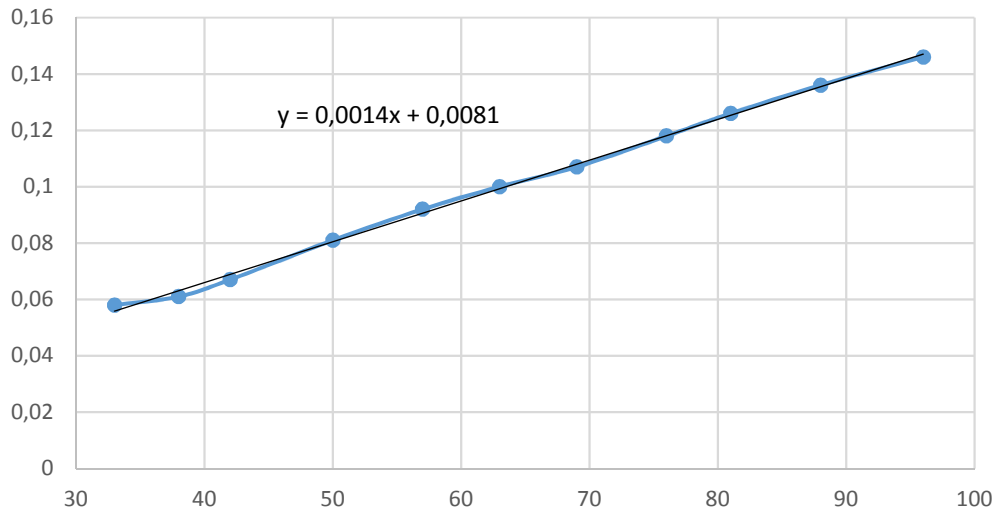
Vemos en la columna de tensión que el valor ronda alrededor de los 220 V de la red eléctrica. Por tanto, la curva extraída no tiene mayor interés, aunque podemos calcular la variación de la tensión, concluyendo con que en esta tabla se ha medido una variación del 1.05%. A parte de esto, sí que podemos distinguir el comportamiento del tubo fluorescente en las gráficas de las otras mediciones.

CORRIENTE TUBO FLUORESCENTE



Gráfica 1. Variación de la corriente en el tubo fluorescente

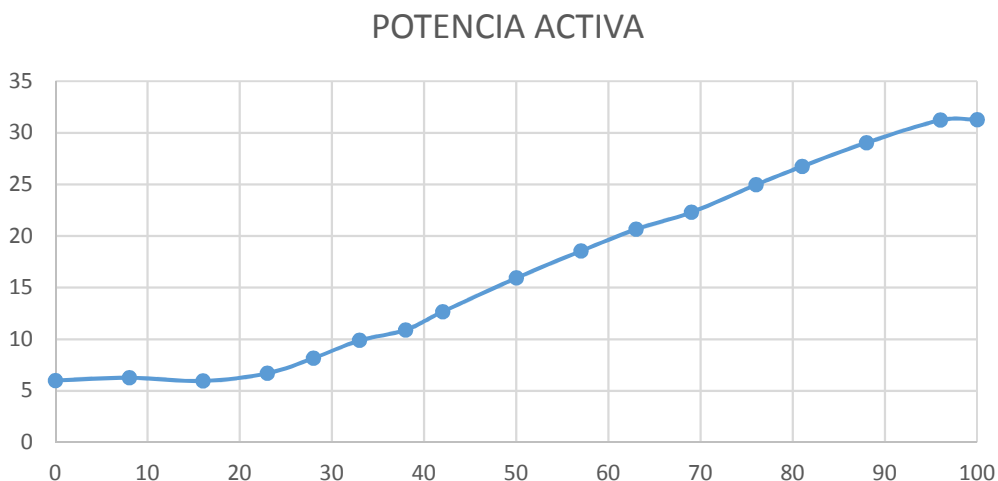
Podemos observar dos zonas distintas en la gráfica, la primera hasta el 30% de la regulación, donde se la corriente se mantiene relativamente constante. En segundo lugar, encontramos otra zona lineal ascendente desde el 30% del flujo hasta el 95% con una pendiente de 0.0014.



Gráfica 2. Función de la línea de tendencia desde 30% de la regulación hasta 100% en el tubo fluorescente.

La razón por la que la curva deja de crecer en el 95% del valor de regulación, es porque generalmente, los reguladores llegan a su máximo en este nivel del control, puesto que las desviaciones en la fabricación de dispositivos reguladores podrían hacer en los casos más desfavorables, no se pudiese llegar al máximo nivel de brillo.

En la gráfica de potencia activa, encontraremos un comportamiento similar donde distinguimos también una parte relativamente constante hasta el 30% de la regulación, y después una curva que crece de forma continua hasta el 95%.

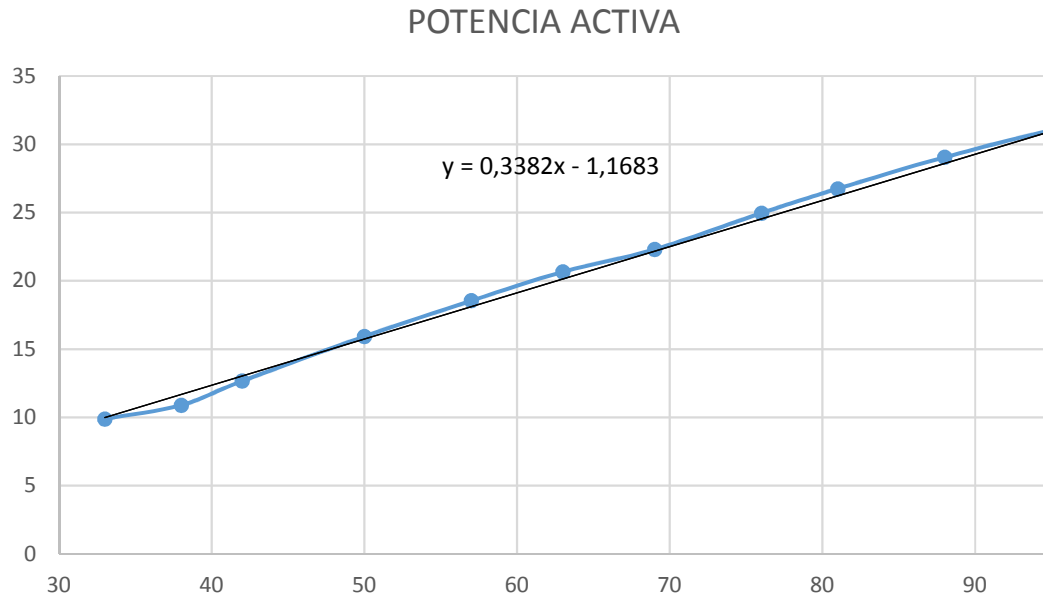


Gráfica 3. Variación de la potencia activa en el tubo fluorescente.

Adjudicamos la razón de esta compatibilidad entre ambas gráficas de corriente y potencia activa a la relación que existe entre ambas:

$$P_{activa} = V \cdot I \cdot \cos\varphi$$

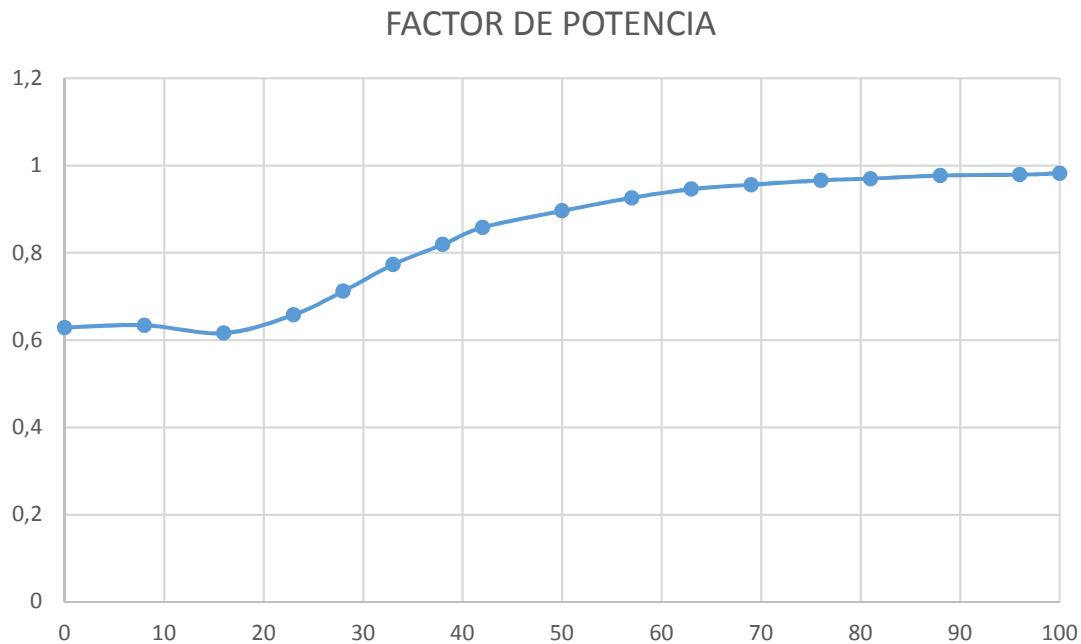
Como podemos considerar la tensión constante, observaremos que la variación del de dicha potencia será una combinación de la variación del factor de potencia y la variación de la intensidad.



Gráfica 4. Función de la línea de tendencia lineal desde 30% de la regulación hasta 95% del tubo fluorescente.

Observamos que esta curva crece más rápidamente que la de intensidad, ofreciendo una pendiente en su zona de crecimiento de 0.3382.

Finalmente, observando el factor de potencia podemos ver como mejora la eficiencia de la lámpara al aumentar el brillo de la misma.



Gráfica 5. Variación del factor de potencia en el tubo fluorescente

Podemos observar que es a partir del 35% donde el valor del factor de potencia se encuentra dentro de unos rangos aceptables, aunque el mejor caso se encuentra en los niveles máximos de regulación. Por tanto, a cuanto más potencia consume esta lámpara, menos pérdidas activas produce. Esta mejora respecto al tubo con balasto electromagnético se debe a la sustitución de la reactancia por un circuito electrónico de alta frecuencia.

TUBO LED

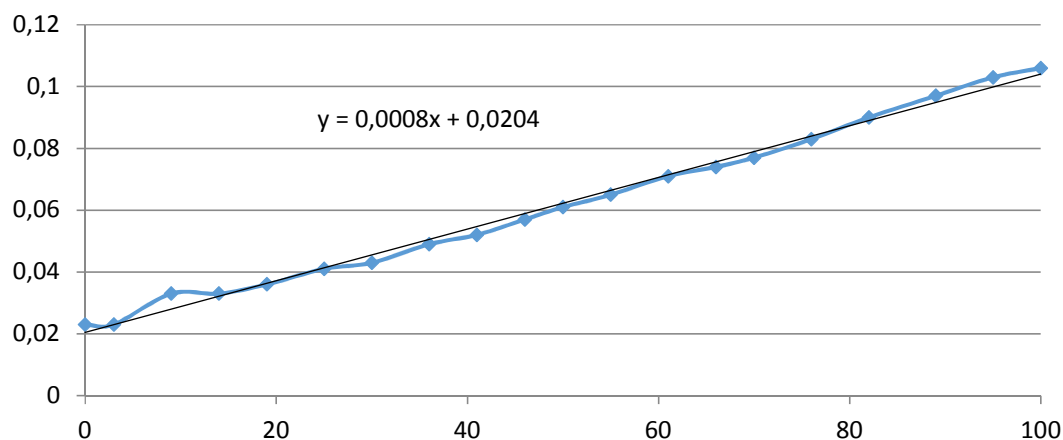
De la misma forma que con el tubo fluorescente, hemos tomado capturas de datos del tubo LED a lo largo de su curva de regulación. Los resultados extraídos son los siguientes:

Tabla 5. Medidas del tubo LED a lo largo de la curva de regulación.

MEDIDA	FLUJO LUMINOSO	CORRIENTE	TENSIÓN	POTENCIA ACTIVA	FACTOR DE POTENCIA
1	0	0,023	220,959	0,495	0,096
2	3	0,023	220,778	0,31	0,061
3	9	0,033	220,584	3,798	0,528
4	14	0,033	220,589	3,937	0,54
5	19	0,036	220,506	4,818	0,612
6	25	0,041	220,74	6,271	0,688
7	30	0,043	220,682	7,15	0,747
8	36	0,049	220,742	8,584	0,798
9	41	0,052	220,77	9,565	0,829
10	46	0,057	220,656	10,913	0,864
11	50	0,061	220,311	11,9	0,884
12	55	0,065	220,662	12,809	0,893
13	61	0,071	220,867	14,244	0,913
14	66	0,074	220,391	15,153	0,927
15	70	0,077	220,658	15,903	0,934
16	76	0,083	220,708	17,381	0,956
17	82	0,09	220,592	18,967	0,955
18	89	0,097	220,569	20,514	0,959
19	95	0,103	220,577	21,986	0,964
20	100	0,106	220,512	22,772	0,973

Respecto del tubo LED, también podemos mostrar el mismo tipo de gráficas que en el caso anterior:

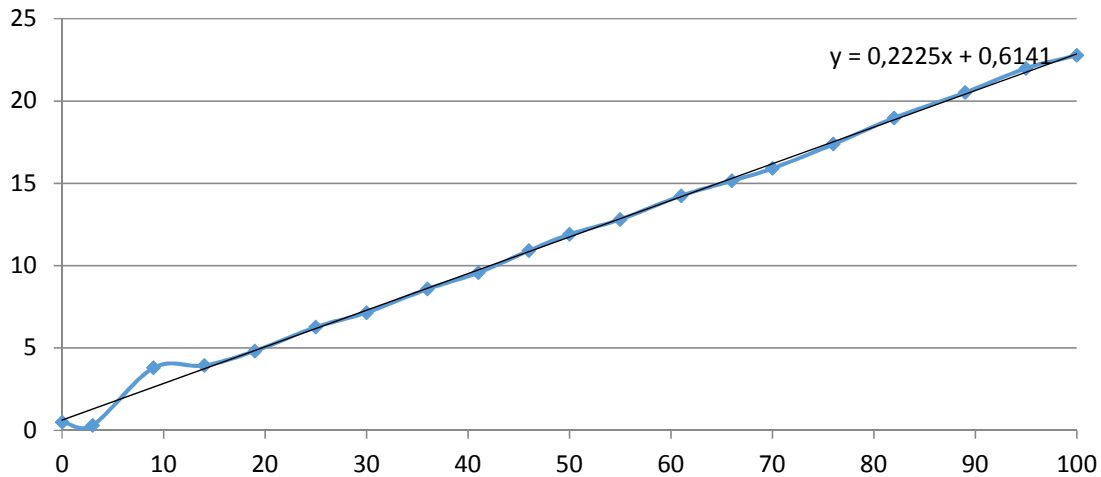
CORRIENTE



Gráfica 6. Variación de la corriente en el tubo LED y línea de tendencia.

En esta gráfica se observa que esta vez la corriente aumenta de forma constante durante toda la regulación, con una pendiente de 0.0008. Encontraremos una forma parecida en la variación de la potencia activa consumida.

POTENCIA ACTIVA

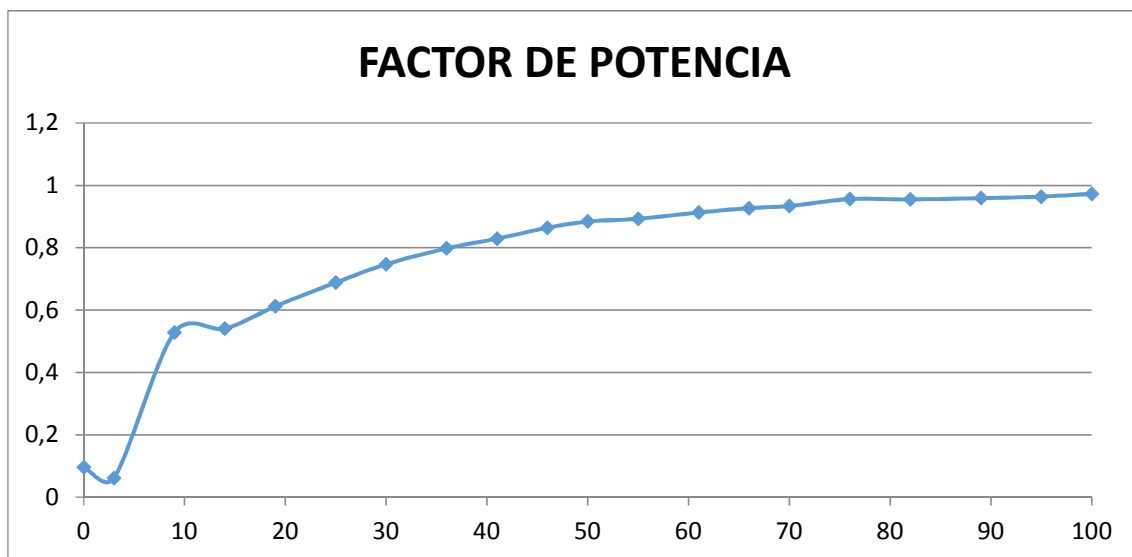


Gráfica 7. Variación de la potencia activa en el tubo LED.

Como es lógico, esta recta crece más rápidamente que la de corriente, con una pendiente de 0,225.

La distorsión que encontramos en el 10% de regulación tanto en la curva de tensión como en la de corriente se debe a la curva de variación del factor de potencia en el tubo experimentado.

FACTOR DE POTENCIA



Gráfica 8. Variación del factor de potencia en el tubo LED.

Como vemos, este crece muy rápidamente al principio y luego se estabiliza, encontrando a partir del 35% de regulación, la zona de más eficiencia dentro de la curva.

Finalmente, podemos comprobar que el tubo fluorescente alimentado mediante balasto convencional, se queda a la cola en términos de eficiencia. Y que la diferencia más notable es la reducción de la desviación entre la corriente eléctrica y la tensión.

Por otro lado, si comparamos ambos tubos regulables, veremos que el tubo LED tienen menos potencia que el tubo fluorescente, pero al respecto de las gráficas extraídas, en el tubo LED, se distingue una mayor linealidad en las curvas de variación de corriente y potencia, aunque en ambas, es a partir del 30% de la regulación, donde los tubos empiezan a funcionar con una eficiencia considerable.

Respecto a la variación del factor de potencia, vemos que en el caso del tubo LED, esta empieza desde un nivel más bajo (0,096) y aumenta rápidamente hasta que empieza a estabilizarse a partir del 0,6. En cambio, en el tubo fluorescente con balasto electrónico, el factor de potencia empieza en los niveles mínimos de regulación desde 0,629, y empieza a estabilizarse a partir de 0.8.

6. ESTUDIO TEÓRICO

En las instalaciones de alumbrado industriales, cuando se necesita regular la intensidad de las lámparas a través del uso de balastos electrónicos regulables, el sistema DALI es uno de los más extendidos, aunque, en general, el uso de regulación en este tipo de instalaciones aún se encuentra en vías de crecimiento.

No encontramos tubos LED controlables mediante bus DALI todavía, aunque sí que encontramos drivers LED con regulación DALI que podrían llegar a funcionar como en el puesto piloto instalado, aunque este estudio escapa a los alcances de este trabajo.

Por tanto, de entre las tres tecnologías comparadas en el puesto de trabajo, solo el tubo fluorescente con balasto electrónico tendría lugar en el sistema DALI.

En este apartado se ha explicado el funcionamiento genérico de las instalaciones DALI. Para ello nos hemos basado en los dispositivos que se utilizan en el laboratorio de prácticas para la instalación de iluminación, aunque se pueden utilizar componentes de otras casas mientras sean capaces de aceptar bus DALI.

6.1. Bus DALI

En primer lugar, las siglas DALI significan *Digital Addressable Lighting Interface*, es decir, interfaz de iluminación con direccionamiento digital. Esto significa que es un sistema bidireccional en lo que respecta al flujo de información. No solo viaja información desde el control del montaje a los dispositivos de iluminación instalados, sino que también podemos recibir datos desde la instalación que nos informen del estado de las lámparas.

Este protocolo nació como un sucesor del sistema de control 1-10V y como alternativa de estándar abierto para la Interfaz de Señal Digital (DSI). DALI fue desarrollado por varios fabricantes de equipos de iluminación. Finalmente, la plataforma asegura, de acuerdo a la norma IEC62386, que equipos de distinto fabricante se podrán conectar entre sí. Dichos sistemas contarán con el logo oficial del protocolo, mostrado en la siguiente ilustración. Esta tecnología está dirigida a las necesidades de iluminación comercial y arquitectónica y ha sido propuesto como una extensión al IEC 60929. Aunque en un principio fue desarrollado para el control de luminarias fluorescentes, hoy en día se puede aplicar a otras fuentes de luz.



Ilustración 41. Logo DALI.

Por consiguiente, este sistema fue creado para ser el más óptimo en el control de luces de sistemas de medio y gran tamaño. Fue diseñado para ser rápido y fácil de instalar y configurar con un bajo coste por nodo. En su forma básica puede cumplir las necesidades de alrededor del 95% de las aplicaciones de control de iluminación arquitectónica, aunque también está pensado para sistemas de control de alto nivel.

En consonancia con este funcionamiento bidireccional, podemos ver en la estructura del cable los conductores que se encargan del traslado de la información y energía eléctrica, además del cable de tierra para poner a tierra los elementos pertinentes.

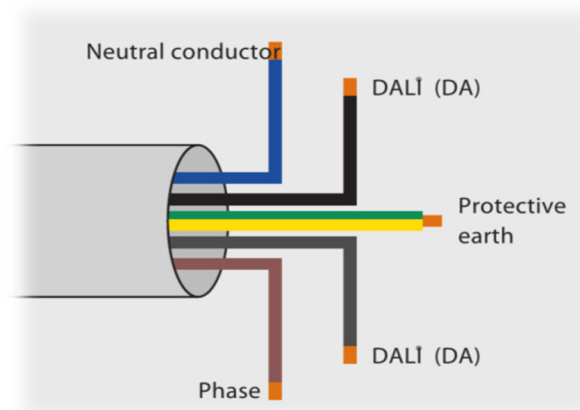


Ilustración 42. Bus DALI.

Como se puede observar en la ilustración anterior, la comunicación entre maestro y esclavos se realiza a través de una línea de dos hilos (en la ilustración, DALI (DA)). Hay casos en los que estos dos hilos están polarizados, pero la mayoría de las veces los diseños están configurados libres de polaridad. Por otro lado, no se necesitan cables especiales apantallados, y por tanto se puede mantener los hilos en conjunto con los de alimentación. Sumando la protección de tierra, tendríamos una única manguera de cinco hilos para transportar la información y energía que haría funcionar la instalación.

Una de las aplicaciones ventajosas que tiene esta tecnología, es que podemos agrupar los receptores de la instalación sin necesidad de tener en cuenta el cableado. Únicamente, las reactancias tendrán que estar conectadas en paralelo entre sí, evitando los bucles, hecho que simplifica el proceso de diseño e instalación. Tampoco se necesitarían relés mecánicos para la conexión o desconexión del alumbrado, puesto que esta acción se realiza mediante comandos transportados a través de la línea de control. Es evidente, sólo teniendo en cuenta estas ventajas, que este sistema proporciona una gran flexibilidad.

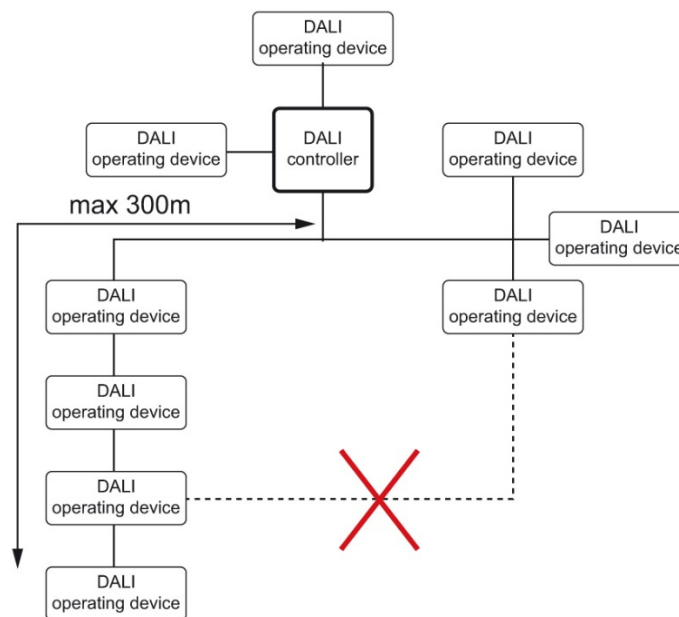


Ilustración 43. Sistema DALI, ejemplo para evitar bucles.

Por otro lado, de la misma forma que en el resto de sistemas, encontramos limitaciones físicas que pueden dificultar la programación de determinadas instalaciones. Por ejemplo, no podemos superar una caída de 2V en la línea de control, hecho que limita la longitud de la misma, dependiendo de la sección del cable. Tampoco podemos hacer pasar más de 250mA a través de ella. En definitiva, no será recomendable superar una longitud de 300m.

Una vez realizada la instalación, podemos configurar cada sistema en hasta dieciséis grupos distintos, con un máximo de 64 direcciones sobre las que existe la posibilidad de actuar de forma independiente, también se puede programar en dichos grupos hasta

dieciséis escenas diferentes por dispositivo. Por otro lado, se pueden conectar varias redes DALI a un sistema *building management* simultáneamente.

En la norma internacional IEC 62386 se define la función de regulación del sistema DALI, que es una curva logarítmica donde la regulación es más sensible cuando los niveles de iluminación son bajos, puesto que el ojo humano es más susceptible a los cambios de luz en estas condiciones. Podremos regular el flujo luminoso, por tanto, en un rango comprendido entre el 0,1% y el 100%.

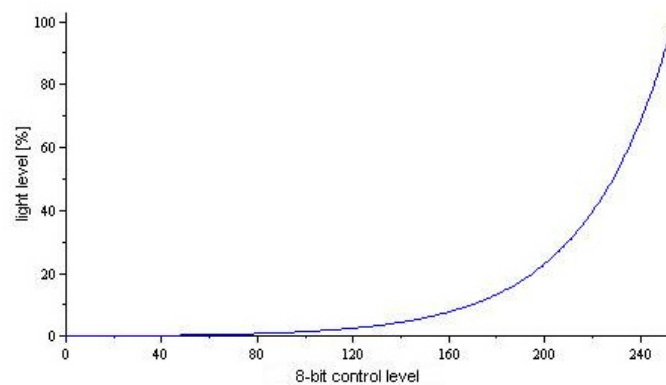


Ilustración 44. Curva de regulación logarítmica de sistema DALI

La función de esta curva es la siguiente:

Ecuación 1

$$X(n) = 10^{\frac{n-1}{253/3}-1}$$

Siendo “n” el valor del control por bit y “X” el valor de la potencia de la lámpara en %.

En definitiva, podemos clasificar la tecnología DALI como una tecnología con una buena relación entre funciones y precio, sobre todo si la comparamos con otras tecnologías como la regulación 1-10V o el protocolo estándar KNX definido en la norma IEC 14543 para instalaciones domóticas.

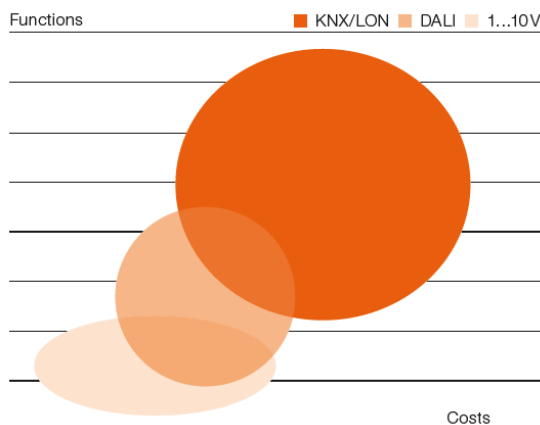


Ilustración 45. Comparación de relación funciones/costes entre KNX/LON, DALI y 1-10V

Por ejemplo, si comparamos las características de DALI y de 1-10V notamos el gran salto en flexibilidad que puede alcanzar un sistema dependiendo de la tecnología que utilicemos.

En la siguiente tabla podemos ver una comparación entre las funcionalidades de la tecnología DALI y su predecesora la regulación 1-10V:

Tabla 6. Comparación entre regulación DALI y 1-10V.

FUNCIONALIDAD DALI	FUNCIONALIDAD 1-10V
Entrada de control flotante	Entrada de control flotante
Línea de dos hilos (sin polaridad)	Línea de dos hilos (con polaridad +/-)
Direccionamiento: ➤ Individualmente: 64 grupos ➤ Grupos: 16 ➤ Todos juntos	Sin posibilidad de direccionamiento
Escenas: 16 memorias	Sin posibilidad de memorizar escenas
Recopilación de información: ➤ Disfunciones de la lámpara ➤ Tiempos de operación ➤ Configuración de la regulación	Sin posibilidad de recopilar información
Regulación individual guardando el valor inicial y final de la operación	No es posible
Interfaz para conmutar	Conmutación externa (p.e relés)

Finalmente, las mayores ventajas que aporta el bus DALI son el bajo precio de la interfaz y la simplicidad de la instalación, la capacidad de ofrecer una regulación completa de todas las lámparas y equipamiento similar, y que todos los fabricantes de balastos lo soportan.

6.2. Componentes necesarios para bus DALI

En este apartado se han explicado los distintos componentes que necesitaría una instalación DALI con las características de nuestra solución no comercial. Puesto que podemos encontrar distintas compañías fabricando estos componentes, hemos optado por centrarnos en la casa Beckhoff® por ser de su marca los PLCs que se han utilizado en la UPV para instalaciones DALI anteriores.

Los componentes que hacen falta para controlar una instalación DALI son un elemento de monitorización, como puede ser una pantalla táctil como en el caso del laboratorio, o un ordenador. Un autómata programable y un terminal maestro para conectar el PLC al resto de la instalación.

También será necesario el uso de lámparas regulables mediante el sistema DALI, como lo son los balastos electrónicos que lo soportan combinados con tubos fluorescentes. Por último, es necesario tener conocimientos de programación para este sistema y por tanto es necesario un software de programación para hacerlo funcionar correctamente.

En este apartado se explicarán brevemente los autómatas programables, el terminal KL6811 y el software. Por ser el fabricante de los dispositivos de control utilizados en la instalación DALI del laboratorio, todos los componentes están referidos a la casa Beckhoff®, aunque se pueden utilizar también otras marcas mientras estas soporten bus DALI.

Por otro lado, aunque no sea necesario para cualquier instalación DALI, se ha incluido en esta instalación un analizador de energía que se encargaría de tomar las medidas de la instalación. De esta manera tendríamos la opción de tomar resultados de la misma forma que se ha hecho en la instalación piloto.

6.2.1.PLC

En primer lugar, las siglas PLC significan *Programmable Logic Controller*, y se traducen como controlador lógico programable, aunque también se conoce también como autómatas programables. En esencia, un PLC es una computadora que sirve para automatizar procesos electromecánicos. Dicho de forma simple, es un dispositivo que obtiene información a través de determinadas entradas, que luego es procesada a través del software correspondiente, en consonancia con la tecnología utilizada y según un programa implementado anteriormente, y cambia el estado de sus salidas como respuesta a las condiciones de entrada. Este tipo de equipos son utilizados en gran variedad de industrias.

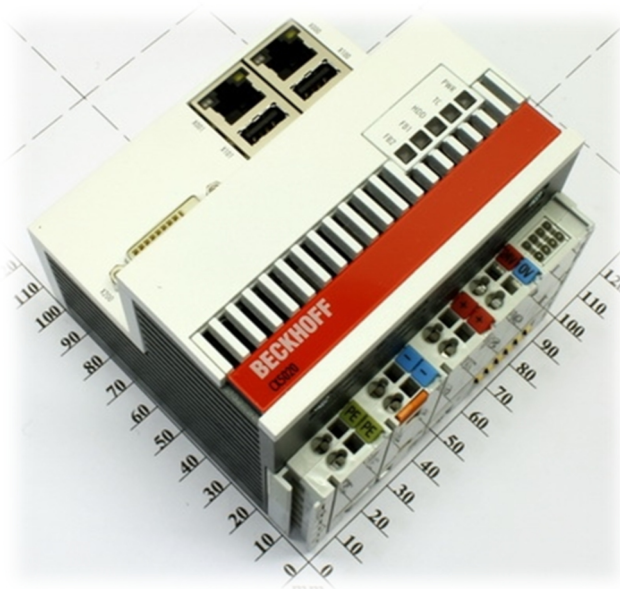


Ilustración 46. PLC CX5020 de Beckhoff.

En nuestra instalación, el PLC se encarga de controlar el sistema basado en tecnología DALI. Se ha considerado que dicho autómatas es el CX5020 de la casa Beckhoff. Este autómatas encuentra en la norma ISO 1648: 2010, Rey 12 de BACnet, la certificación de ser un estándar internacional que garantiza la interoperabilidad entre distintos dispositivos de automatización de edificios fabricados por distintas casas. Dicha certificación está ganando cada vez más importancia con el paso del tiempo. Las interfaces abiertas de este PLC le permiten utilizar tecnología DALI entre otras, como lo serían KNX/EIB, LON, DMX, M-Bus, Modbus, MP-Bus, SMI y EnOcean.

6.2.2. Terminal master KL6811

Para conectar la instalación con el PLC, necesitamos una interfaz física llamada terminal. Puesto que en la instalación del laboratorio encontramos que los componentes utilizados son de la casa Beckhoff, hemos considerado para este trabajo el uso de dicha marca y, por tanto, la interfaz física necesaria para controlar la operación de los esclavos será el llamado terminal maestro y de suministro de potencia KL6811.

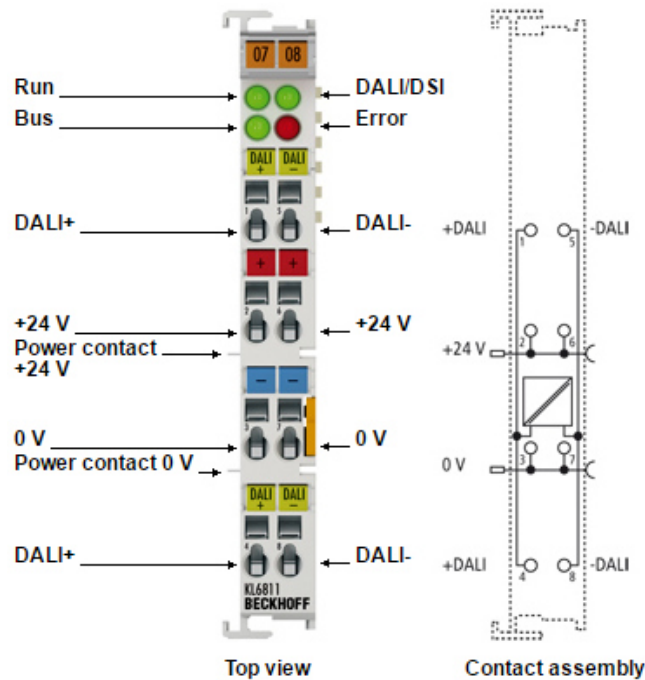


Ilustración 47. Esquema y vista de KL6811 [1]

Este terminal se conecta al PLC a través del bus *coupler* generalmente, aunque también se puede hacer vía RS232 o vía *fieldbus*. Solo es necesario un terminal master para operar el límite de 64 direcciones que nos permite la tecnología DALI.

Por otro lado, este terminal también tiene la capacidad de ser usado no solo como interfaz DALI, sino también como DSI (Digital Serial Interface) que es otra tecnología distinta a través de la cual se regula la luminosidad de las lámparas desde 1% a 100%.

En el Anexo VI se puede encontrar una explicación más profunda del funcionamiento de este terminal, además de información técnica sobre las entradas y las alertas luminosas.

6.2.3. Analizador de energía

Un analizador de energía es un equipo capaz de medir determinados parámetros eléctricos en redes de corriente alterna. Estos parámetros, son habitualmente, la tensión, corriente, frecuencia, potencia y energía. Pero podemos encontrar analizadores capaces de medir armónicos, interarmónicos, asimetrías... Estos dispositivos también son capaces de detectar fallos de red como pueden serlo interrupciones, intrusiones, sobretensiones temporales o transitorias y medir sus valores. Por otro lado, los valores tomados pueden ser enviados a un PC para poder ser procesados luego, como es el caso de esta instalación.

Las funcionalidades de un analizador de energía pueden variar mucho dependiendo de la calidad del mismo. Dentro del mercado, podemos encontrar, por tanto, muchos modelos distintos que ofrecen diferentes opciones dependiendo, sobre todo, del precio del dispositivo.



Ilustración 48. Analizador de potencia 434 Serie II Fluke

6.2.4. Software

Dentro del proceso de programación de un sistema DALI de estas características puede separarse en dos partes: en primer lugar, tendríamos la configuración del terminal y, por otro lado, a la configuración de la instalación y, por tanto, del control de los receptores.

Empezando por el principio, tenemos que recurrir al software KS2000, el cual nos permite acceder al KL6811, pudiendo observar los registros, la configuración y los datos procesados por el terminal.



Ilustración 49. KS2000

Cuando abrimos este programa, este detecta los terminales conectados. Encontraríamos, por tanto, una lista ordenada según la posición de los dispositivos acoplados al *coupler* en la que buscamos el terminal con el que queremos trabajar.

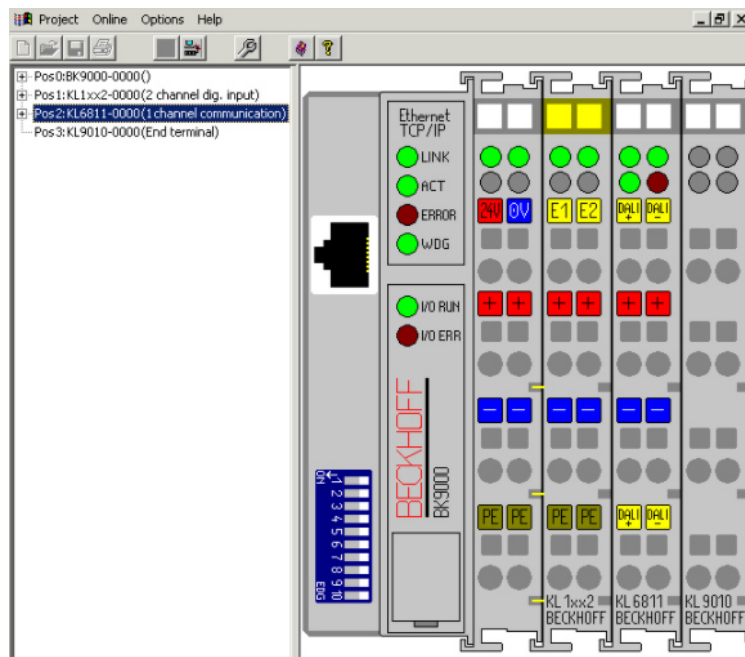


Ilustración 50. Selección de terminal.

Una vez detectado y seleccionado el terminal a configurar, accedemos a un menú a la izquierda de la pantalla, donde se encuentran ordenados en esquema de árbol las opciones de registro, configuración y proceso de datos.

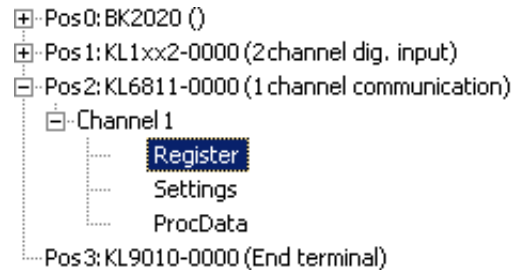


Ilustración 51. Menú de opciones KS2000.

En el apartado de registro (*register*) encontraremos una tabla cuyos elementos mostrarán anotaciones de las distintas opciones que ofrece el terminal, tales como registros de diagnóstico, registros de comandos, contador de esclavos DALI...

En el apartado de ajustes (*settings*) podremos ajustar los niveles de los dispositivos DALI, direccionar los dispositivos, y especificar un número de opciones para el KL6811 dependiendo de la pestaña a la que accedamos en el menú dispuesto a continuación.

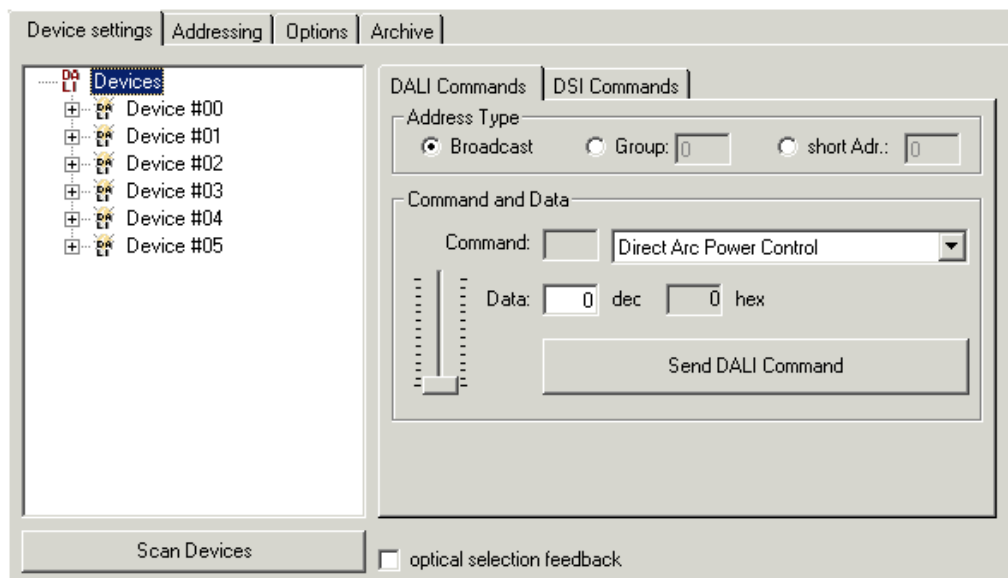


Ilustración 52. Ventana de ajustes.

Desde el apartado de *device settings* tendremos la posibilidad de enviar un comando a todos los dispositivos conectados, a un grupo determinado o a un dispositivo en particular. El uso de este menú es muy intuitivo y simple, como se puede observar en la

ilustración anterior. En él solo tenemos que seleccionar el comando a utilizar, el nivel que queremos aplicar y el destino al que queremos enviar el comando. Estos comandos, tendrán una longitud de dos dígitos, en la forma en la que se especifica en el estándar DIN EN 60929.

Dentro de la opción de configuración del dispositivo tenemos la posibilidad de configurar los elementos conectados al sistema por separado, y en cada uno de ellos podremos editar los controles de iluminación del mismo, editar variables internas del funcionamiento del dispositivo, añadir el dispositivo a uno de los quince grupos disponibles o aplicar una de las posibles dieciséis escenas configurables.

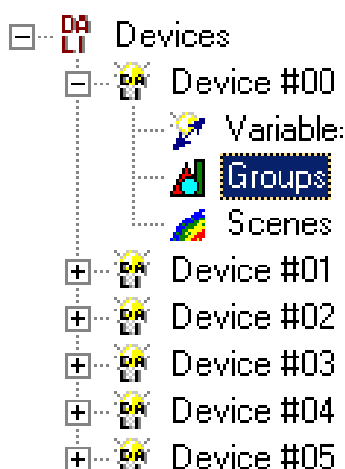


Ilustración 53. Menú de acceso a las opciones de configuración de dispositivos.

Dentro del apartado de direccionamiento, tendremos la capacidad de darle “nombre” dentro del programa a cada uno de los dispositivos conectados, y esto se puede hacer de varias formas: de forma física, de forma aleatoria y de forma individual. Finalmente, también tendremos la opción de cambiar las direcciones asignadas.

En el caso de iniciar el direccionamiento físico, seleccionamos la lámpara que queremos direccionar desconectándola físicamente de la instalación, y le damos dirección conectándola de nuevo. Repetiremos este proceso en una secuencia acorde al orden en el que queramos que se encuentren direccionadas finalmente. Este proceso no se debe interrumpir con otros comandos DALI. Por otro lado, el cambio de direcciones es muy simple, simplemente se selecciona la lámpara y se cambia el valor de dirección asignada.

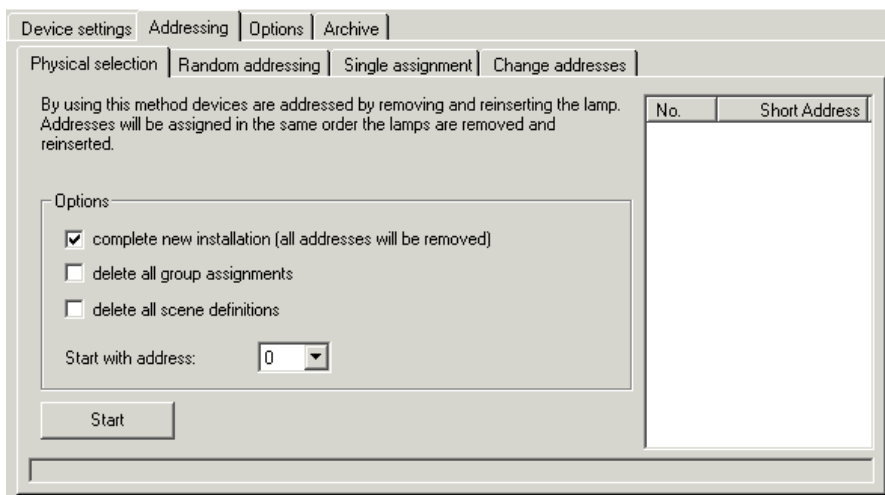


Ilustración 54. Menú de direccionamiento de dispositivos.

En el apartado de opciones (*options*), simplemente tendremos la capacidad de decidir el modo de funcionamiento DALI/DSI y de activar o desactivar el suministro de potencia y el contador de dispositivos. Esta configuración quedará guardada en el registro, desde donde se podrá revisar en su conjunto.

En el menú de archivo (*archive*) tendremos la capacidad de configurar las dieciséis escenas utilizando tablas y valores de niveles de intensidad lumínica entre 0 y 254. El valor 255 se utiliza para que el dispositivo preserve su valor actual mientras se cambia de una escena a la otra. También podremos crear los dieciséis posibles grupos utilizando este menú.

Device settings Addressing Options Archive																
Scenes	Groups															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0																
1				50		100				250						
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8					200		150						20			
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18				254	254	254	254			254		254				
19																

Ilustración 55. Tabla de configuración de escenas.³

³ Las escenas se encuentran numeradas en la escala horizontal mientras que los dispositivos están ordenados en la escala vertical según su direccionamiento.

El software que utiliza la marca Beckhoff® para la programación de sus autómatas programables se llama TwinCAT, y se puede descargar de forma libre directamente desde su página web oficial. Desde allí se pueden seleccionar también las bibliotecas necesarias dependiendo del uso que se le vaya a dar al autómata programable utilizado.



Ilustración 56. Logotipo de TwinCAT® de la casa Beckhoff®.

Para empezar con la programación de la instalación, tenemos que tener instaladas las librerías necesarias para la utilización de la tecnología DALI. Dichas librerías son:

Para PCs (x86) and PCs embebidos (CXxxxx):

- Standard.lib
- TcBase.lib
- TcSystem.lib

Para los controladores de terminales de la serie BCxx00: Standard.lbx

- TcPlcUtilitiesBC.lbx
- PlcHelperBC.lbx
- PlcSystemBC.lbx

Para los controladores de terminales de las series BCxx50, BCxx20 y BC9191:

- Standard.lbx
- TcBaseBCxx50.lbx
- TcSystemBCxx50.lbx
- For Bus Terminal Controller of BXxx00 series:
 - Standard.lbx
 - TcBaseBX.lbx
 - TcSystemBX.lbx

Para crear un programa desde donde se pueda controlar un sistema DALI, primero tenemos que generar un nuevo programa basado en PC y añadir la librería TcDALIV2.lib

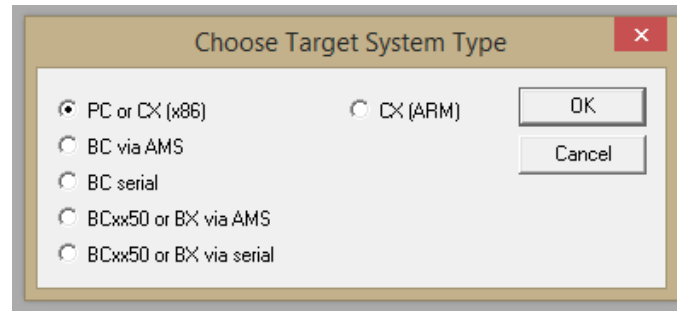


Ilustración 57. Tipo de sistema objetivo.

Seleccionaremos para este caso la opción de programación en CFC.

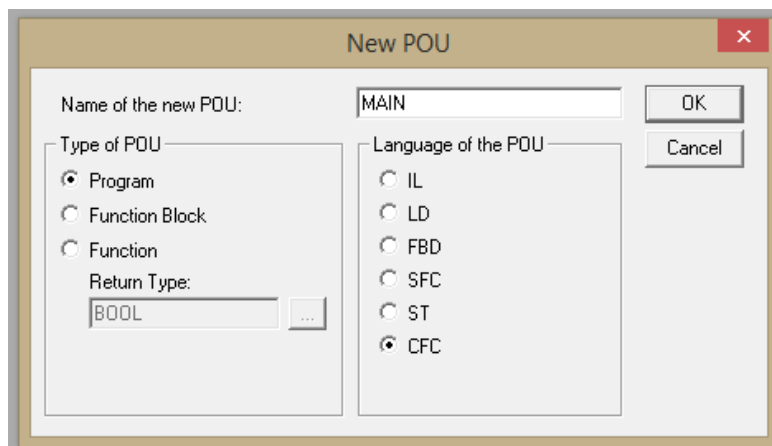


Ilustración 58. Lenguaje de programación y tipo de programa.

A partir de aquí, la programación dependerá del tipo de instalación que se quiera implementar. Podemos encontrar un ejemplo en la página web de la casa Beckhoff® donde se ha programado una instalación desde la que se controla una lámpara regulable con un botón.

En primer lugar, esta instalación tendrá un objeto principal (*main*) y un objeto para la comunicación con la instalación (*communication*).

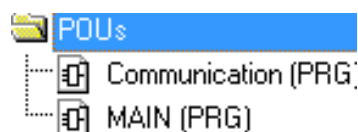


Ilustración 59. Directorio de objetos

Necesitaremos un objeto de comunicación donde situaremos la función FB_DALIV2Communication puesto que los bloques de comandos DALI no son capaces de acceder directamente al terminal, sino que archivan sus órdenes en tres colas distintas. Esta función se encarga de leer dichas colas y llevar los comandos correspondientes al terminal master KL6811. Así se evita que más de un bloque acceda al mismo tiempo al terminal.

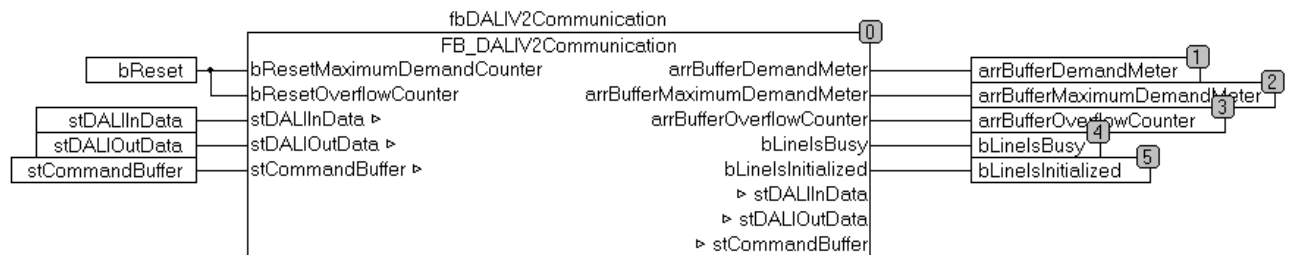


Ilustración 60. Bloque de función FB_DALIV2Communication.

La cola utilizada se puede determinar a través de la salida del bloque de función utilizando tres vectores en los cuales cada uno de los tres elementos que contienen representaría una de las colas (*low, médium, high*).

Después, en el programa principal (*main*) llamaremos a la función FB_DALIV2Dimmer1Switch.

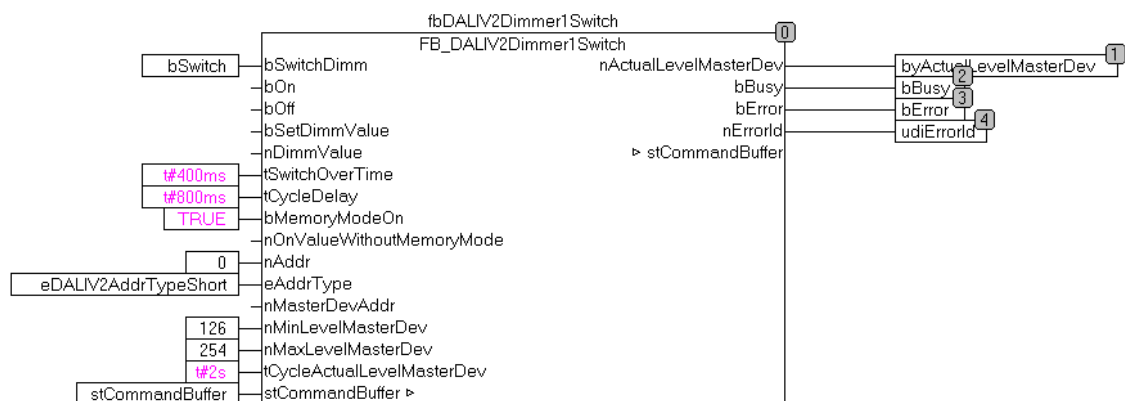


Ilustración 61. Bloque de función FB_DALIV2Dimmer1Switch.

Este bloque de función en particular realiza la función de una regulación *touch control*. Si la señal en la entrada bSwitchDimm dura más que el tiempo introducido en la entrada tSwitchOverTime, entonces el valor de la salida empieza a moverse entre el valor introducido como mínimo en nMinLevelMasterDev y el máximo de

nMaxLevelMasterDev, y el valor seleccionado al acabarse la señal en la entrada será el que se mantenga como regulado. Cuando el valor de la salida alcanza el máximo o el mínimo, se mantiene durante el tiempo introducido en la entrada tSwitchOverTime, simplemente para facilitar la selección del estado de brillo máximo y brillo mínimo. Si la señal de entrada bSwitchDimm dura menos que el tiempo introducido como tSwitchOverTime, la lámpara se apagará.

En cambio, las entradas de bOn y bOff servirán para apagar y encender la lámpara directamente.

Este bloque de función también tiene la opción de fijar la lámpara a un valor determinada en la entrada nDimmValue. El nivel de regulación fijado se activará cuando el valor introducido en dicha entrada cambie, o cuando entre una señal *true* a través de la entrada bSetDimmValue. Por tanto, de esta manera podemos seleccionar un escenario que se puede activar actuando sobre esta última entrada.

La entrada bMemoryModeOn guarda el último valor de la regulación antes del apagado de la lámpara, para así llevar la lámpara a este nivel cuando esta vuelva a ser encendida. Si esta entrada está por el contrario en *false*, entonces, la intensidad luminosa a la que quedará activada la lámpara cuando se encienda será la fijada en la entrada nOnValueWithoutMemoryMode.

Con la entrada nMasterDeviceAddr podremos evitar que lámparas del mismo grupo se encuentren reguladas a niveles de iluminación diferente cuando se encuentran activadas, pues podemos asignar un dispositivo maestro a un grupo de lámparas introduciendo su dirección en esta entrada, y de esta forma evitaremos este problema.

Como se puede observar, la comprensión de este software de control no es complicada, y las capacidades del sistema regulado dependen de cuán profundo sea el conocimiento del programador sobre esta interfaz. Este conocimiento se puede adquirir tanto a través de la ayuda que ofrece el mismo programa, como con la información que aparece en la página web de Beckhoff.

7. COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN

Existen muchas formas de hacer una instalación de iluminación y, por tanto, los componentes que intervienen en ellas y la tecnología empleada son los principales motivos que suponen el resultado final de la misma. Aunque en la industria, generalmente, las instalaciones utilizan tubos fluorescentes con balasto eléctrico, o electrónico en el caso de los últimos diez años, las opciones no solo se limitan al encendido y apagado por zonas.

Dentro del campo del control de iluminación encontramos equipos que son capaces de generar efectos de iluminación a través de formas y colores, en el caso de las instalaciones para espectáculos; en las viviendas, oficinas, y zonas comunes de edificios se puede encontrar regulación a través del sistema *touch control*, explicado más abajo; También existen sistemas para el control de colores a parte de la luz blanca o cálida, que es la única que se ha utilizado en el montaje de este trabajo, fuera del ámbito de la iluminación para espectáculos,.

Por otro lado, en instalaciones grandes de tipo industrial podemos encontrar elementos cuya utilización no ha sido necesaria en nuestra instalación, que sean capaces de amplificar la señal para que esta tenga un mayor alcance o “traducir” los comandos de control de un tipo de tecnología a otra dependiendo de la necesidad. También es destacable la variedad de posibilidades que ofrece la incorporación de sensores dentro del sistema.

Por tanto, para no quedarnos únicamente en la opción de sistema de iluminación con un control de apagado/encendido o/y regulación de intensidad lumínica blanca, explicamos en este apartado de componentes de una instalación, otras opciones que en algunos casos no se usarían quizás en los ámbitos industriales, pero que sí tienen cabida en este tipo de instalación, y así mostrar lector, el alcance que puede llegar a tener una instalación dependiendo de los componentes usados.

7.1. Balastos

El balasto es un equipo que mantiene estable la intensidad que pasa a través de una lámpara, además de limitarla. También se encarga de generar un pico de tensión durante la conexión para que la lámpara pueda funcionar, ya que se necesita generar un arco eléctrico usando dos electrodos. Existen distintos tipos de lámparas que pueden ser conectadas a un balasto: las lámparas fluorescentes, lámparas de haluro metálico, lámpara de vapor de sodio o lámparas de mercurio.

El balasto eléctrico o electromagnético, que es el que apareció primero, está constituido principalmente por una bobina con núcleo de chapa de acero eléctrico. También, dentro de los balastos eléctricos podemos encontrar los balastos resistivos, que cambian el estado del sistema a través de una resistencia que puede ser fija o variable y se usan para equipos de baja potencia porque generan pérdidas por efecto Joule. Para la instalación de este trabajo se han utilizado balastos electrónicos, que tienen más funcionalidades y actualmente han sustituido a los electromagnéticos.

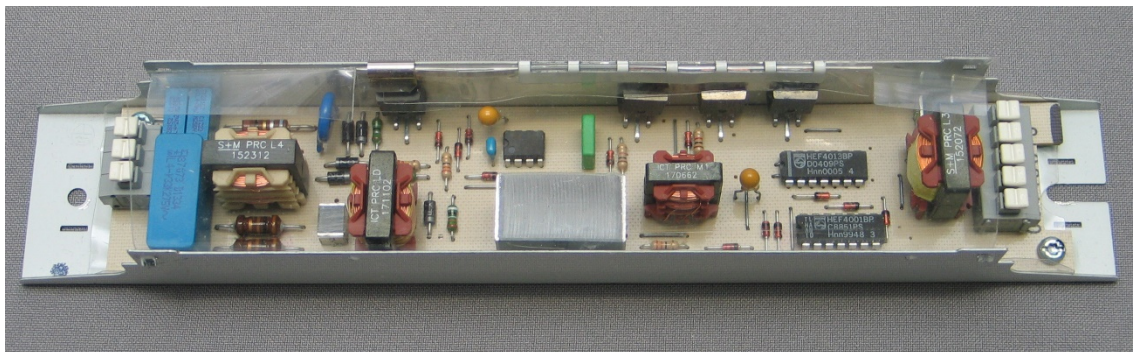


Ilustración 62. Interior de un balasto electrónico.

Como principales diferencias con el balasto eléctrico, encontramos la frecuencia de trabajo, que aumenta de 100 Hz, que es el doble de la frecuencia de alimentación y el valor con el que trabajan los balastos eléctricos, a 20 kHz como mínimo. Ese hecho aumenta el rendimiento de los tubos fluorescentes, tanto por la reducción de pérdidas eléctricas como en el aumento de luminosidad. También se aprecia la falta de parpadeo en el encendido, ya que en los balastos electrónicos se hace tan rápido (por el aumento de la frecuencia) que no se puede llegar a apreciar. También, como diferencia importante, podemos señalar la capacidad de los balastos electrónicos de poder conectarse a más de un receptor al mismo tiempo.

En primer lugar, definimos las partes más básicas de un balasto, que son el núcleo, la carcasa y el sellador. En el primero encontramos el circuito electrónico, la segunda es el “recipiente” que contiene al primero y el último es el aislante que mantiene a los dos anteriores eléctricamente separados.

Por otro lado, el funcionamiento de un balasto se basa en dos etapas de conversión de la señal de alimentación. En la primera, el voltaje es pasado de corriente alterna a corriente continua, corrigiéndose así su factor de potencia. Luego esta señal pasa por un inversor que vuelve a convertir la señal a corriente alterna, pero esta vez con una frecuencia mucho más alta. Por último, la lámpara se alimenta con esta señal.

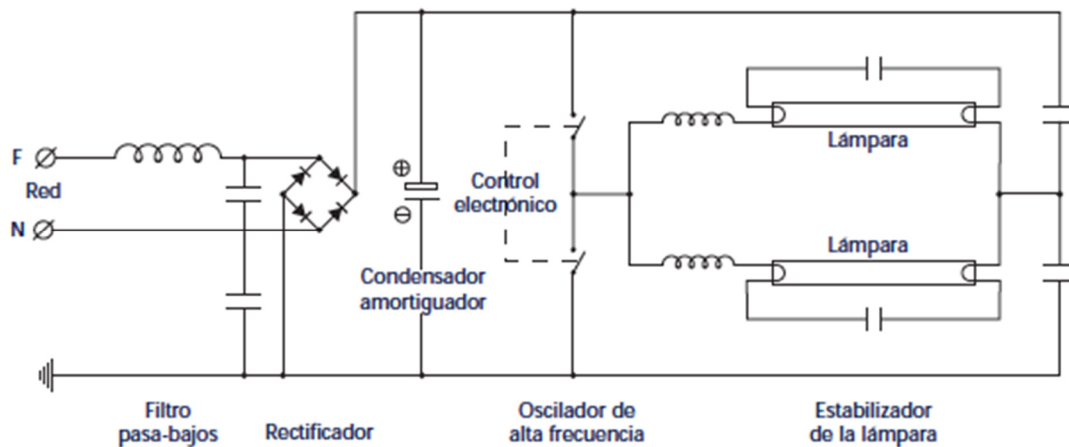


Ilustración 63. Esquema simplificado de balasto electrónico

Para conocer el rendimiento y discernir el buen funcionamiento de un balasto electrónico se debe tener en cuenta el factor de potencia y de cresta del mismo y la distorsión armónica total que producen los circuitos electrónicos integrados en el dispositivo.

El factor de potencia es la razón entre la potencia total utilizada y la potencia activa, por tanto:

Ecuación 2

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T v i dt}{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2 dt}}$$

Si las señales de corriente y tensión están en fase, la fórmula se puede simplificar de la siguiente manera:

Ecuación 3

$$FP = \frac{V_{rms} I_{rms,1}}{V_{rms} I_{rms}} = 1$$

Por tanto, el factor de potencia será el más favorable (con valor 1) cuando las señales de corriente y tensión estén en fase, aunque en la realidad, el valor no alcanza la unidad. Los valores típicos para los balastos electrónicos se encuentran alrededor del 0,9.

Otro dato importante para conocer la calidad de un balasto es el factor de cresta, que no es más que la razón entre la corriente de pico y la corriente media que demanda un equipo. El resultado nos ofrece una medida de la no-linealidad del consumo eléctrico del balasto. En conclusión, a cuanto mayor sea el factor de cresta, mayores picos de corriente podrá soportar el balasto.

Por último, y teniendo en cuenta los efectos nocivos de la distorsión armónica sobre la red eléctrica, que son la posibilidad de provocar sobrecargas y fallos en otros equipos, es importante el valor de la distorsión armónica total o THD (*Total Harmonic Distorsion*), que debe ser lo más reducida posible. Se calcula como la razón entre el valor eficaz entre la onda que forma el conjunto de todos los armónicos y el valor eficaz de la componente fundamental, es decir:

Ecuación 4

$$THD = \sqrt{\frac{I_{2,rms}^2 + I_{3,rms}^2 + \dots I_{n,rms}^2}{I_{1,rms}^2}} \times 100$$

Los valores máximos de distorsión armónica total tienen su referencia en la norma IEC-1000-3-2, donde los balastos electrónicos se encuentran incluidos en la clase C.

Por último, a parte de estos tres parámetros mencionados, también son importantes otros datos como los transitorios de línea, las interferencias de radio frecuencia o RFI

(*Radio Frequency Interference*), la interferencia electromagnética o EMI (*Electro Magnetic Interference*) y la corriente de arranque.

Las conexiones se realizan de distinta manera dependiendo del tipo de dispositivo que alimente a la lámpara, si se trata de un balasto eléctrico o reactancia. Tenemos, por tanto, que tener en cuenta al usar un balasto electromagnético que debemos conectar en paralelo con el tubo un cebador para poder conseguir el pico de tensión que tenga que encender el tubo. Pero si usamos un balasto electrónico, las conexiones funcionan de forma distinta. En la siguiente ilustración se muestra un ejemplo de las conexiones que se deben usar dependiendo del tipo de alimentación.

En el caso de los balastos electrónicos regulables, también tendremos la posibilidad de regular la intensidad lumínica conectando al mismo dos hilos de control.

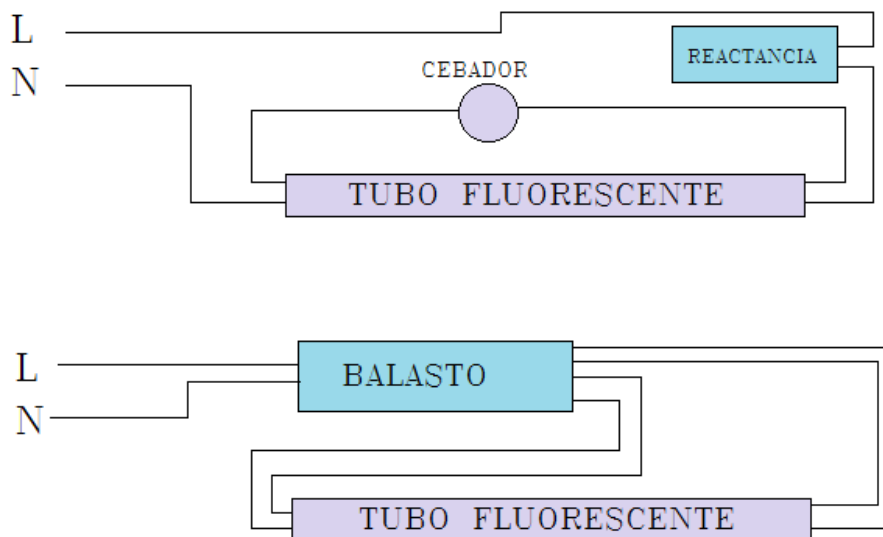


Ilustración 64. Conexión con reactancia o balasto eléctrico (arriba) frente a conexión con balasto electrónico (debajo).

Bajo las salidas del balasto electrónico encontramos otras dos salidas que sirven para controlar la intensidad lumínica de la lámpara. Estos se conectarían por tanto a un regulador. En el puesto de prácticas, estos cables están conectados a un dispositivo de control llamado tarjeta de adquisición de datos, accesible mediante *bluetooth* y desde el que se puede controlar, a través de una Tablet, la intensidad lumínica y ver diferentes medidas.

7.2. Equipos

Estos componentes se encargan de hacer funcionar las fuentes de luz de forma correcta. Deben poder ser regulados con el método de control elegido. Dentro de esta clasificación encontramos los equipos de iluminación, drivers para módulos LED, balastos para lámparas de descarga y fluorescencia, transformadores para lámparas halógenas, etc.

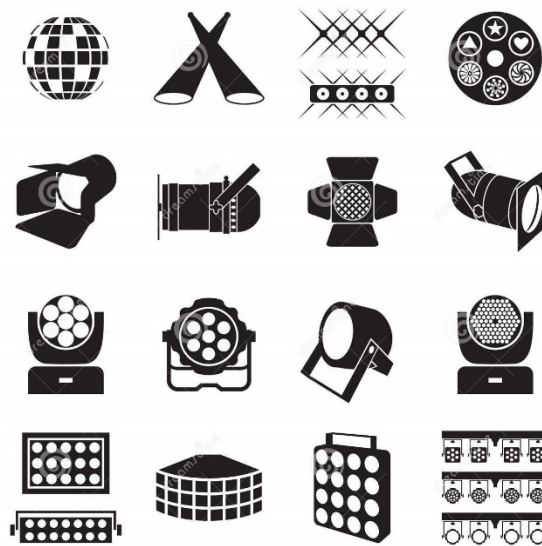


Ilustración 65. Equipos de iluminación.



Ilustración 66. Balasto electrónico (izquierda) y balasto eléctrico (derecha).

7.3. Sensores

También llamados detectores, son dispositivos capaces de detectar una magnitud física o química y transformarla en información comprensible para el sistema, es decir, información procesable. Aunque en el mercado existe una gran cantidad de sensores distintos, podemos destacar en el ámbito de control de sistemas de iluminación los detectores de presencia o las fotocélulas. Los primeros detectan la presencia de

personas; cuando esto sucede el automatismo procede según esté programado, por ejemplo, encendiendo las luces. En el caso de las fotocélulas, lo normal es que se regule la intensidad lumínica de las lámparas dependiendo de la cantidad de luz natural aprovechable en un determinado momento.



Ilustración 67. Detector de presencia (izquierda) y sensor fotoeléctrico (derecha).

7.4. Accionamientos

Mediante estos componentes, el usuario tiene la capacidad de interactuar con el sistema de gestión del alumbrado, ya sea apagando, encendiendo o regulando la luz de forma consciente, voluntaria, manual y directa. En este grupo podemos encontrar los típicos pulsadores, interruptores, mandos rotativos y como elemento más sofisticado, los paneles de control.



Ilustración 68. Pulsador/Interruptor.

Con los interruptores podemos apagar y encender la lámpara conectada al mismo. Los pulsadores generalmente tienen la opción de Touch Control explicada en el apartado “Sistemas de Regulación y Control”. Por otro lado, los mandos rotativos normalmente servirán para regular la intensidad luminosa, pero en este caso, se usará normalmente un potenciómetro que consuma parte de la energía de la que dispone la lámpara para que esta luzca menos.

En cambio, los paneles de control necesitan una instalación más personalizada, y ser programados para cada tipo de sistema en particular. Con ellos la cantidad de opciones aumenta hasta el punto de poder agrupar determinadas luces para editar su intensidad en tiempo real o crear escenas para poder activarlas en cualquier momento. Además de que podríamos elegir niveles dentro de las automatizaciones, establecer horarios, cambiar los tonos de las luces si los equipos de iluminación lo permiten y muchas más posibilidades abiertas a la imaginación del programador.



Ilustración 69. Mando rotativo y paneles de control.

7.5. Repetidores

Estos componentes se encargan de hacer que una señal pueda ser recibida desde más lejos. Esto sucede gracias a que estos dispositivos amplifican la potencia de las señales débiles. Por tanto, se utilizará si se necesitan distancias de cableado o número de equipos conectados superiores a los recomendados por el fabricante.



Ilustración 70. Repetidor de instalación DALI

7.6. Adaptadores, convertidores y pasarelas

Hay situaciones en las que nos encontremos con que hay varios componentes que no utilizan el mismo protocolo de comunicación, es entonces cuando son necesarios estos componentes, ya que se encargan de permitir la comunicación entre distintos dispositivos convirtiendo una señal en otra. Dentro de este grupo de componentes podemos encontrar desde soluciones sencillas para comunicar unos pocos dispositivos convirtiendo una señal eléctrica, hasta el uso de pasarelas que permiten la comunicación entre dispositivos que utilizan distintos protocolos y arquitecturas.

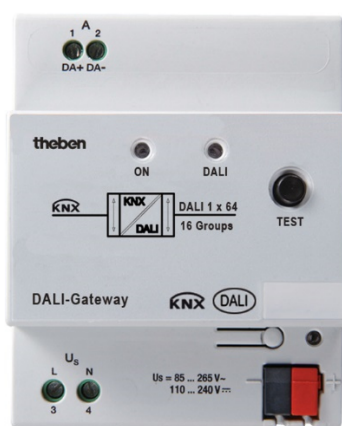


Ilustración 71. Pasarela KNX/DALI.

7.7. Herramientas de configuración y monitorización

En esta clasificación se incluyen, todas las herramientas de *software* orientadas a la programación de sistemas de iluminación y que permiten la parametrización, direccionamiento y monitorización de los mismos. Encontraremos gran cantidad de posibilidades de software en el mercado e incluso de uso libre. Como se ha explicado anteriormente, para este proyecto se ha considerado en la instalación DALI el software TwinCAT®, de la empresa Bechhoff®.

7.8. Unidades de control

También llamadas controladores. Se encargan de procesar la información procedente del sistema para generar comandos que se distribuyan de forma inteligente y “ordenen” a los accionamientos qué hacer. Podemos poner como ejemplo el control con Dimmers, control RGB o control DMX. La elección entre estos tipos de controlador se decidirá dependiendo en gran medida del tipo de instalación.

7.8.1. Dimmer

El trabajo de los *dimmers* es el de controlar la intensidad lumínica de un color en un canal. Este tipo de control puede funcionar con distintos métodos para actuar sobre las lámparas y por tanto existen distintos *dimmers* para el control de iluminación. Estos métodos pueden ser la regulación PWM, regulación de voltaje, 0-10V, potenciómetros, etc.

Los *dimmers* pueden funcionar con un control manual o pueden ser capaces de recibir la información codificada que envían las consolas basándose en un protocolo de comunicación determinado, la interpretan y ejecutan la función apropiada sobre el dispositivo seleccionado. Hoy en día, las consolas permiten el control de más parámetros de los que puede controlar el *dimmer*.



Ilustración 72. Dimmer de control de voltaje.

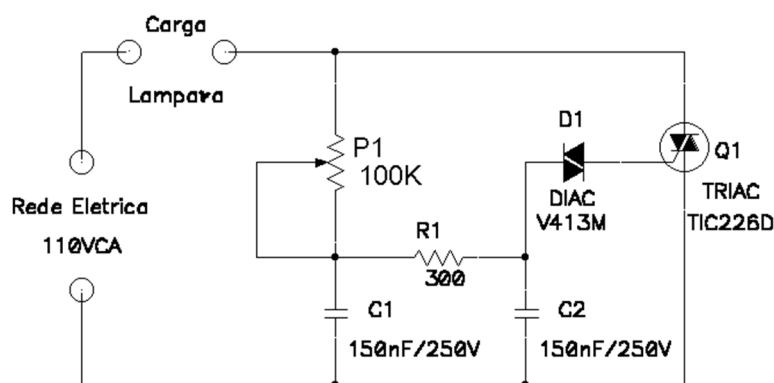


Ilustración 73. Ejemplo de dimmer para regular la intensidad de una bombilla convencional.

7.8.2. RGB

Dentro de estos sistemas de control encontramos tres canales conectados a un ánodo común. Podemos encontrar desde sistemas muy sencillos para pequeñas instalaciones

domóticas hasta sistemas con modelos escalables capaces de controlar las líneas RGB de forma independiente y de generar con ello distintos ambientes. Existen sistemas de este tipo en los que se puede controlar también un cuarto canal de luz blanca, cálida o ámbar; son los llamados RGBW (*Red Green Blue White*).

De la misma forma, podemos usar este sistema para controlar la temperatura de color en receptores que lo permitan. Esta tecnología se denomina CTA (*Color Temperature Adjustable*). Para este caso encontraremos generalmente sistemas de dos o tres canales, dependiendo de la cantidad de tonalidades con las que se pretenda jugar.

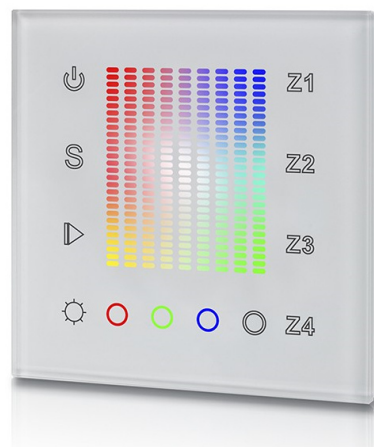


Ilustración 74. Panel táctil para control RGBW.

7.8.3.DMX

En el ámbito de las instalaciones más grandes, las unidades de control DMX ofrecen un resultado más versátil para sistemas más complejos. Podemos encontrar también estos sistemas computarizados, donde se usa Software que permite programar escenas estáticas o dinámicas, programar horarios o incluso programar efectos 3D. Si la programación lo permite, se pueden aprovechar incluso conexiones inalámbricas como *bluetooth* o *wifi* o sistemas iOS como Android® o Apple®.



Ilustración 75. Unidad de control DMX.

7.8.4. Domótica

Estos equipos están preparados para ser integrados en sistemas. Un buen ejemplo son los sistemas DALI o 0-10V. El objetivo de estos sistemas es el de centralizar el control de toda la instalación en una sola unidad de control. Esta última se encargará también de gestionar otras instalaciones y equipos de un espacio determinado (viviendas, edificios, espacios locales, etc.) como audio, vídeo, electrodomésticos, mecanismos, etc.

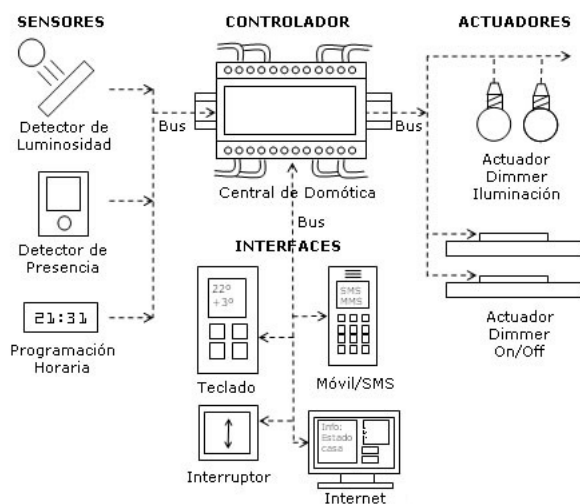


Ilustración 76. Ejemplo de instalación domótica.

7.9. Sistemas de regulación y control

Puesto que, en este trabajo se ha utilizado el bus DALI como sistema de iluminación para hacer la comparativa con el implementado en el puesto de control, hemos incluido este apartado donde se explica brevemente el resto de sistemas de regulación a parte del DALI, que se encuentran también incluidos en el estándar IEC 60929.

En esta norma encontramos la modulación PWM, para tener control sobre la tensión eficaz aplicada al receptor, la regulación 1-10V nombrada varias veces a lo largo de este trabajo y finalmente, la tecnología bus DALI.

7.9.1. Estándar IEC 60929

La norma IEC 60929 cubre la normativa de los balastos electrónicos alimentados en corriente alterna y/o corriente continua para lámparas fluorescentes tubulares y sus requisitos de funcionamiento para sistemas basados en una red de control de iluminación en la automatización de edificios.

En esta norma se reconocen por tanto tres métodos para el control de este tipo de instalaciones: la modulación PWM, el estándar analógico 1-10V y el estándar DALI.

7.9.2. Modulación PWM (*leading & trailing – edge dimming*)

Para este tipo de regulación se conecta un regulador en serie entre la línea de alimentación y el equipo sin necesidad de una línea de control adicional. Este regulador incluye un circuito con un tiristor que conmuta a alta frecuencia. Por otro lado, tendremos un circuito de control que será el que envíe un pulso a la puerta del tiristor en el momento apropiado. A través de este circuito se controla el voltaje a la salida del regulador. La señal no pasará a través del tiristor hasta que este no conmute, y volverá a bloquearse cada vez que la señal pase por cero, por tanto, parte de la onda no llegará al otro lado del circuito. Así que al final tendremos una onda “recortada”.

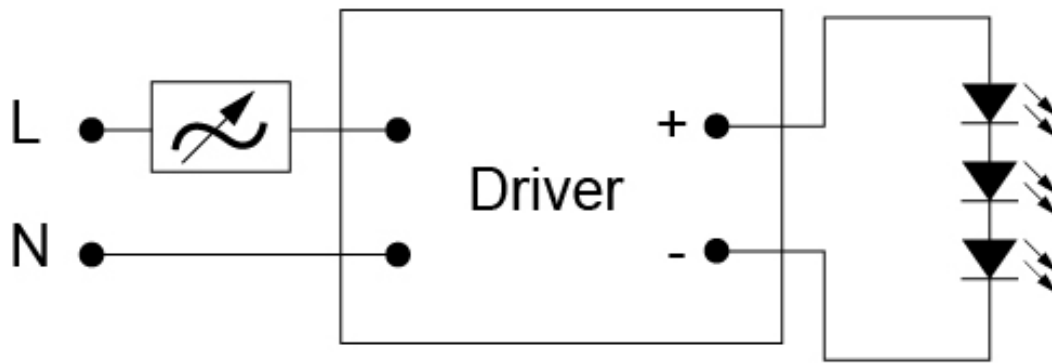


Ilustración 77. Esquema de una instalación con un regulador de tensión.

La razón por la que estos reguladores “recortan” la señal es para reducir la tensión efectiva a la que se encuentra aplicada al receptor. Dependiendo del punto en el que se corte la tensión aumentaremos y reduciremos la potencia consumida. El caso de la imagen izquierda de la siguiente ilustración (*Leading-edge dimming*) se usa para lámparas conectadas a transformadores electrónicos mientras que el de la izquierda (*Trailing-edge dimming*) se usa para el caso de los transformadores electromagnéticos.

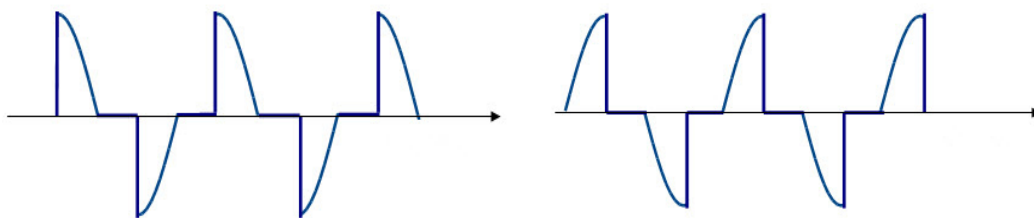


Ilustración 78. Fases recortadas mediante *leading* (izquierda) y *trailing* (derecha) – *edge dimming*.

Por último, existen actualmente en el mercado reguladores que pueden cortar la fase por ambos lados y otros que solo la pueden cortar por uno de ellos. Es decir, que encontraremos tres tipos: los *leading & trailing-edge dimming*, los *leading-edge dimming* y los *trailing-edge dimming*.

7.9.3.Regulación 1 – 10V

Este tipo de regulación es analógica, y combinada con sensores lumínicos se ha convertido en el estándar para soluciones de iluminación sencillas, pudiéndose utilizar reguladores manuales o automáticos. Estos últimos, correctamente instalados en

combinación con los sensores adecuados pueden proporcionar un ahorro del 45% de la energía solo encargándose de mantener una luminosidad constante de la habitación teniendo en cuenta la luz natural incipiente en ella.

La razón por la que encontramos el intervalo estandarizado entre 0 y 10V es porque 10V es un voltaje suficientemente bajo como para no ser peligroso, pero suficientemente alto como para que el ruido no afecte significativamente a la señal. También resulta fácil expresar el control de la salida como porcentaje dependiendo de la entrada. Por ejemplo, 5V equivaldrían al 50% de la intensidad lumínica.

En este tipo de control tenemos una señal analógica conectada al receptor a través de una línea de control adicional de dos hilos que poseen polaridad negativa y positiva y que por tanto se deben cablear teniéndolo en cuenta para que funcionen correctamente. Además, permite una variación de la luminosidad entre un 1% y un 100%.

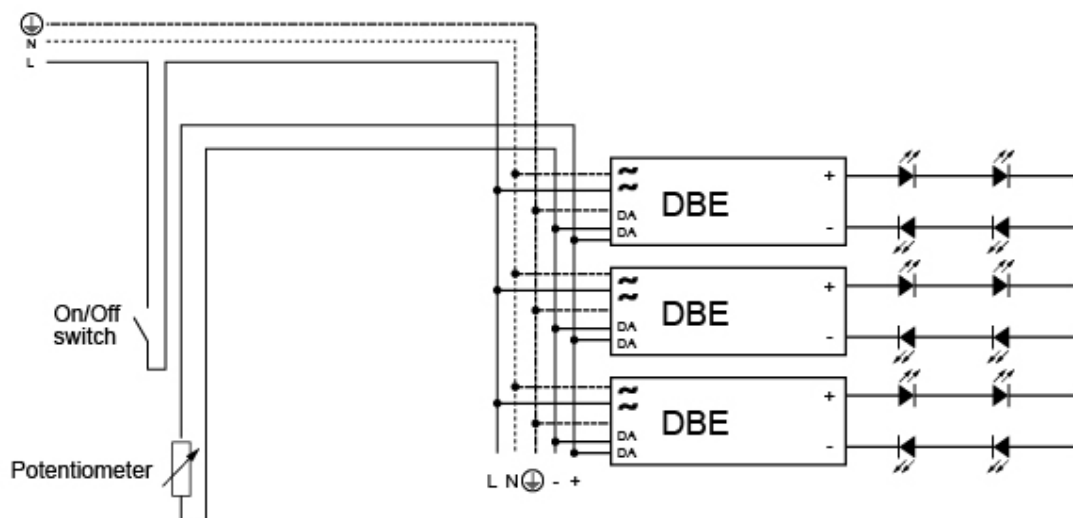


Ilustración 79. Sistema de regulación 1 – 10V.

La máxima luminosidad la encontraremos cuando la entrada de control esté conectada a una resistencia muy grande, y la mínima cuando la resistencia es muy pequeña. Por otro lado, el conductor de alimentación del receptor está aislado de este regulador y es en él donde se controla la conexión de la lámpara a la red o, dicho de otra forma, el encendido y apagado.

Por tanto, mediante este circuito de control solo controlamos el flujo luminoso siguiendo una curva establecida en la norma internacional IEC 60929 y que muestra un comportamiento casi lineal entre los 3V y los 10V.

La potencia que utiliza el controlador 1 – 10V es tomada del equipo de iluminación, que alimentará al controlador con una intensidad comprendida entre 10 μ A y 2 mA, siendo máxima la corriente cuando el voltaje de la señal analógica es mínimo y viceversa.

Por último, clasificamos este método de regulación como unidireccional, porque la información solo fluye desde el controlador al sistema y no existe una información de respuesta en sentido contrario. Este sistema no permite un control vía software de los equipos, sino que los grupos se crean dependiendo del cableado y por tanto no se pueden editar si no es cambiando las conexiones físicas del mismo. También encontramos limitaciones en dicho cableado, pues debemos tener en cuenta la caída de tensión en el mismo; si esta es muy grande, el sistema no funcionará y por tanto la distancia a la que se encuentren los receptores dependerá de la cantidad de equipos a controlar dispuestos en la instalación. Este tipo de regulación se puede integrar en instalaciones de control de edificios.

Este método también se aplica en el sistema *touch control* explicado en el Anexo VII.



CONTENIDO DEL ESTUDIO ECONÓMICO

1.	INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO ECONÓMICO	89
2.	INSTALACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO	90
2.1.	COSTES MATERIALES	90
2.1.1.	<i>Circuito de conmutación</i>	<i>90</i>
2.1.2.	<i>Circuito de acondicionamiento de señal</i>	<i>90</i>
2.1.3.	<i>Control</i>	<i>91</i>
2.1.4.	<i>Lámparas</i>	<i>91</i>
2.1.5.	<i>Costes materiales totales.....</i>	<i>91</i>
3.	COMPARATIVA	92
3.1.	ELEMENTOS NECESARIOS PARA INSTALACIÓN DALI	92
3.2.	ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN DEL PUESTO PILOTO.....	92
3.3.	LÁMPARAS	93

1. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO ECONÓMICO

El precio de las instalaciones industriales dependerá de la tecnología utilizada. Por tanto, existirá una desviación entre el precio de los componentes necesarios para la realización de una instalación DALI y los componentes que se han utilizado para la instalación piloto.

El hecho de que toda una instalación venga preparada para una misma tecnología y esta se encuentre estandarizada como protocolo, puede hacer que la simplicidad aumente, pero los componentes necesarios serán más caros que si buscamos una alternativa lejos de las soluciones estándares comerciales.

En este apartado, exponemos el presupuesto de la instalación piloto en primer lugar, y luego realizamos una comparación entre el coste de los dispositivos de una instalación DALI y el coste para una instalación industrial hecha según el método estudiado en la parte práctica de este trabajo.

2. INSTALACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

2.1. Costes materiales

2.1.1. Circuito de conmutación

Tabla 7. Costes del circuito de conmutación.

	Elemento	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Circuito final	Relé NO	1	1,05	1,05
	Relé NO/NC	2	1,46	2,92
	Transistor PNP	2	0,0369	0,073
	Resistencias ⁴	2	0,025	0,05
SUBTOTAL 1				4,09
Circuito provisional	Diodos LED	3	0,17	0,51
	Resistencias	3	0,025	0,075
	Placa board	1	4,95	4,95
SUBTOTAL 2				0,58
SUBTOTAL 1 + SUBTOTAL 2				9,62

Se ha despreciado el precio del estaño usado en las soldaduras y los cables. Los decimales a partir del tercer dígito están contabilizados, pero no se muestran en los campos de “importe”.

2.1.2. Circuito de acondicionamiento de señal

Tabla 8. Costes del circuito de acondicionamiento de la señal

Elemento	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Resistencias	7	0,025	0,17
Fuente de alimentación	1	17,55	17,55
Transformador de efecto Hall	1	12,85	12,85
SUBTOTAL			30,57

⁴ Aunque cada fabricante pone un precio, consideraremos igual el precio de todas las resistencias independientemente del tamaño de la misma.

2.1.3. Control

Tabla 9. Coste de los elementos de control de la instalación piloto.

	Elemento	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Control final	Tarjeta de adquisición de datos BTH	1	199,00	199,00
	Tablet	1	49,90	49,90
	Balasto eléctrico	1	3,20	3,20
	Balasto electrónico	1	21,00	21,00
	Driver LED	1	21,24	21,24
Control provisional	Dimmer manual 1... 10V	1	29,95	29,95
SUBTOTAL				324,91

2.1.4. Lámparas

Tabla 10. Costes de las lámparas utilizadas.

Elemento	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Tubo fluorescente	2	1,73	3,46
Tubo LED	1	7,95	7,95
SUBTOTAL			11,41

2.1.5. Costes materiales totales

Tabla 11. Costes materiales totales del puesto de prácticas.

ELEMENTO	SUBTOTAL (€)
Circuito de conmutación	9,62
Circuito de acondicionamiento de la señal	30,57
Elementos de control	324,29
Lámparas	11,41
TOTAL	375,90

3. COMPARATIVA

En esta comparativa se considerará el precio base de una instalación de alumbrado con las utilidades del puesto piloto, que son: control de encendido/apagado y regulación de lámparas. Por otro lado, teniendo en cuenta que la tecnología LED aún no soporta bus DALI, supondremos dos instalaciones de tubos fluorescentes. Estos tendrán que estar arrancados necesariamente por un balasto electrónico para poder ser regulados. En el caso de la instalación piloto, este será un balasto electrónico regulable normal, y en la instalación DALI, el balasto electrónico regulable tendrá que soportar bus DALI.

3.1. Elementos necesarios para instalación DALI

Tabla 12. Costes de los dispositivos básicos para una instalación DALI.

Elemento	Cantidad	Coste	Importe
PLC	1	600	600
Terminal Master KL6811	1	200	500
Pantalla	1	50	50
Fuente de alimentación	1	150	150
TOTAL			1300

3.2. Elementos necesarios para la instalación del puesto piloto

Tabla 13. Costes de los dispositivos básicos para el método de regulación y control alternativo al DALI

Elemento	Cantidad	Precio	Importe
Resistencias	9	0,175	1,575
Relé NO	2	1,05	2,1
Relé NO/NC	2	2,92	5,84
Transistor NPN	2	0,0738	0,1476
Tarjeta de adquisición de datos	1	199	199
Tablet	1	49,9	49,9
Fuente de alimentación	1	17,55	17,55
Transformador de efecto Hall	1	12,85	12,85
TOTAL			283,52

En este apartado se excluyen los elementos que se han utilizado de forma provisional. Aunque los resultados pueden variar, se observa que el precio básico de una instalación DALI es muy superior al precio básico de la instalación piloto realizada.

3.3. Lámparas

Tabla 14. Comparativa de precios de lámparas y alimentación.

ELEMENTO	PRECIO (€)	SUMA (€)
Tubo fluorescente	1,73	4,93
Balasto convencional	3,20	
Tubo fluorescente	1,73	22,73
Balasto electrónico regulable	21	
Tubo fluorescente	1,73	33,73
Balasto electrónico con regulación DALI	32	
Tubo LED	7,95	29,19
Driver LED	21,24	



CONTENIDO DEL PLIEGO DE CONDICIONES

1.	INTRODUCCIÓN AL PLIEGO DE CONDICIONES	95
2.	CONDICIONES TÉCNICAS DEL PUESTO DE TRABAJO	96
2.1.	CONDICIONES DE LOS MATERIALES	96
2.2.	CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO.....	98
3.	CONDICIONES TÉCNICAS DE UNA INSTALACIÓN DALI	99
3.1.	CONDICIONES DE LOS MATERIALES	99
3.2.	CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO.....	99
4.	CONDICIONES FACULTATIVAS.....	101
4.1.	RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA.....	101
4.2.	RESPONSABILIDAD DEL CONTRATANTE	101
5.	CONDICIONES ECONÓMICAS	102
5.1.	BASE FUNDAMENTAL.....	102
5.2.	PRECIOS Y RECARGOS	102
6.	CONDICIONES LEGALES.....	104
6.1.	EL CONTRATO	104
6.2.	RESCISIÓN DEL CONTRATO.....	104

1. INTRODUCCIÓN AL PLIEGO DE CONDICIONES

En este documento se expresan las condiciones bajo las cuales tienen que actuar las partes intervinientes en el proyecto. Podremos diferenciar cuatro apartados: condiciones técnicas, condiciones facultativas, condiciones económicas y condiciones legales.

En las condiciones técnicas encontraremos las características del correcto funcionamiento de las diferentes partes de la instalación, en lo que respecta tanto a los materiales como a los procedimientos.

Por otro lado, las condiciones facultativas recogen qué derechos y obligaciones poseen cada una de las partes.

Seguidamente, en las condiciones económicas, se recogen los métodos de pago y las indemnizaciones correspondientes a distintas situaciones.

Por último, las condiciones legales hacen referencia al perfil del contratista, la forma de adjudicación, la tipología de contrato, la obligatoriedad de suscripción de seguros de responsabilidad civil y otros asuntos relacionados.

2. CONDICIONES TÉCNICAS DEL PUESTO DE TRABAJO

2.1. Condiciones de los materiales

Dentro de la normativa general, nos acogeremos al reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RBT) y sus instrucciones complementarias puesto que las instalaciones se encontrarán conectadas a la red de corriente alterna de 220V y 50Hz.

Por otro lado, consideraremos también las siguientes normas UNE y DIN:

ITC-BT-18: Instalaciones de puesta a tierra.

ITC-BT-19: Instalaciones interiores o receptoras. Preinscripciones generales.

ITC-BT-20: Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación.

ITC-BT-22: instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobrentensiones.

ITC-BT-23: instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones.

ITC-BT-24: instalaciones interiores o receptoras. Protección contra contactos directos e indirectos.

ITC-BT-51: instalaciones de sistemas e automatización, gestión técnica de la energía y seguridad.

ITC-BT-43: instalación de receptores. Preinscripciones generales.

ITC-BT-47: instalación de receptores. Motores.

UNE 20 514 1M: reglas de seguridad para aparatos electrónicos y aparatos con ellos relacionados de uso doméstico o uso general analógico conectado a una red de energía.

LA TABLET:

Debe tener instalado uno de los siguientes sistemas operativos:

Microsoft® Windows® 8/7/Vista®/XP (32-bit o 64-bit)

Android™ 3.1 o posterior.

Debe soportar Bluetooth 2.0 o posterior.

Se requiere InstaCal™ para instalar, configurar y testear la BTH-1208LS en las plataformas Windows. Pero en este caso, el sistema operativo instalado es Android.

LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS:

Debe conectarse a una fuente de continua de 5 V. La salida de potencia se realiza a través de una entrada USB (versión 1.0 o 2.0). Contiene una batería cargable que le da una autonomía de hasta 255 minutos.

Necesita un dispositivo externo con qué conectarse inalámbricamente para ser manejado.

DRIVER LED:

Entrada: 100-240V (AC) 50/60Hz, corriente máxima de 0,3A.

Salida: 27-42V (DC) 500 mA

Salida máxima: 500V.

Factor de potencia: 0,9.

Modo de control: 1-10V & Resistencia.

Rango de regulación: 10%-100%

Su uso se limita a la modulación LED.

LÁMPARAS:

Las lámparas utilizadas se deben conectar a la red eléctrica de baja tensión (220V, 50Hz).

Los tubos fluorescentes necesitan un balasto, ya sea eléctrico o electrónico, y el tubo LED, originalmente podía conectarse directamente a la red, aunque tras la modificación debe conectarse a una fuente de continua de 37 V, que puede ser regulable.

DRIVER DE LA INSTALACIÓN

Se alimenta con 5 V y debe conectarse a la entrada USB de la tarjeta de adquisición de datos.

2.2. Control del funcionamiento

Antes de considerar la automatización como terminada, se deberá realizar la comprobación de las respuestas de la instalación. Se asegurará que responde como se espera y se harán las modificaciones necesarias en función de los resultados.

A través de un software de uso muy simple, donde se puede elegir qué lámpara encender y o regular. Solo se podrá encender una lámpara a la vez, y se podrá ver en la aplicación la señal del voltaje al que se alimentan los tubos, la señal de intensidad, la potencia activa y el factor de potencia.

3. CONDICIONES TÉCNICAS DE UNA INSTALACIÓN DALI

3.1. Condiciones de los materiales

En estas instalaciones también nos acogeremos al RBT y sus instrucciones complementarias, puesto que nos encontraríamos conectados a la red de alterna.

Nos acogeremos a las normas nombradas anteriormente:

ITC-BT-18, ITC-BT-19, ITC-BT-20, ITC-BT-22, ITC-BT-23, ITC-BT-24, ITC-BT-51, ITC-BT-43, ITC-BT-47 y UNE 20 514 1M.

ORDENADOR PERSONAL

El ordenador dispondrá como mínimo de los siguientes elementos: CPU, pantalla, ratón, teclado, conexión Ethernet y entrada de puerto USB.

Además, las características técnicas mínimas serán: 2 procesadores COREi3, memoria RAM de 2GB y sistema operativo Windows Xp o posterior.

La temperatura de trabajo se encontrará entre 0º C y 60º C para su correcto funcionamiento.

EL AUTÓMATA PROGRAMABLE

Para esta comparación, se ha considerado el PLC CX020 de Beckhoff, compatible con otras casas según la norma ISO 1648: 2010, Rey 12 de BACnet que cumplimenta. Deberá estar alimentado a través de una fuente de corriente continua de 24V conectada a la red y disponer de un terminal maestro KL6811. Por último, deberá cumplir la norma DIN VDE 0160.

LÁMPARAS

Las lámparas conectadas deberán poderse conectar a la red eléctrica, ya sea directamente o a través de un balasto, y ser regulables mediante regulación DALI.

3.2. Control del funcionamiento

Antes de considerar la automatización como terminada, se deberá realizar la comprobación de las respuestas de la instalación. Se asegurará que responde como se espera y se harán las modificaciones necesarias en función de los resultados.



El control se realizará a través de un software de control (en nuestro caso el TwinCat®) donde se pueda elegir qué lámpara encender y o regular. Se harán por tanto todas las pruebas necesarias para demostrar que el correcto funcionamiento de la instalación.

4. CONDICIONES FACULTATIVAS

4.1. Responsabilidad del contratista

Debe estar informado y actuar según las leyes y normas que rigen su actividad profesional.

Debe conocer las especificaciones técnicas y normas de seguridad aplicables a los elementos del proyecto. Se deberá cumplir la normativa establecida en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Tiene la responsabilidad de comprobar que los elementos utilizados cumplan los requisitos recogidos en el proyecto.

Es su función realizar las comprobaciones especificadas en el apartado anterior y su responsabilidad el dar el visto bueno o no.

4.2. Responsabilidad del contratante

Deberá facilitar todos los elementos e información de que disponga que estén relacionados con el proyecto al Contratista.

Debe también entregar por escrito las especificaciones del proyecto que desea que se lleven a cabo.

Es su responsabilidad obtener los permisos obligatorios para la realización del proyecto. No podrá reclamar por retrasos en el proyecto causados por motivos ajenos al contratista. Estos motivos deberán de poderse justificar. En el caso de que se produzcan retrasos y no se justifiquen se producirán reducciones en el precio del proyecto según lo establecido en el siguiente apartado.

5. CONDICIONES ECONÓMICAS

5.1. Base fundamental

El Contratista tiene derecho a cobrar por el trabajo realizado, siempre que se haya atendido a lo estipulado en el proyecto.

5.2. Precios y recargos

El precio de ejecución del proyecto se establece en Presupuesto. Si se producen retrasos en el pago desde la conclusión del proyecto se cargarán recargos en función de lo siguiente.

Entre 1 y 7 días ⁵	—	Sin recargo.
Entre 8 y 15 días	—	1% de recargo.
Entre 16 y 25 días	—	2% de recargo.
Entre 26 y 50 días	—	4% de recargo.
Entre 51 y 100 días	—	8% de recargo.
Entre 101 y 200 días	—	20% de recargo.
Entre 201 y 300 días	—	35% de recargo.

En caso de impago tras 300 días naturales desde la conclusión del proyecto, el Contratista tiene derecho a realizar una demanda ante los tribunales.

Si se producen retrasos en la finalización del proyecto según los plazos establecidos por motivos que no estén justificados como ajenos al Contratista, se reducirá el precio en función a lo siguiente:

Entre 1 y 7 días	—	Sin reducción.
Entre 8 y 15 días	—	2% de reducción.
Entre 16 y 25 días	—	3% de reducción.
Entre 26 y 50 días	—	5% de reducción.

⁵ Días naturales y consecutivos.



Entre 51 y 100 días — 15% de reducción.

En caso de no haber finalizado el proyecto después de los 101 días de retraso respecto de los plazos acordados, siempre que los motivos no sean causas justificadas ajenas al Contratista, el contratante tendrá derecho a rescindir el contrato.

6. CONDICIONES LEGALES

6.1. El contrato

El contrato recogerá el precio final del proyecto, establecido en el presupuesto, junto con las cláusulas vistas en el apartado anterior en caso de retrasos del pago.

Se realizará por escrito y deberá ser firmado por todas las partes implicadas.

También recogerá todas las cláusulas que se negocien entre las partes.

6.2. Rescisión del contrato

Para la posible rescisión del contrato se deberá de dar una de las siguientes condiciones.

- Acuerdo entra ambas partes para rescindir el contrato.
- Modificación de los aspectos fundamentales del proyecto acordados.
- Incumplimiento de los plazos establecidos.
- Impago.
- Actuaciones con mala fe.

CONCLUSIÓN

En definitiva, el diseño y estudio de una instalación industrial a través de un modelo reducido, nos ha permitido observar el comportamiento de distintos tipos de tubos en condiciones similares a los de las instalaciones industriales. Por tanto, los resultados obtenidos son todos extrapolables a una instalación mayor. Por ejemplo, suponiendo que instalamos 60 lámparas de tecnología LED, el consumo total sería de:

Tabla 15. Valores de consumo para tres instalaciones de 60 lámparas.

Elemento	Regulación	Tensión	Corriente	cos φ	Potencia (KW)
Tubo fluorescente con balasto convencional	No	220	25,02	0,43	2,38
Tubo fluorescente con balasto electrónico	Máxima ⁶	220	8,64	0,982	1,88
Tubo LED	Máxima	220	6,36	0,937	1,37

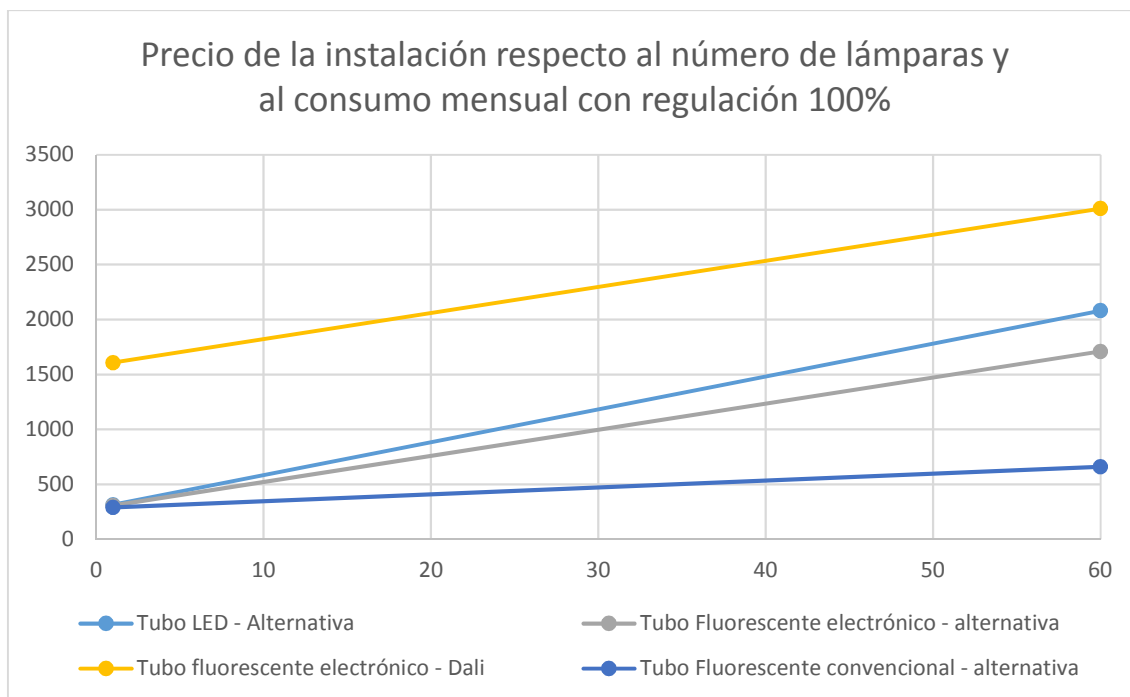
También podríamos extrapolar el presupuesto de la instalación anterior, cuyo precio aumentaría linealmente dependiendo del número de lámparas.

Tabla 16. Precio material de la instalación para 60 lámparas

Tecnología de iluminación	Instalación alternativa	Instalación DALI
Tubo fluorescente con balasto convencional	579,32	1879,32
Tubo fluorescente con balasto electrónico	1647,32	2947,32
Tubo LED	2034,92	3334,92

Si consideramos en cambio, el consumo y el precio del Kwh para instalaciones industriales (0,1238 €/Kwh), la instalación con regulación alternativa y tubo fluorescente convencional es finalmente la que resulta ser la opción más barata.

⁶ Se ha supuesto regulación máxima por ser el punto de trabajo más eficiente en ambos tubos regulables.



Gráfica 9. Precio de la instalación respecto al número de lámparas y al consumo mensual con regulación 100%

Por otro lado, aunque la lámpara con balasto eléctrico tiene menor precio inicialmente, también deberíamos tener en cuenta que para obtener el consumo calculado para este caso tendríamos que compensar su factor de potencia con condensadores, puesto que es muy desfavorable (0,43) y supondría muchas pérdidas energéticas. También es importante el hecho de que la vida útil de un tubo fluorescente es del orden de cuatro veces menor que la de un tubo LED, lo que implicaría más sustituciones, problema que se acentúa a cuantas más lámparas tengamos, no solo por el precio de las lámparas, sino por el trabajo que supone sustituirlas.

También podemos considerar, el periodo de amortización en el caso de sustituir una tecnología con otra. Se considera que se ha amortizado la instalación cuando el precio de la potencia ahorrada es igual al precio de la inversión realizada. Este valor es independiente del número de lámparas.

Tabla 17. Periodos de amortización

	Tiempo de amortización (horas)
Balasto convencional a balasto electrónico	20264
Tubo fluorescente y balasto convencional a Tubo LED y driver LED	13971
Tubo fluorescente y balasto electrónico a Tubo LED y driver LED	27720

Por tanto, la opción más rentable es la de sustituir balastos convencionales por tecnología LED. Estos cálculos solo sirven para las sustituciones entre los modelos de tubos utilizados en este trabajo.

Por último, como se ha visto en el apartado de mediciones que la onda queda más distorsionada en el caso del balasto eléctrico, lo que influiría de forma negativa en la carga armónica total de la instalación.

Respecto de los dos sistemas de regulación estudiados, la comparativa realizada en este trabajo muestra los puntos fuertes y flaquezas de cada tecnología. Aun así, el método diseñado en este proyecto ha demostrado ser un buen competidor del bus DALI.

Si comparamos la flexibilidad, es evidente, que el bus DALI ofrece muchas más opciones que nuestro sistema, pero teniendo en cuenta que hoy en día, la industria aún no ha interiorizado ampliamente el control inteligente de las instalaciones, podemos concluir que el tipo de control y regulación que ofrece nuestra instalación ya ofrece mucha más flexibilidad que las instalaciones industriales más básicas. Aun así, es justo decir, que la tecnología DALI presenta más facilidades en el diseño y la edición del sistema, pues en nuestro método, los grupos de lámparas son estáticos, puesto que estos ya se tienen en cuenta en el cableado, mientras que con el bus DALI, los receptores se conectan en paralelo y se pueden agrupar de la forma que se precise.

Como conclusión en esta comparativa de sistemas de regulación y control, el sistema alternativo al DALI ofrece todo lo que una instalación industrial necesita a un precio muy razonable y con unas prestaciones más que suficientes, mientras que la instalación DALI permite más flexibilidad y posibilidades, siendo más fácil de instalar, aunque sin ofrecer una solución para tubos LED, y a un precio mucho más elevado.

Como prospectiva de este trabajo se dispone la posibilidad de reducir el precio de la instalación con tubos LED al editar el driver no regulable de los tubos, pudiendo prescindir por tanto del driver LED comprado. También se podría realizar un estudio del aumento de los armónicos dependiendo de los tubos utilizados y de cómo afectan las horas de vida de las lámparas al consumo, al brillo, al factor de potencia y a la distorsión armónica. En definitiva, se podría estudiar cualquier variable que ayudase a mejorar la comparativa entre dichas lámparas. Además, como valor añadido al proyecto, el puesto

de prácticas montado servirá para que otros alumnos puedan utilizarlo para hacer otros estudios.

Finalmente, también podemos decir que la metodología utilizada en el diseño e implementación de la instalación piloto, nos ha permitido encontrar alternativas a las opciones de los fabricantes, reduciendo el coste de la instalación y consiguiendo el resultado deseado.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Beckhoff, «www.beckhoff.es,» [En línea].
- [2] M. P. Sanchez, «Técnicas de Control y Regulación de Alumbrado,» Valencia.
- [3] «www.wikipedia.es,» [En línea].
- [4] www.ree.es, «Red Eléctrica de España,» [En línea].
- [5] D. d. I. d. E. Jesus Gallego, «www.elt-blog.com,» 7 Febrero 2014. [En línea].
- [6] «<https://www.osram.es/>,» 2017. [En línea].
- [7] Osram, «www.osram.es,» [En línea].
- [8] Aenor, «www.aenor.es,» 2011. [En línea].

- [9] «<http://www.electronicabasic.260mb.net>,» [En línea].
- [10] OutSide BCN LED Lighting, «<http://outsidebcn.com>,» 2015. [En línea].
- [11] osram, «www.osram.de,» 2 2014. [En línea].
- [12] constructorelectfco, «constructorelectrico.com,» 25 7 2015. [En línea]. Available: <https://constructorelectrico.com/causas-efectos-y-soluciones-para-la-distorsion-armonica/>.
- [13] D. A. M. Victoria, «Introducción a los Balastos Electrónicos,» Cholula, Puebla, Méjico, 2005.
- [14] PCE-Ibérica, «www.pce-iberica.es,» [En línea]. Available: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-electricidad/analizador-energia-pce-830.htm>.
- [15] LEDBox, «Ficha técnica tubo LED T8 Regulable, 18W, 120 cm,» 2017.
- [16] Ahorraentucasa, «Ahorra En Tu Casa,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.ahorraentucasa.es/blog/como-functiona-un-tubo-led-n39>.
- [17] LEDBOX, «LEDBOX,» [En línea]. Available: <https://www.ledbox.es/tubos-de-led/tubo-led-t8-regulable-18w-120cm>.
- [18] LEDBOX, «www.ledbox.es,» [En línea]. Available: <https://www.ledbox.es/tubos-de-led/tubo-led-t8-smd2835-epistar-alu-18w-120cm>.
- [19] Lamparadiecta, «Lamparadiecta.es,» [En línea]. Available: <https://www.lamparadiecta.es/sylvania-t8-luxline-plus>.
- [20] EnerMoTech, «ver.enermotech.com,» [En línea]. Available: <http://ver.enermotech.com/iquestqueacute-tipo-de-leds-utilizan-nuestros-productos.html>.
- [21] Measurement Computing, «www.mccdaq.es,» [En línea]. Available: <https://www.mccdaq.com/wireless-data-acquisition/BTH-1208LS.aspx>.
- [22] Electrónica y más, «Electronicaymas,» [En línea]. Available: www.electronicaymas.com.



- [23] TME Electronic Components, «TME Electronic Components,» [En línea]. Available: www.tme.eu. [Último acceso: 11 Junio 2017].
- [24] RS Components, «RS Components,» [En línea]. Available: es.rs-online.com/web. [Último acceso: 11 Junio 2017].
- [25] Electrónica Embajadores, «Electrónica Embajadores,» [En línea]. Available: <https://www.electronicaembajadores.com>. [Último acceso: 11 Junio 2017].
- [26] Efecto Led, «EfectoLed,» [En línea]. Available: <http://www.efectoled.com>. [Último acceso: 11 Junio 2017].
- [27] LamparaDirecta, «Lámpara Directa,» [En línea]. Available: <https://www.lamparadirecta.es>.
- [28] mano mano, «mano mano,» [En línea]. Available: <https://www.manomano.es>. [Último acceso: 11 Junio 2017].



CONTENIDO DE LOS ANEXOS

ANEXO I	112
CARACTERÍSTICAS DE UN TUBO LED CORRIENTE	113
CARACTERÍSTICAS DE UN TUBO LED REGULABLE	114
CARACTERÍSTICAS DE UN TUBO FLUORESCENTE	115
TRANSISTOR PNP SS8550DTA	116
RELÉ NO/NC EC2-5NU	117
RELÉ PCH-105L2M	118
ANEXO II	119
INTRODUCCIÓN TEÓRICA	120
ENTRADAS ANALÓGICAS	124
SALIDAS ANALÓGICAS	125
ENTRADAS/SALIDAS DIGITALES	126
FLANCO EXTERNO	127
ENTRADA DE RELOJ EXTERNO	127
CONTADOR	128
MEMORIA	129
MICROCONTROLADOR	129
POTENCIA	129
BLUETOOTH	130
USB	130
ANEXO III	131
ANEXO IV	133
ANEXO V	135
LÁMPARAS FLUORESCENTES	136
LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO	137
LÁMPARA DE HALURO METÁLICO	138
LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO	138
TUBOS Y TECNOLOGÍA LED	139
ANEXO VI	146
ANEXO VII	149



ANEXO I

INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN DEL PUESTO

PILOTO

CONTENIDO DEL ANEXO I

CARACTERÍSTICAS DE UN TUBO LED CORRIENTE	113
CARACTERÍSTICAS DE UN TUBO LED REGULABLE	114
CARACTERÍSTICAS DE UN TUBO FLUORESCENTE	115
TRANSISTOR PNP SS8550DTA.....	116
RELÉ NO/NC EC2-5NU	117
RELÉ PCH-105L2M	118

CARACTERÍSTICAS DE UN TUBO LED CORRIENTE

TUBO LED T8 SMD2835 EPISTAR - ALU - 18W - 120CM

REFERENCIA	LD1070319
EAN	8428350618980
POTENCIA	18w
FLUJO LUMINOSO	1700lm
ÁNGULO DE APERTURE	120º
ALIMENTACIÓN	100-240VAC
TEMPERATURA DE COLOR	3000k
NÚMERO DE LEDS	96
TEMPERATURA DE TRABAJO	-20°C +45°C
INTERIOR-EXTERIOR	Interior
PROTECCIÓN IP	IP45
AISLAMIENTO ELÉCTRICO	Luminaria de clase II
FACTOR DE POTENCIA	0.95
CASQUILLO	T8 (TL-D)
ALIMENTACIÓN	AC220V
CRI	85
CHIP	Epistar SMD2835
DIMENSIONES DEL PRODUCT	26x26x1214mm
DIMENSIONES DEL PACKAGING	4x123x4cm
PESO DEL PACKAGING	0,5Kg
CERTIFICADOS	CE RoHS ECORAEE

CARACTERÍSTICAS DE UN TUBO LED REGULABLE

TUBO LED T8 REGULABLE, 18W, 120CM

REFERENCIA	LD1071921
EAN	8428350636526
POTENCIA	18W
FLUJO LUMINOSO	1530lm
ÁNGULO DE APERTURE	120º
ALIMENTACIÓN	100-240VAC
TEMPERATURA DE COLOR	3000K
NÚMERO DE LEDS	96
TEMPERATURA DE TRABAJO	-20°C +45°C
INTERIOR-EXTERIOR	Interior
PROTECCIÓN IP	IP44
ETIQUETA ENERGÉTICA	A+
FACTOR DE POTENCIA	AC220V
CASQUILLO	T8 (TL-D)
ALIMENTACIÓN	AC220V
CRI	85
OTROS	Regulable
CHIP	Epistar SMD2835
DIMENSIONES DEL PRODUCT	26x26x1214mm
DIMENSIONES DEL PACKAGING	4x120x4cm
PESO DEL PACKAGING	0,6Kg
CERTIFICADOS	CE RoHS ECORAEE

CARACTERÍSTICAS DE UN TUBO FLUORESCENTE

SYLVANIA T8 LUXLINE PLUS F18W 865 60CM – LUZ DE DÍA

CÓDIGO	163009
GARANTÍA TOTAL LAMPARADIRECTA.ES	1 año
VIDA MEDIA (HORA)	15000
<u>INFORMACIÓN TÉCNICA</u>	
TECNOLOGÍA	Fluorescente
POTENCIA	18
REGULABLE	Sí, utilizando un balastro regulable
BASE/CASQUILLO	G13
COLOR DE LUZ	865
ÍNDICE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA	80-89
FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	1350
ÁNGULO DE LUZ (GRADOS)	360
REACTANCIA REQUERIDA	Sí
EFICACIA LUMINOSA (LUM/W)	35
<u>INFORMACIÓN DEL PRODUCTO</u>	
SERIE	Luxline, Plus, T(
CARACTERÍSTICA(S)	Larga vida media útil
<u>DIMENSIONES</u>	
LONGITUD (MM)	600
DIÁMETRO (MM)	26

TRANSISTOR PNP SS8550DTA

CLASIFICACIÓN DE MÁXIMOS ABSOLUTOS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CBO}	Collector-Base-Voltage	-40	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	-25	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	-6	V
I_C	Collector Current	-1.5	A
T_J	Junction Temperature	15	°C
T_{STG}	Storage Temperature	-65 to 150	°C

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
BV_{CBO}	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = -100\mu A, I_E = 0$	-40			V
BV_{CEO}	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = -2mA, I_B = 0$	-25			V
BV_{EBO}	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_C = -100\mu A, I_E = 0$	-6			V
I_{CBO}	Collector Cut-Off Current	$V_{CB} = -35V, I_E = 0$			-100	nA
I_{EBO}	Emitter Cut-Off Current	$V_{EB} = -6V, I_C = 0$			-100	nA
h_{FE1}	DC Current Gain	$V_{CE} = -1V, I_C = -5mA$	45	170		
h_{FE2}		$V_{CE} = -1V, I_C = -100mA$	85	160	300	
h_{FE3}		$V_{CE} = -1V, I_C = -800mA$	40	80		
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = -800mA, I_B = 80mA$		-0.28	-0.50	V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = -800mA, I_B = -80mA$		-0.98	-1.20	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = -1V, I_C = -10mA$		-0.66	-1.00	V
C_{ob}	Output Capacitance	$V_{CE} = -10V, I_E = 0, f = 1MHz$		15		pF
F_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = -10V, I_C = -50mA$	100	200		MHz

RELÉ NO/NC EC2-5NU

Item		EC2/EE2
Contact Form		2 Form C
Contact Material		Silver alloy with gold alloy overlay
Contact Ratings	Maximum Switching Power	60 W, 125 VA
	Maximum Switching Voltage	220 VDC, 250 VAC
	Maximum Switching Current	2 A
	Maximum Carrying Current	2 A
Minimum Contact Ratings		10 mVDC, 10 μA*1
Initial Contact Resistance		75 mΩ maximum (initial)
Operating Time (excluding bounce)		Approximately 2 milliseconds
Release Time (excluding bounce)		Approximately 1 millisecond
Insulation Resistance		1,000 MΩ at 500 VDC
Withstand Voltage	Between Open Contacts	NU, NUH, NUX: 1,000 VAC (for one minute), 1,500 V surge (10 x 160 μs)*2
		NKX: Make contact: 1,500 VAC (for one minute), 2,500 V surge (2 x 10 μs)*3 Break contact: 1,000 VAC (for one minute), 1,500 V surge (10 x 160 μs)*2
	Between Adjacent Contacts	1,000 VAC (for one minute), 1,500 V surge (10 x 160 μs)*2
	Between Coil and Contacts	Non-latch and single coil latch type: 1,500 VAC (for one minute), 2,500 V surge (2 x 10 μs)*3
		Double coil latch type: 1,000 VAC (for one minute), 1,500 V surge (10 x 160 μs)*2
Shock Resistance		735 m/s ² (75 G) – misoperation 980 m/s ² (100 G) – destructive failure
Vibration Resistance		10 to 55 Hz, double amplitude 3 mm (20 G) – misoperation 10 to 55 Hz, double amplitude 5 mm (30 G) – destructive failure
Ambient Temperature		−40 to +85°C
Coil Temperature Rise		18°C at nominal coil voltage (140 mW)
Running Specifications	Non-load	1 x 10 ⁸ operations (Non-latch type)*4 1 x 10 ⁷ operations (Latch type)
	Load	50 VDC 0.1 A (resistive), 1 x 10 ⁶ operations at 85°C, 5 Hz 10 VDC 10 mA (resistive), 1 x 10 ⁶ operations at 85°C, 2 Hz
Weight Approximately 1.9 g		



RELÉ PCH-105L2M

DATOS DEL CONTACTO

Contact arrangement	1 From A (NO)
Rated voltaje	30VDC, 277VAC
Max. switching voltaje	30VDC, 277AC
Rated current	5 to 10A
Contact material	AgSnO ₂
Min. Recomendated contact load	100mA, 5VDC
Frequency of operation	360 ops./h
Operate/reléase time max.	10/5ms
Electrical endurance	5A, 277 VAC resistive, -30°C to +70°C 30x10 ³ ops.



ANEXO II

INFORMACIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS BTH-1208LS

CONTENIDO DEL ANEXO II

INTRODUCCIÓN TEÓRICA.....	120
ENTRADAS ANALÓGICAS.....	124
SALIDAS ANALÓGICAS.....	125
ENTRADAS/SALIDAS DIGITALES	126
FLANCO EXTERNO	127
ENTRADA DE RELOJ EXTERNO	127
CONTADOR	128
MEMORIA	129
MICROCONTROLADOR	129
POTENCIA	129
BLUETOOTH	130
USB	130

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

Este dispositivo nos sirve para monitorizar algunas variables del sistema cuando este está activado. Por otro lado, tiene la capacidad de enviar la información vía *bluetooth* a un receptor externo, desde donde se pueden visualizar los resultados además de las señales de voltaje e intensidad en tiempo real.



Ilustración 80. Measurement Computing

Encontramos dos modos posibles: el *single-ended mode* y el *differential mode* donde cambia el funcionamiento de las entradas analógicas, aunque en cualquier caso encontramos las siguientes opciones instaladas en el dispositivo:

- Ocho entradas analógicas (CH0H/CH0L a CH3H/CH3L)
- Dos salidas analógicas (AOUT0 y AOUT1)
- Ocho entradas y salidas digitales (DIO0 a DIO7)
- Una entrada externa de flanco (TRIG)
- Una entrada externa de reloj (AICKI)
- Una salida de potencia (+V)
- Seis tierras analógicas (AGND)
- Cuatro tierras digitales (GND)

Con el *single-end mode* hay disponibles ocho entradas analógicas, cada una con 11 bits de resolución con un rango de entrada analógica de $\pm 10V$. La señal de esta entrada está

referida a la AGND y se entrega a través de dos hilos: el primero, para el hilo que carga la señal, se conecta en una de las entradas CHx y el segundo, al canal AGND.

Estos canales se encuentran distribuidos para el *single-ended mode* de la forma en la que se muestra en la siguiente figura:

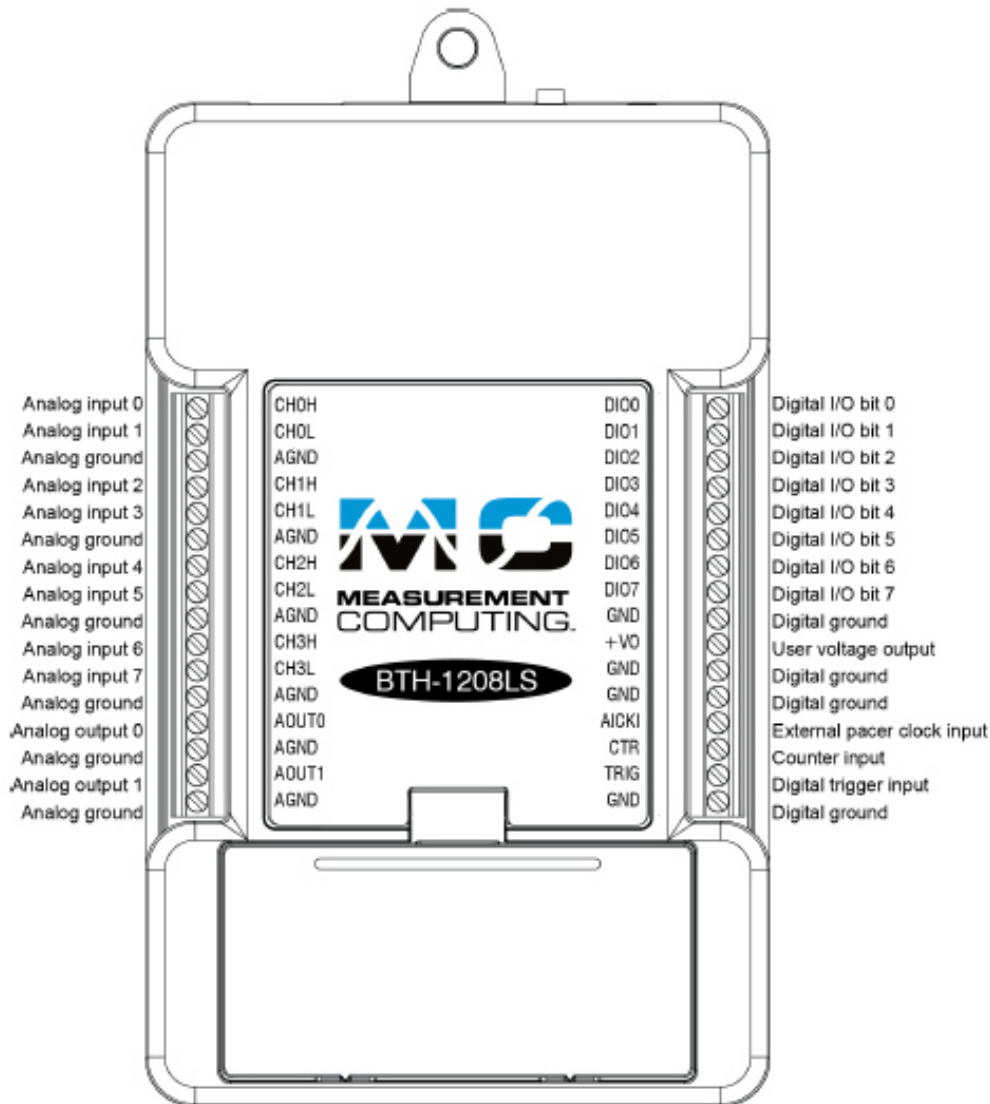


Ilustración 81. Canales del BTH-1208LS en modo *single ended*.

Si quisiéramos hacer una medida diferencial en el *mode single-ended* conectaríamos el primer hilo a una de las entradas CHxH, y llevaríamos a tierra la correspondiente entrada CHxL.

En cambio, para el *differential mode*, encontramos cuatro entradas analógicas con 12 bits de resolución y ofrece rangos de potencia de entrada seleccionables mediante el software: $\pm 20V$, $\pm 10V$, $\pm 5V$, $\pm 4V$, $\pm 2,5V$, $\pm 2,0V$, $\pm 1,25V$ y $\pm 1,0V$.

En este modo, se mide la señal de entrada respecto de la entrada *low* a través de tres hilos: el primero, que cargará la señal de entrada se conectará a las entradas CHxH, el segundo, con la referencia, se conectará a las entradas CHxL, y el tercer hilo, se conectará a AGND.

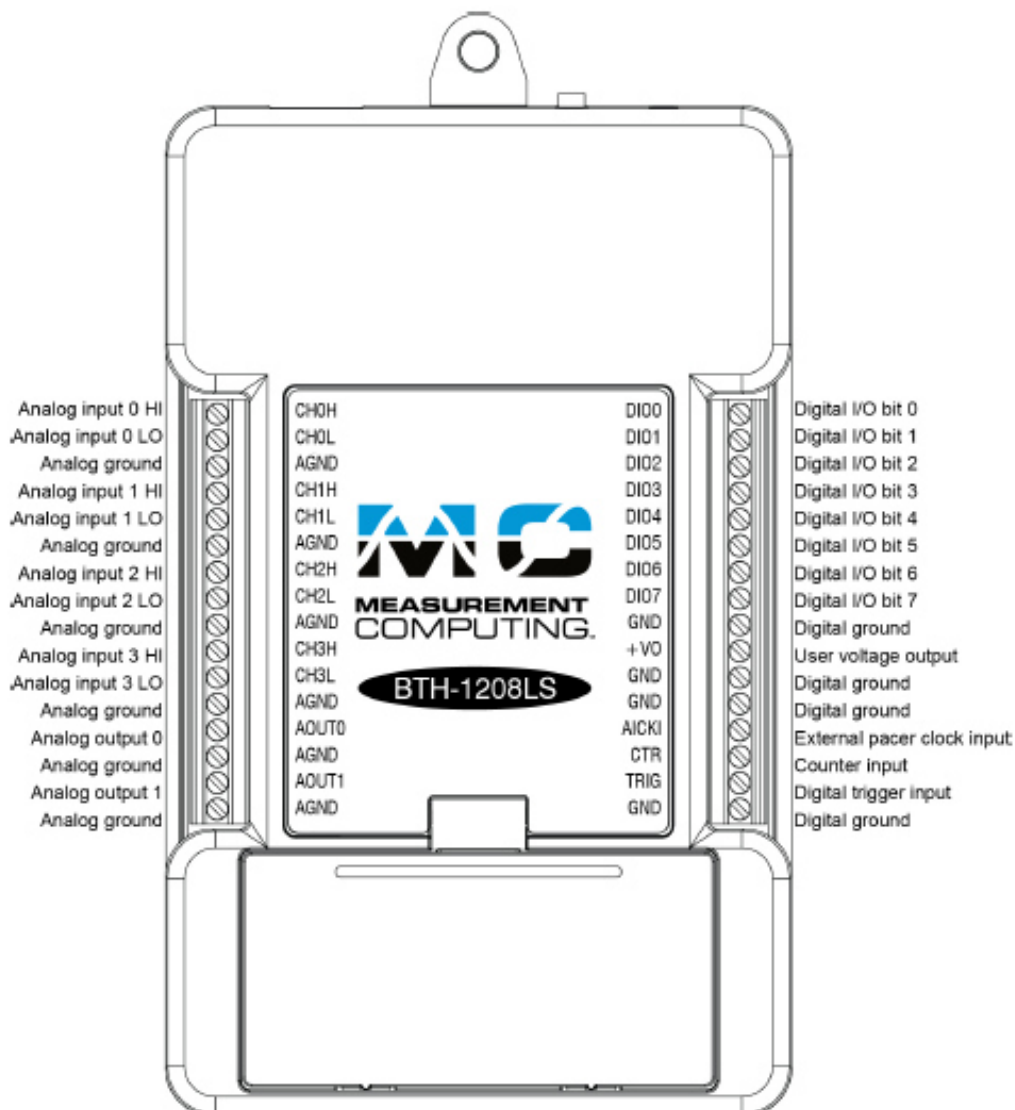


Ilustración 82. Canales del BTH-1208LS en modo *differential ended*.

Dentro de este modo, se deben superar siempre dos requisitos: el primero es que cualquier entrada analógica debe estar dentro de un rango entre -10V y +20V respecto de la tierra.

Para el resto de canales, podemos guiarnos por esta tabla resumen, aunque se pueden encontrar las especificaciones de los terminales en el anexo 2:

Tabla 18. Lista de canales de la tarjeta de adquisición de datos.

NOMBRE	CANAL	EXPLICACIÓN
Salidas analógicas	AOUT0 y AOUT1	12-bit de resolución, entre 0V y 2,5V
Entrada de reloj externo	AICKI	Se conecta un reloj externo para operaciones de escaneado en las entradas
Entradas y salidas digitales	Desde DIO0 hasta DIO7	8-bit. Permiten rangos entre 0V y 5,5V con límites de 0,8 (<i>low</i>) y 2,0V (<i>high</i>)
Entrada de flanco	TRIG	Entrada de un flanco externo configurable a subida/bajada.
Entrada de contador	CTR	32-bit de resolución. Acepta frecuencias de hasta 1MHz. El contador interno incrementa cuando el nivel de tensión pasa de bajo a alto.
Tierra analógica	AGND	Tierra común para todos los canales
Tierra digital	GND	Tierra común para las entradas y salidas digitales, contador, flanco y terminales de tensión.
Power output	+V0	Tiene 3,3 V de salida con corriente de hasta 50 Ma, que es suministrada por la fuente interna. Se puede utilizar para alimentar dispositivos externos.

A continuación, se incluyen las tablas que se han considerado más importantes de la hoja de características del dispositivo.

ENTRADAS ANALÓGICAS

Parameters	Condition	Specification
A/D converter type	Successive approximation type	
Input voltage range for linear operation	CHx to GND	Single-ended mode: ± 10 V max Differential mode: -10 V min, 20 V max
<i>Absolute maximum input voltage</i>	<i>CHx to GND</i>	± 25 V max
<i>Input impedance</i>	$140\text{ k}\Omega$	
Input current (Note 1)	$V_{in} = +10\text{ V}$	$70\text{ }\mu\text{A}$ typ
$V_{in} = 0\text{ V}$	$-12\text{ }\mu\text{A}$ typ	
$V_{in} = -10\text{ V}$	$-94\text{ }\mu\text{A}$ typ	
Number of channels	8 single-ended or 4 differential; software-selectable	
Input ranges	Single-ended	± 10 V, G=2
Differential	± 20 V, G=1 ± 10 V, G=2 ± 5 V, G=4 ± 4 V, G=5 ± 2.5 V, G=8 ± 2.0 V, G=10 ± 1.25 V, G=16 ± 1.0 V, G=20 Software-selectable	
Throughput (Note 2)	Software paced	10 S/s typ, system-dependent (Bluetooth) 250 S/s typ, system-dependent (USB)
Continuous scan	0.014 S/s to 1024 S/s (Bluetooth) 0.014 S/s to 47 kS/s (USB)	

BURSTIO	0.014 S/s to 47 kS/s to 12K (12,288) sample FIFO Transfer rate to host is limited to 1024 S/s (Bluetooth)	
Channel gain queue	Software selectable. 8 elements in SE mode, 4 elements in DIFF mode. One gain element per channel. Elements must be unique and listed in ascending order.	
Resolution (Note 3)	Differential	12 bits, no missing codes
Single-ended	11 bits	
Integral linearity error	±1 LSB typ	
Differential linearity error	±0.5 LSB typ	
Repeatability	±1 LSB typ	
Trigger source	Software-selectable	External digital: TRIG Software-selectable
Pacer source	Software-selectable	Internal External (AICKI), rising edge triggered Software-selectable

SALIDAS ANALÓGICAS

Parameter	Condition	Specification
Resolution		12-bits, 1 in 4.096
Output range		0V to 2.5V
Number of channels		2
Throughput	Software paced	10S/s single channel typ, PC dependent
Power on and reset voltaje	USB operation	Initializes to 000h code
	Bluetooth operation	The outputs can be individually configured to initialize o 000h or to have user configurable values written

		to the outputs when the Bluetooth host is connected or disconnected.
Output current drive	Each D/A OUT	5 mA source capability.
Slew rate		0.75V/ μ s typ

ENTRADAS/SALIDAS DIGITALES

Parameter	Specification
Digital type	3.3 V open drain
Output value mapping	0 written: output drives to DGND 1 written: output is pulled up to 3.3 V via internal resistor
Number of I/O (Note 5)	8
Configuration	Individually configurable
Input voltage range (Note 6)	0 V to 5.5 V
Pull up/pull-down configuration	47.5 k Ω pull-up resistors (to 3.3 V), 2.2 k Ω series resistors
Input high voltage threshold	2.0 V min
Input high voltage limit	5.5 V absolute max
Input low voltage threshold	0.8 V max
Input low voltage limit	-0.5 V absolute min 0 V recommended min
Output voltage range	0 V to 3.3 V (no external pull up resistor) 0 V to 5.5 V max (Note 6)
Output off state leakage current . (Note 7)	1.0 μ A typ
Sink current capability	50 mA max (continuous) per pin
Transistor on resistance	0.7 Ω max
Power on and reset state	USB operation: All input Bluetooth operation: The digital I/O can either be all input at power on / reset or may be configured to have user-configurable patterns written to the DIO

	when the Bluetooth host is connected or disconnected.
--	---

FLANCO EXTERNO

Parameter	Specification
Trigger source	External digital; TRIG terminal
Trigger mode	Software configurable for edge or level sensitive, rising or falling edge, high or low level.
Trigger latency	10 μ s max
Trigger pulse width	1 μ s min
Input type	Schmitt trigger, 47 k Ω pull-down to ground
Schmitt trigger hysteresis	0.76 V typ 0.4 V min 1.2 V max
Input high voltage threshold	1.74 V typ 1.3 V min 2.2 V max
Input high voltage limit	5.5 V absolute max
Input low voltage threshold	0.98 V typ 0.6 V min 1.5 V max
Input low voltage limit	−0.5 V absolute min 0 V recommended min

ENTRADA DE RELOJ EXTERNO

Parameter	Specification
Terminal name	AICKI
Terminal type	Input

Input clock rate	50 kHz, max
Clock pulse width	1 μ
Input type	Schmitt trigger, 47 k Ω pull-down to ground
Schmitt trigger hysteresis	0.76V typ 0.4 V min 1.2 V max
Input high voltaje threshold	1.74 V typ 1.3 V min 2.2 V max
Input high voltaje limit	5.5 V absolute max
Input low voltaje threshold	0.98 V typ 0.6 V min 1.5 V max
Input low voltaje limit	-0.5 V absolute min 0 V recommended min

CONTADOR

Parameter	Specification
Pin name	CTR
Counter type	Event counter
Number of channels	1
Input type	Schmitt trigger, 47 k Ω pull-down to ground, rising edge triggered
<i>Input source</i>	<i>CTR screw terminal</i>
Resolution	32 bits
Maximum input frequency	1 MHz
<i>High pulse width</i>	<i>500 ns min</i>
<i>Low pulse width</i>	<i>500 ns min</i>
Schmitt trigger hysteresis	0.76 V typ 0.4 V min

	1.2 V max
Input high voltage threshold	1.74 V typ 1.3 V min 2.2 V max
Input high voltage limit	5.5 V absolute max
Input low voltage threshold	0.98 V typ 0.6 V min 1.5 V max
Input low voltage limit	−0.5 V absolute min 0 V recommended min

MEMORIA

Parameter	Specification
FIFO	12 K (12.288) samples
Non-volatile EEPROM	2.048 bytes (768 bytes calibration, 256 bytes user, 1.024 bytes firmware use)

MICROCONTROLADOR

Parameter	Specification
Type	High performance 16-bit RISC microcontroller

POTENCIA

Parameter	Condition	Specification
Supply current, USB source	During enumeration	< 100 mA
After USB enumeration or connected to USB charger / supply		< 500 mA
Battery power (Note 8)		Two AA cells

	Alkaline, NiCd, and NiMH cells supported	
Battery charging	NiMH and NiCd charging supported. Alkaline cells automatically detected and not charged.	
+VO power available	After USB enumeration or Bluetooth connection	3.3 V nominal
+VO output current	After USB enumeration or Bluetooth connection	50 mA max

BLUETOOTH

Parameter	Specification
Device type	Bluetooth 2.1
Device compatibility	Backwards compatible with Bluetooth 2.0, 1.2, and 1.1
Bluetooth profile	Serial Port profile (SPP)
Radio range	Class II, 10 m typ

USB

Parameter	Specification
Device type	USB 2.0 full speed
Device compatibility	USB 1.1, USB 2.0

ANEXO III

LA REGULACIÓN Y EL AHORRO DE ENERGÍA

Uno de los principales objetivos del control de iluminación se basa en la necesidad del ahorro de energía para abaratar los costes fijos de una determinada instalación. Esto también tiene un efecto secundario positivo en el plano ecológico, teniendo en cuenta que la generación de energía es generalmente contaminante y la reducción de su uso reduce también esta contaminación, por ejemplo, a través de la disminución de emisión de gases de efecto invernadero (sobre todo CO₂).

En un principio, encarar un camino que nos lleve hacia el uso sostenible de los recursos naturales y las fuentes de energía siempre es una buena opción, que como mínimo debe considerarse.

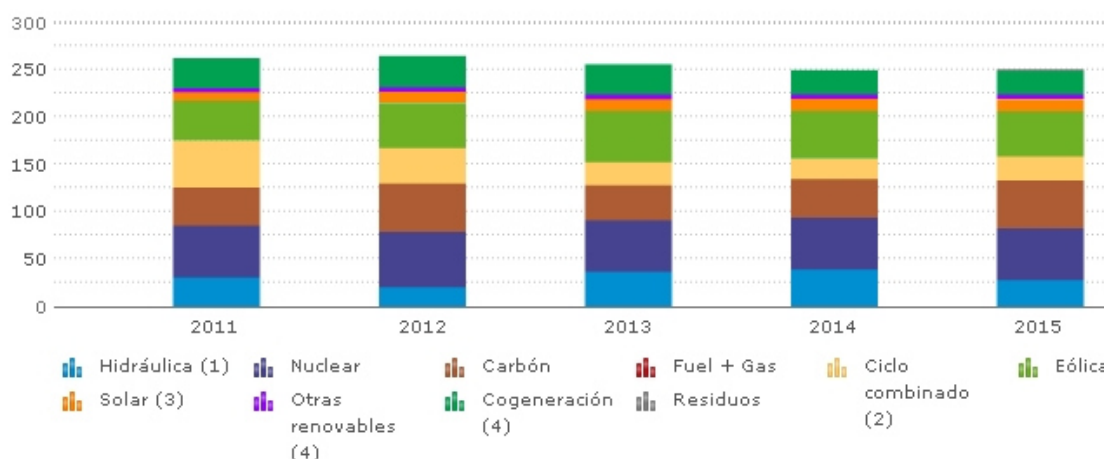


Ilustración 83. Potencia generada en España desde 2011 hasta 2015 (TWh). Informe de REE

Aun así, podemos notar en la ilustración anterior, que la generación de energía renovable⁷ no ha ganado un peso significativo respecto al resto de sistemas de generación en los últimos años. En la ilustración siguiente, podemos ver que la aportación de energía renovable se ha movido en unos índices que se encuentran alrededor del 40%.

⁷ Energía hidráulica, eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, otras renovables.

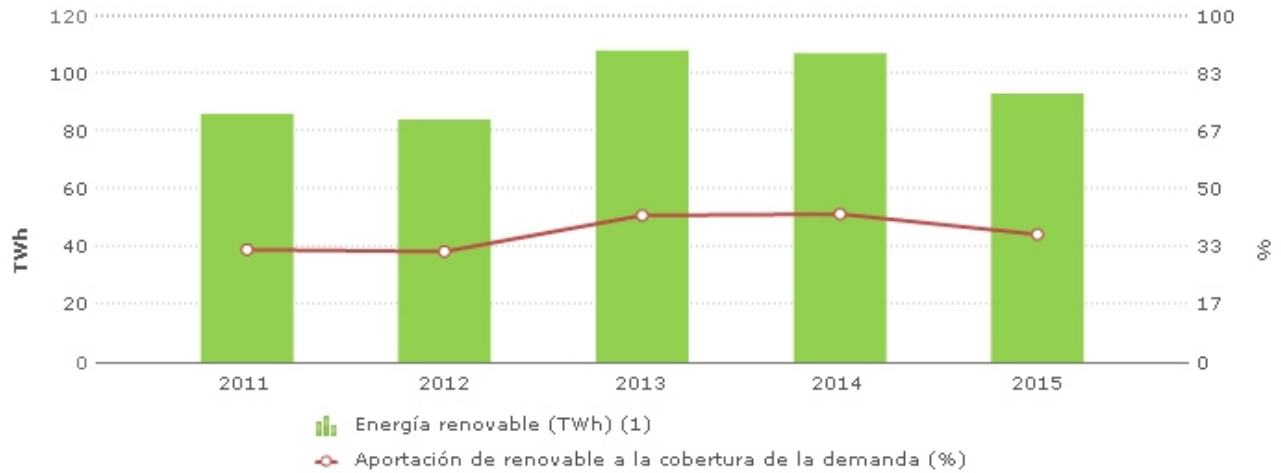


Ilustración 84. Evolución de la energía renovable peninsular. Informe de REE

Por otro lado, el control de iluminación tiene como objetivo mejorar nuestra capacidad para crear sistemas inteligentes que se puedan adaptar a las necesidades de cada instalación y a diferentes ambientes para aumentar el grado de confort.

Así que, por último, podríamos describir el control de iluminación como una forma de crear sistemas de alumbrado inteligentes que aumenten el confort y proporcionen un elevado ahorro de energía.

ANEXO IV

LA TENDENCIA DE LA INDUSTRIA DE LA ILUMINACIÓN

Desde la invención de la bombilla para sustituir el fuego como elemento de iluminación, promovida por Thomas Edison, la idea de iluminación se ha transformado en un concepto proveniente también de la tecnología y no solo de la naturaleza. Y aunque la bombilla ha sufrido distintos cambios a lo largo de la historia, tanto a favor como en contra de su eficiencia, y el entorno económico ha moldeado su funcionamiento; hoy en día, no solo ha evolucionado el concepto de iluminación hacia nuevos métodos que desechan el filamento incandescente, sino que la alarma medioambiental ha vuelto a la industria hacia una carrera tecnológica por la eficiencia.

Es de notar, que la sustitución del filamento incandescente sigue hoy en día en proceso, puesto que muchas de las nuevas tecnologías necesitan un acondicionamiento anterior, como pasa con el caso de los tubos fluorescentes. Esto sucede también, porque, por su lado, los objetivos de eficiencia también han afectado a la bombilla, y esta también ha sido perfeccionada hasta el punto de que, a corto plazo, puede ser una opción barata y simple, que compite con las nuevas formas de iluminación.

Por culpa de esto, la mayor parte de la expansión que están sufriendo las nuevas tecnologías de iluminación, está siendo a través de las nuevas instalaciones, que son mayormente industriales, y la principal razón es el ahorro energético.

Por otro lado, la regulación, a parte de poder aumentar la eficiencia de una instalación, tiene la utilidad de mejorar el confort de la misma, pudiendo programar escenas dependiendo de la tarea que se esté realizando. Esto es útil sobre todo para las instalaciones domésticas, donde los espacios se utilizan para más de una tarea, pero en el caso de la industria, donde las zonas están estandarizadas a determinadas labores, la regulación no aparece como una necesidad suficientemente grande para que las empresas dediquen un presupuesto especial a ella, y son sobre todo las empresas asentadas las que pueden permitírselo.

La tendencia de la industria de la iluminación, como todos los sectores competitivos, se adaptará a las necesidades de la demanda, y será la mejora de la simplicidad para el



abaratamiento de los costes de instalación, lo que permitirán que las sustituciones por ahorro energético den pie a la creación de sistemas domóticas en las instalaciones que, con el tiempo, tendrán que pasar a utilizar nuevas tecnologías de iluminación, sustituyendo el filamento incandescente.



ANEXO V

LÁMPARAS CON BALASTOS Y TECNOLOGÍA LED

CONTENIDO DEL ANEXO V

LÁMPARAS FLUORESCENTES	136
LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO	137
LÁMPARA DE HALURO METÁLICO.....	138
LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO	138
TUBOS Y TECNOLOGÍA LED.....	139

Los balastos sirven para hacer que ciertos tipos de lámparas, que necesitan un pico de tensión al inicio de la conexión para ionizar cierto gas, puedan encenderse y mantenerse encendidas. Podemos clasificar estas lámparas dependiendo de la composición del gas que encontremos en su interior.

LÁMPARAS FLUORESCENTES

Estas son el tipo de lámparas que ya se encontraban instaladas en el puesto de prácticas. Contienen vapor de mercurio a una presión baja, de unos 0,8 Pa; condiciones en las cuales la mayoría del espectro de luz de la lámpara se encuentra en el rango ultravioleta. Por tanto, se cubre el interior del tubo con polvos fluorescentes que hacen visible este espectro, y dependiendo de estos polvos variará la calidad y la intensidad de la luz producida por la lámpara, además de las cualidades cromáticas. La eficiencia de estas lámparas depende de muchas variables, como puede ser la temperatura ambiente o la composición de los polvos fluorescentes, así que encontraremos un amplio rango de eficiencia que rondará entre los 38 lm/W⁸ y los 91 lm/W.



Ilustración 85 Lámpara fluorescente.

Dentro de este tipo de lámparas podemos clasificar dos grupos dependiendo del tipo de encendido. En primer lugar, tenemos el encendido con cebador, que se encarga de calentar los electrodos antes del encendido. En segundo, lugar tenemos el encendido sin cebador, donde nos podemos encontrar con sistemas que calientan los electrodos continuamente o sistemas que usan un pico de voltaje muy elevado. Por otro lado, podemos encontrar también la lámpara fluorescente compacta, que pretende sustituir a las lámparas incandescentes para ahorrar alrededor del 60% de energía. Su uso es generalmente doméstico.

⁸ Lúmenes/Vatios: cantidad de luz por potencia necesaria.



Ilustración 86. Lámpara fluorescente compacta.

LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO

Estas lámparas utilizan vapor de sodio para producir una luz amarillo brillante. Es una de las lámparas más eficientes en el mercado. Podemos dividir estas lámparas en dos grupos dependiendo de la presión a la que se ha almacenado el vapor de sodio dentro del tubo: lámpara con vapor de sodio a baja presión (SBP) y a alta presión (SAP).

Las de baja presión son las que mejor rendimiento tienen (a partir de 140 lm/W para SBP en comparación con a partir 100 lm/W para SAP), pero como desventaja, distorsionan más nuestra percepción de los colores que las de alta presión.

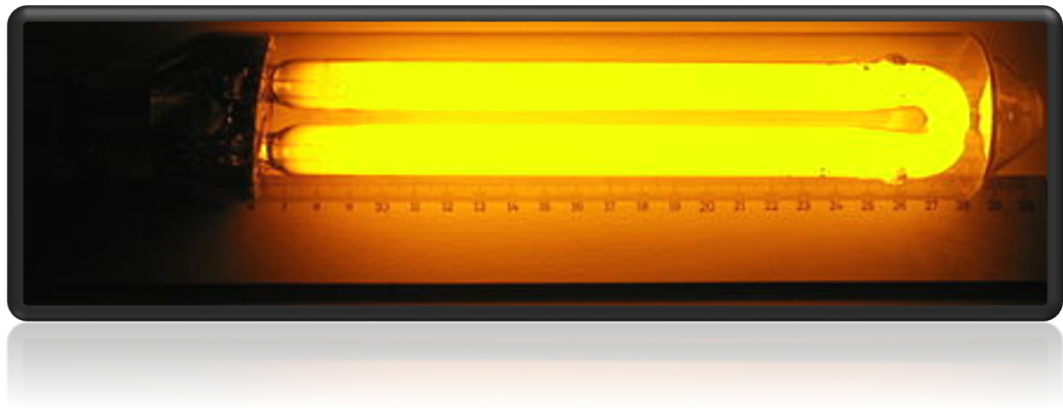


Ilustración 87. Lámpara de vapor de sodio.

Esencialmente, es necesario un balasto y un ignitor para operar estas lámparas, aunque podemos incluir un capacitor para mejorar el coseno de fi. Necesita alrededor de 9-10 minutos para encenderse y 4-5 minutos para reencenderse. Por su color monocromático, sus aplicaciones se limitan a las vías públicas, como las autopistas, carreteras, muelles, etc.

LÁMPARA DE HALURO METÁLICO

Se conocen comúnmente como las lámparas halógenas, aunque también las podemos llamar lámparas de halurógenos metálicos, de aditivos metálicos, de mercurio halogenado o METALARC. El color de la luz (intensidad y temperatura) que desprende esta lámpara depende de la mezcla de halógenos que se haya realizado.



Ilustración 88. Lámpara de haluro metálico.

El rendimiento de esta lámpara ronda entre los 60 lm/W y 95 lm/W. Su uso es muy amplio, tanto en aplicaciones domésticas como industriales, aunque generalmente suelen usarse en alumbrado público y en lugares donde se necesita que los colores se aprecien correctamente, como campos deportivos o estudios de televisión.

LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO

En estas lámparas encontramos un tubo de descarga de cuarzo relleno con vapor de mercurio a mayor presión que el caso de las lámparas fluorescentes. Ofrece una luz azul verdosa sin radiaciones rojas. Por tanto, para cubrir este espectro de color se utilizan sustancias fluorescentes que emitan luz en estas frecuencias, así que en general, no se aprecian correctamente los colores de los objetos bajo su luz. También tiene como desventaja que si se apaga una vez haya alcanzado los valores de presión normales, tendrá que enfriarse antes de volver a encenderse, pues la presión a la que se encuentra el mercurio requeriría un pico de voltaje muy alto para volver a encenderse.



Ilustración 89. Lámpara de vapor de mercurio.

Tienen una eficiencia que oscila entre 40 lm/W y 60 lm/W vida muy larga (alrededor de 25.000 horas) y se usan por tanto para lugares poco accesibles, aprovechando la gran longitud del periodo de mantenimiento. También se utiliza para avenidas, autopistas, carreteras, naves industriales, etc.

TUBOS Y TECNOLOGÍA LED

En este caso encontramos un tubo parecido al de las lámparas fluorescentes, pero con la salvedad de que en el interior no tenemos vapor de mercurio, sino una tira LED (*Light-Emitting Diode*). De todas las lámparas nombradas, esta es la única que no necesita balasto, aunque también permite regulación en algunos modelos.



Ilustración 90. Tubo LED

Su objetivo es imitar los tubos fluorescentes para poder sustituirlos con el tiempo. Ofrecen una eficiencia de hasta 135 lm/W. Este es el tipo de dispositivo que se ha incluido en el puesto de prácticas.

El funcionamiento de un diodo LED es muy simple: solo deja pasar la corriente en un sentido, de ánodo a cátodo, y cuando esta corriente atraviesa un semiconductor en el interior de la carcasa, este emite luz. Dependiendo de la composición de dicho semiconductor, esta luz será de un color u otro.



Ilustración 91. Diodos LED de distintos colores.

El tubo LED que se ha utilizado en este trabajo no es un tubo regulable en la forma en la que se ha comprado, pero se ha modificado para poder serlo. Por tanto, tiene un *Dimmer* incluido en la instalación y a diferencia del tubo fluorescente, no necesita ni cebador ni ninguna reactancia para alimentarlo, aunque necesitan un transformador para alimentar los diodos o bien un *driver* para pasar la corriente alterna a continua.

Los transformadores generan un desfase entre la señal de corriente y tensión, reduciendo así el factor de potencia y aumentando las pérdidas, este factor de potencia debería corregirse con el uso de condensadores y además de todo esto, la señal de salida tendrá un alto contenido armónico. Estos transformadores permiten la regulación de los LED si usamos regulación PWM con recorte al principio de fase. Si usásemos recorte al final, la carga inductiva del transformador haría que los cambios bruscos en la

corriente produjesen picos de sobretensión, que probablemente acabaría estropeando la instalación.

Una mejor alternativa serían los *dimmers* que se pueden utilizar para estas aplicaciones y que son distintos de los que se usan para las lámparas halógenas, pues estas últimas funcionan con una potencia mayor, y por tanto no están preparados para funcionar con LED. Estos *dimmers* deberán estar conectados a un tubo LED que de por sí sea regulable, en caso contrario, nos encontraríamos en la situación de este trabajo, en la que necesitaríamos incorporar también un *driver* regulable.

Para módulos LED que funcionan a tensión constante podemos utilizar una FAV o Fuente de Alimentación de Voltaje constante. En estos casos funciona muy bien pues con una tensión constante, la señal de la corriente tendrá una característica plana y se eliminarán por tanto estos problemas derivados de las malas características de corriente.



Ilustración 92. FAV para LED.

También podemos adoptar la opción de utilizar un *driver* de corriente constante, que es un simple circuito electrónico que se encarga de pasar de corriente alterna a corriente continua, funcionando a la salida como una fuente de corriente continua. En cambio, el voltaje puede variar en los diodos LED por motivos tales como la temperatura ambiente. Si el tubo no es regulable, es porque el driver que tiene instalado de fábrica no está preparado para ser regulado, en este caso nos lo saltaríamos para alimentar el tubo directamente. Si el driver es regulable, entonces podremos controlar la intensidad lumínica utilizando un *dimmer* que controle la tensión de entrada. Para esta solución también se debe tener en cuenta que las lámparas que funcionan a tensión constante

no son válidas. Utilizando esta opción, no se empeora el factor de potencia ni tampoco aumentan los armónicos.



Ilustración 93. Driver de corriente constante regulable.

En lo que respecta a los LED, que son los pequeños dispositivos que emiten luz, la mejor tecnología la representan los SMD y los COB.

Los LED SMD (*Surface Mounted Device*) o Dispositivos de Montaje Superficial vienen referidos a la forma en la que son encapsulados, que es sobre una superficie de tipo plantilla. En la tecnología LED, encontramos el LED encapsulado en una resina y dispuesto sobre un circuito impreso, con la capacidad de ofrecer hasta 60 lm/W.

Dentro de los SMD se encuentran varios tipos: 3014, 3028, 3528, 5050, 3028, 2835 y 5630. Esta nomenclatura se basa en el tamaño del chip, donde 3014 será 3x14 mm, 3028 será 3x2,8 mm, 3528 será 3,5x2,8 mm, etc. Cada uno de estos tamaños tiene una potencia relacionada.

Los modelos que más se utilizan hoy de entre los LED SMD son los 3528, 5050 y 5630 y de ellos, el primero es el que ofrece mejor disipación del calor y una vida útil alta además de alta eficiencia en lúmenes y mayor estabilidad, aun siendo el más pequeño. Un solo chip puede conseguir hasta 5 lm. Por otro lado, el modelo 5050 es el de mayor tamaño, ofreciendo hasta 12 lm por unidad. Finalmente, el 5630 es el más actual y el que se impondrá a la larga, pues siendo más pequeño que el 5020, aporta más luz.



Ilustración 94. Lámpara con tecnología SMD.

En lo que respecta a la fabricación de estos LED, encontramos el proceso basado en tres fases diferenciadas: primero se monta el chip sobre la plantilla aplicando un adhesivo, luego se conecta el chip con la placa base y por último se tiñe con fósforo para conseguir el color deseado.

Por otro lado, los LED COB (*Chip On Board*) se encapsulan juntos en gran número. Estos LED se están imponiendo poco a poco sobre los SMD pues con un mismo tamaño ofrecerían hasta el doble de eficiencia (120 lm/W frente a 60 lm/W), también, la iluminación que producen distorsiona menos nuestra percepción de los colores que en el caso de los SMD, por tanto, la propia luz es de mayor calidad. También son más difíciles de fundir al soportar mayores variaciones de corriente; son más baratos de fabricar; irradian menos calor y evitan zonas muertas entre LEDs, pues con la tecnología COB todo el panel irradia luz.



Ilustración 95. Lámpara con tecnología LED COB.

Finalmente, comparando la tecnología LED con los tubos fluorescentes, encontramos que esta nueva opción supera a la antigua en muchos aspectos; por ejemplo, otra ventaja es que los tubos LED arrancan instantáneamente y el número de apagados y encendidos no afectan a su tiempo de vida. También como ventaja frente a los tubos fluorescentes tenemos el hecho de que los tubos LED no usan ningún gas mientras que el vapor de mercurio utilizado en el otro tipo es altamente contaminante y puede causar una intoxicación al respirarse.

Así que, para resumir los aspectos en los que podemos comparar ambas opciones, podemos consultar la siguiente tabla comparativa:

Tabla 19. Comparación de tecnología LED frente a tecnología de tubos fluorescentes.

<u>LED</u>	<u>FLUORESCENTE</u>
DISPOSITIVOS NECESARIOS	
Regulador (con tubos regulables)	Balasto, cebador
ENCENDIDO	
Instantáneo, no afecta a la vida	Necesita pico de voltaje, afecta a la vida
INTERIOR	
Tira de leds	Vapor de mercurio y polvos fluorescentes (contaminante y tóxico)
EFICIENCIA	
Hasta 135 lm/W	Hasta 91 lm/W
PÉRDIDAS	
Despreciables	En reactancia y cebador
VIDA	
Alrededor de 40.000 horas	Alrededor de 10.000 horas
CONTAMINACIÓN LUMÍNICA	
No parpadea	Parpadea al final de su vida y puede parpadear al encenderse
RESISTENCIA	
Buena resistencia a golpes y vibraciones	Mala resistencia a golpes y vibraciones



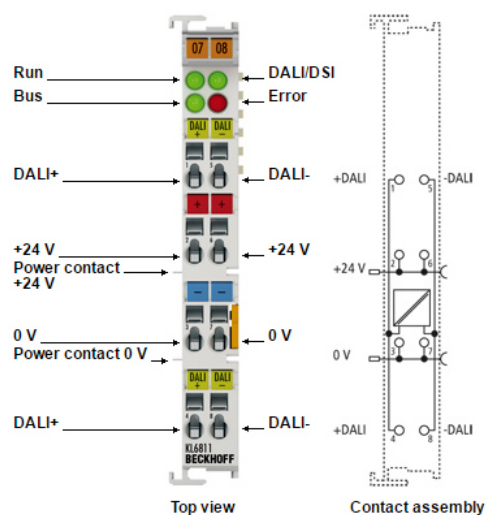
<u>LED</u>	<u>FLUORESCENTE</u>
MANTENIMIENTO	
Cambios más esporádicos	Más partes susceptibles de estropearse ⁹
CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	
No hace ruido	Ruido con el mal funcionamiento de la reactancia
PRECIO	
T8 18W: 7,95 €	T8 18W: 1,73€
T8 18W regulable: 14,95 €	

⁹ Cebador, reactancia y con el calor en los bordes los casquillos sufren.

ANEXO VI

TERMINAL KL6811

En este anexo se muestran los datos técnicos relevantes del terminal KL6811.



Las entradas de este terminal permiten las siguientes conexiones:

Tabla 20. Entradas del Master Terminal KL6811

DALI +	1	Línea de control DALI/DSI (conectada internamente al terminal nº 4)
+24 V	2	Contacto de potencia de +24 V
0 V	3	Contacto de potencia de 0 V
DALI +	4	Línea de control DALI/DSI (conectada internamente a la entrada 1)
DALI -	5	Línea de control DALI/DSI (conectada internamente a la entrada 8)
+24 V	6	Contacto de potencia de +24 V
0 V	7	Contacto de potencia de +0 V
DALI -	8	Línea de control DALI/DSI (conectada internamente a la entrada 5)

Respecto a las señales luminosas del propio terminal, encontramos cuatro LEDs de los que se distinguen seis indicaciones distintas.

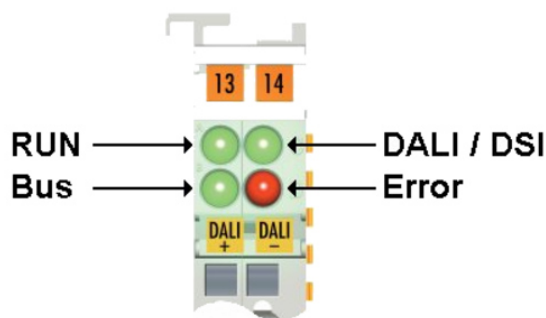


Ilustración 96. Indicadores luminosos del terminal KL6811

Tabla 21. Indicaciones luminosas del Master Terminal KL6811.

LED	ESTADO	SIGNIFICADO
RUN	ENCENDIDO	Transmisión de datos del K-bus.
BUS	PARPADEO	Transmisión de datos del bus DALI
	ENCENDIDO	Sin abastecimiento de potencia
DALI/DSI	ENCENDIDO	Modo DALI
	APAGADO	Modo DSI
ERROR	ENCENDIDO	Modo DALI: sobrecarga del suministro interno
		Modo DSI: retroalimentación

El contacto de alimentación PE puede servir como protección de tierra, pudiendo desviar hasta 125 A. Por protección, este es el primer contacto que queda activado cuando unimos el terminal al *coupler*.

Los hilos conectados al terminal tienen un diámetro mínimo dependiendo de la distancia a la que se sitúe el esclavo, fijando un límite de trescientos metros. Hasta cien metros de distancia tenemos un diámetro mínimo de 0,5 mm; entre cien y ciento cincuenta, un mínimo de 0,75 y entre ciento cincuenta y trescientos metros se fija un diámetro mínimo de 1,5 mm.

Distancia (m)	Diámetro (mm)
0-100	0,5
100-150	0,75
150-300 (max)	1,5

En condiciones especiales, se seguirán distintas normativas: por ejemplo, en el caso de áreas altamente explosivas, se considerará la directiva 94/9/EU. Respecto a la seguridad, se seguirán los estándares EN 60079-0: 2006 y la EN 60079-15: 2005.

Por último, las características técnicas de este terminal son las siguientes:

Tabla 22. Datos técnicos del KL6811.

Tecnología	DALI/DSI
Número de canales	1
Esclavos/grupos	Max. 64/ max. 16
Estándar de transferencia	DALI
Ratio de transferencia de datos	1,2 kb/s
Consumo de corriente del k-bus	Typ. 55 mA
Consumo de corriente de los contactos de potencia	Typ. 30mA + carga
Aislamiento eléctrico	500V (K-bus/DALI-bus)
Configuración	Vía el bus coupler o el controlador
Voltage nominal	24V DC (-15%/+20%)
Voltage de entrada	24V DC (-15%/+20%)
Voltaje de aislamiento	• DALI-bus/K-bus: 1500V AC_{rms}, carga constante • DALI-bus/contactos de potencia: 1500V AC_{rms} carga constante • K-bus/contactos de potencia: 1500V AC_{rms}, carga constante
suministro de potencia DALI	Max. 130 mA
peso	80 g
temperatura de operación/ almacenado	0...+55°C/-25...85°C
pérdida de potencia	0,5 W + potencia utilizada por los esclavos

ANEXO VII

SISTEMA TOUCH CONTROL

Este sistema tiene un interruptor libre de potencia normalmente abierto que se pulsa por el usuario y en el que dependiendo de la duración de la pulsación podremos operar en el ámbito del encendido y apagado, o en la regulación de la luz. Una pulsación corta enciende o apaga el receptor y una pulsación continuada regula el flujo luminoso, el cual oscila mientras tanto entre el nivel máximo y mínimo.

De esta forma, se consigue la variación de la iluminación utilizando la tensión de red como señal de control, aplicándola a través del nombrado pulsador, sin necesidad de controladores específicos, en una sola línea de control.

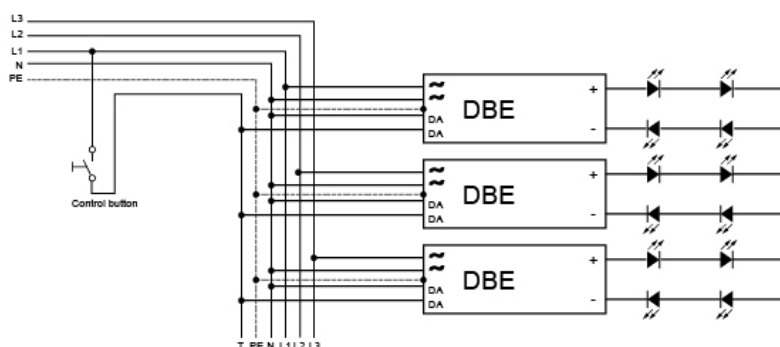


Ilustración 97. Sistema touch control

Por otro lado, se trata también de una interfaz de regulación unidireccional, sin generar ningún tipo de *feedback*, se usa para sistemas sencillos y pequeños, como una oficina individual, salas pequeñas, habitaciones, rellanos y áreas reducidas en general. No permite tampoco un direccionamiento de los equipos vía software, por tanto, las agrupaciones de receptores de deben disponer de antemano cuando se diseña el cableado. No se usa para sistemas de control de edificios.

Tanto los equipos que se pueden conectar como la longitud del cableado son teóricamente ilimitados, pero en la práctica, distancias superiores a 25 metros pueden generar asincronismo en el encendido y la regulación no simultanea de diferentes puntos de luz.