



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons  
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

DISEÑO DE LOS SUBSISTEMAS DE LUMINARIAS Y CIRCUITOS DE  
EXCITACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR  
BASADO EN TECNOLOGÍA DE LEDS DE POTENCIA PARA EL LOGO  
DE LA PUCP EN EL EDIFICIO MAC GREGOR.

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, que presenta:

**Juan Pablo Zeballos Raczy**

**ANEXOS**

ASESOR: Ing. Willy Carrera Soria.

**Lima - PERÚ**

**2010**

## ÍNDICE

### ANEXO 1:

Fabricantes actuales de LEDs..... 1

### ANEXO 2:

Complemento del diseño del Subsistema de Luminarias ..... 5

### ANEXO 3:

Plano de colocación de LEDs ..... 24

### ANEXO 4:

Plano de instalación del cableado de LEDs y ubicaciones de módulo maestro y  
módulos esclavo..... 26

### ANEXO 5:

Detalle de los efectos de iluminación..... 28

### ANEXO 6:

Prototipo de implementado: programa en lenguaje ensamblador..... 32

### ANEXO 7 :

Cálculos de potencia del sistema de iluminación..... 38



## A. Fabricantes actuales de LEDs

*Fabricante:* Cree [17]



*Modelo:* Xlamp XP-E LED

Uso para iluminación exterior, interior, personal, portátil.

*Características:*

Color: Blanco (Cool White)

Ángulo de visión: 115°

Voltaje típico @ 350mA: 3.2V

Máxima corriente: 700mA

Flujo Luminoso: 87.4-107lm

Empaquetadura: 3.45x3.45

*Fabricante:* Philips [13]



*Modelo:* Luxeon III

Power LED más usado en el mundo a nivel industrial, debido a su eficiencia y bajo costo. Usos comerciales interior y exterior.

*Características:*

Color: Blanco (White)

Ángulo de visión: 140°

Voltaje típico @ 700mA: 3.7V

Máxima corriente: 1A

Flujo Luminoso típico @ 1A: 80lm

Flujo Luminoso mínimo @ 700mA: 60lm

*Modelo:* Luxeon K2 – L XK2-PW12S00 [13]

Es el power LED más eficiente y robusto que fabrica Philips, tiene la capacidad de manejar altísimas corrientes por periodos extensos.

*Características:*

Color: Blanco (White)

Ángulo de visión: 140°

Voltaje típico @ 700mA: 3.6V

Máxima corriente: 1,5A

Máxima temperatura: 185°

Flujo Luminoso típico @ 700mA: 100lm

Flujo Luminoso mínimo @ 350mA: 51.7lm

*Fabricante:* Nichia [15]



*Modelo:* NJSW107T

Power LED proveniente de la familia InGan led, para usos en exterior e interior.

*Características:*

Color: Blanco (White)

Voltaje típico @ 350mA: 3.7V

Máxima corriente: 500mA

Flujo Luminoso típico @ 350mA: 72lm

Empaquetadura: 3.5x3.5

*Fabricante:* OSRAM [14]

**OSRAM**  
Opto Semiconductors

*Modelo:* Golden Dragon LA W5SM

Power led con tecnología InGan led, para usos en señales de tránsito, decoración interior y exterior.

*Características:*

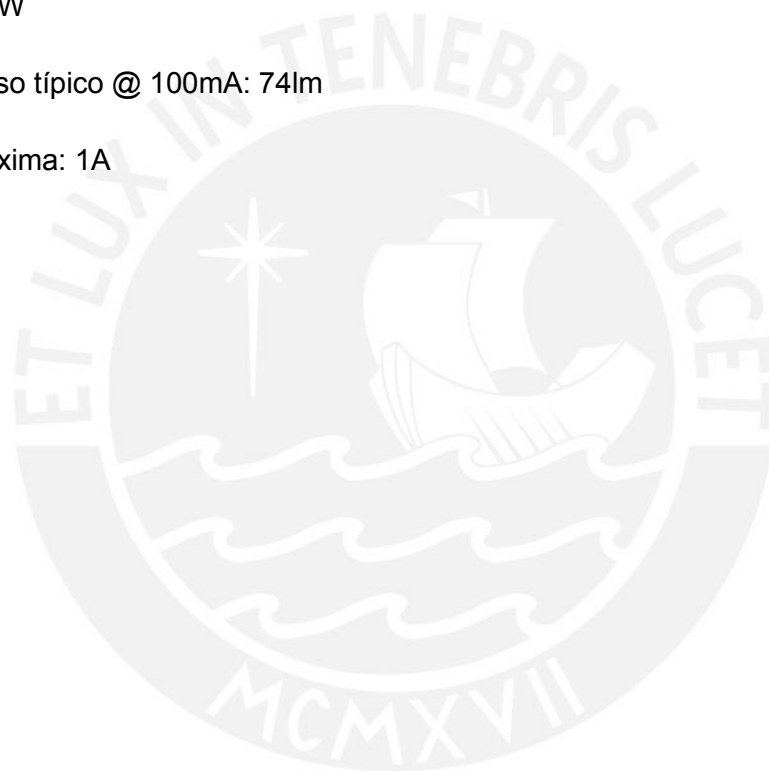
Color: Blanco (White)

Ángulo de visión: 120°

Potencia: 1.4W

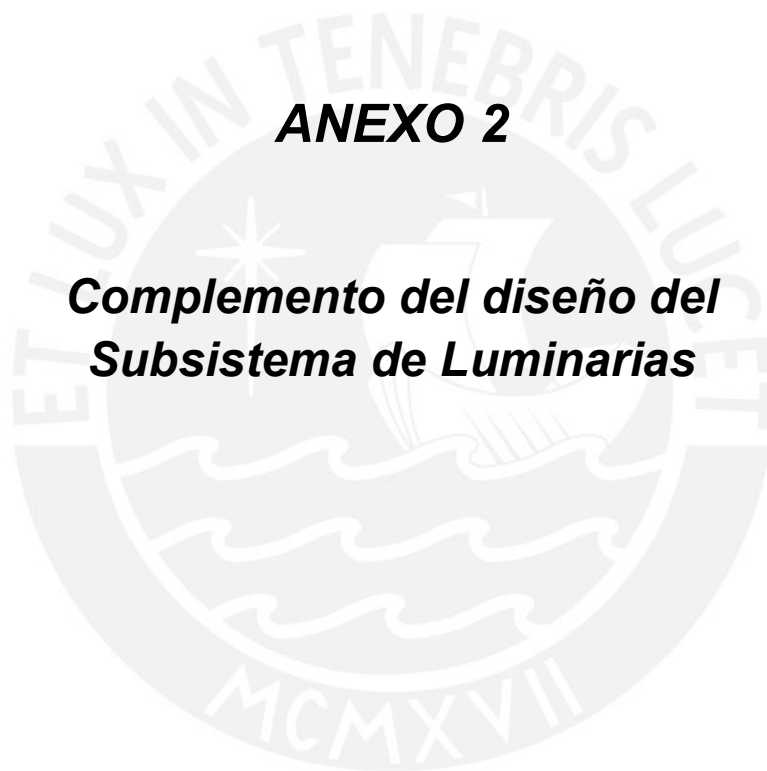
Flujo Luminoso típico @ 100mA: 74lm

Corriente máxima: 1A



## **ANEXO 2**

### ***Complemento del diseño del Subsistema de Luminarias***



### A2.1) Técnicas y estrategias de iluminación

A continuación se hace un breve resumen de las técnicas de iluminación más adecuadas para el proyecto. [19][20][21]

- **Iluminación de superficie:** (*En inglés 'plane washing'*)

Esta iluminación consiste en iluminar superficies directamente desde una fuente de luz alejada, es decir, la luz se proyecta sobre la superficie. Ver figura A2.1 a.

*Aplicaciones:* iluminación interior, iluminación arquitectónica, etc.

- **Iluminación inversa:** (*En inglés 'reverse lighting'*)

Esta iluminación consiste en iluminar una estructura pero ubicando las luminarias en la parte trasera de la estructura. La luz rebota en la pared trasera y se refleja hacia el exterior. Ver figura A2.1 b.

*Aplicaciones:* iluminación rotular o iluminación de letras, señalización, iluminación arquitectónica, etc.

- **Iluminación detrás de acrílicos:** (*En inglés 'lighting behind acrylics'*)

Consiste en iluminar una superficie pero utilizando materiales difuminadores para uniformizar la luz. Las fuentes de luz se ubican estratégicamente detrás del material difuminador y proyectan la luz sobre estos. Comúnmente se usan materiales de acrílico como difuminadores por su alto índice de dispersión de luz, pero también se usan materiales de PVC, acrilatos, plásticos, etc. Ver figura A2.1 c.

*Aplicaciones:* iluminación de letras, señalización, iluminación de contornos, alumbrado decorativo, alumbrado de paneles publicitarios, etc.

- **Iluminación de puntos:** (*En inglés 'spot lighting'*)

Consiste en iluminar una línea mediante puntos de luz. Ver figura A2.1 d.

*Aplicaciones:* iluminación de letras, iluminación de contornos, alumbrado decorativo arquitectónico, etc.



a).



b).



c).



d).

Figura A2.1. Técnicas de iluminación con LEDs [19] [20]

Se escoge a la **iluminación detrás de acrílicos** como la más adecuada para este proyecto, debido a la cantidad de letras a iluminar, a las formas de gran dimensión del logo y además por la facilidad de instalación de luminarias que se tiene con esta técnica.

Para el modelo de iluminación se escogieron dos tipos de iluminación detrás de acrílicos. Ambas se distinguen por posición de las fuentes de luz (en nuestro caso LEDs). A continuación se presenta una breve explicación de cada una, además de sus ventajas y desventajas.

#### **A). Iluminación detrás de acrílico en el plano de la base:**

Los LEDs estarían ubicados en la base de la estructura y la luz fluiría perpendicularmente hacia el material difuminador de luz. Gracias al gran ángulo de emisión del LED (120 a 130 grados), se consigue tener una buena distribución de luz en la superficie. [22] [23]

La figura A2.2 a. muestra este tipo de iluminación.

#### *Ventajas:*

- Se puede iluminar superficies de mayor área, todo depende de la cantidad de LEDs a usar.
- Todo el flujo luminoso sale a la superficie.

- Se pueden colocar objetos en la base de la superficie, tomando la precaución de que no interfieran en los rebotes de luz.

En este caso se podría colocar cableado en la base de la estructura.

*Desventajas:*

- Presencia de puntos calientes, es decir puntos en los cuales hay una mayor presencia de intensidad de luz debido a que los rayos de luz inciden directamente sobre el ángulo de visión.

Ese fenómeno se puede evitar ampliando la distancia A y colocando los LEDs a distancias más cortas entre sí. (Véase fig. A2.2 a)

- La distancia A sería grande para evitar los puntos calientes.

**B). Iluminación detrás de acrílico en el plano lateral:**

Los LEDs estarían ubicados en el plano lateral de la estructura y la luz fluiría en diferentes direcciones hacia el material difuminador de luz. Gracias al gran ángulo de emisión del LED (120 a 130 grados), se consigue tener una buena distribución de luz en la superficie. Se suele pintar de color blanco toda la superficie interna de la estructura para tener una mejor reflectancia de luz. [24]

La figura A2.2 b. muestra este tipo de iluminación.

*Ventajas:*

- No hay presencia de puntos calientes, todo el flujo luminoso se reparte equitativamente.
- La distancia A puede ser pequeña, no influye mucho en la distribución de luz. (Véase fig. A2.2 b)

*Desventajas:*

- Dificultad de iluminar grandes superficies debido a la necesidad de los rebotes de luz en las paredes. Distancia B limitada (Véase figura A2.2 b)
- Todo el interior de la superficie debe estar totalmente despejada para evitar malas reflectancias y por tanto evitar sombras en la superficie iluminada.
- No se podría colocar cableado en la base de la estructura.

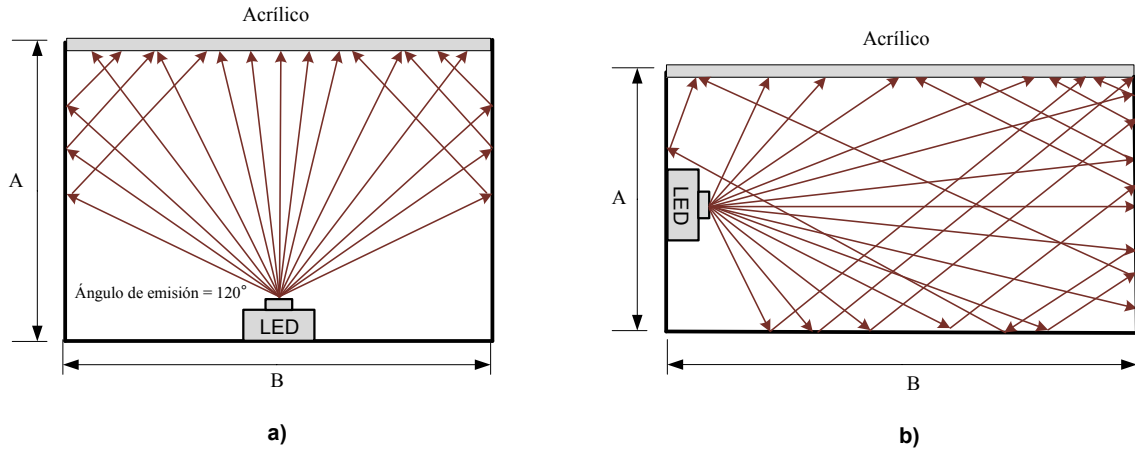


Figura A2.2. Técnicas de iluminación detrás de acrílicos.

**A2.2) Diseño de las estructuras mecánicas de las luminarias**

El diseño se basa en los sistemas integrados para iluminación de señalización y publicidad de los siguientes fabricantes:

- *Philips Lumileds*: Affinium LED string systems [22] [23] [24]
- *OSRAM*: Sistemas de iluminación para rotulación y publicidad. [25][26][27][28]

Dichos sistemas usan diversos valores de flujos luminosos por unidad de fuente de luz (LED) para los siguientes colores: blanco, ámbar y rojo (dichos valores son recomendados). Ver tabla A2.1

Tabla A2.1

Color	Flujo luminoso (Lúmenes - lm)
Blanco (Frío y cálido)	33 - 50 lm
Ámbar	30 - 55 lm
Rojo	30 - 50 lm

Entonces basándose en los mencionados parámetros, se establecen dichos rangos como los requerimientos de flujo luminoso por LED para el sistema de iluminación a diseñar.

Para seleccionar el fabricante de los LEDs se tienen dos opciones: LEDs de *OSRAM Semiconductors* y LEDs de *Cree*, los dos fueron escogidos por la facilidad de importación básicamente.

En la Tabla A2.2 se colocan diversos criterios de selección entre los dos fabricantes. De acuerdo a dicha tabla, *OSRAM* tiene la preferencia.

Tabla A2.2

<i>Fabricante</i>	<i>Cantidad de colores</i>	<i>Importación</i>	<i>Acceso a hojas de aplicación</i>	<i>Disponibilidad actual de LEDs</i>
<i>OSRAM</i>	Todos	Fácil	Buena	SI
<i>CREE</i>	Limitada	Fácil	Deficiente	NO

En la tabla A2.3 se hace una comparación entre LEDs de características similares de los dos fabricantes. Se observa que los LEDs de *CREE* consumen más corriente con similar flujo luminoso (eficiencia lumínica pobre) y además cuestan más.

Tabla A2.3 [33]

<i>LED</i>	<i>Color</i>	<i>Corriente</i>	<i>Voltaje</i>	<i>Flujo luminoso</i>	<i>Montaje</i>	<i>Ángulo de visión</i>	<i>Precio (*)</i>
<i>OSRAM Golden Dragon</i>	Rojo	400mA	2.2v	47lm	Superficial	120°	USD 3.14
<i>CREE XLAMP</i>	Rojo	700mA	2.3v	51.7lm	Superficial	130°	USD 4.85

\* Precio en Estados Unidos

- **CONCLUSIÓN:** Por tanto se escoge los *LEDs Golden Dragon* de **OSRAM Semiconductors**, para realizar todo el diseño de luminarias. Los motivos son los siguientes: menor precio, mayor eficiencia lumínica, mayor cantidad de colores y por la disponibilidad actual de los LEDs por parte de la sección de Electricidad y Electrónica de la PUCP.

Cabe mencionar que los LEDs *Golden Dragon* de *OSRAM* son dispositivos de alto rendimiento lumínico que se caracterizan por su alto grado de durabilidad

(aproximadamente 50000 horas – 6 años), presentan toda la gama de colores disponibles en tecnología LED. Tienen una baja resistencia térmica, además, pueden ser soldados por métodos convencionales y son usados para todo tipo de iluminación arquitectónica. Por otra parte la línea de LEDs *Golden Dragon* es la más comercial dentro del mercado de OSRAM Semiconductors. [30]

A continuación se hace el desarrollo del diseño de luminarias de todas las partes del logo.

**A). Letras superiores:**

Son las letras con el mensaje “ET LUX IN TENEBRIS LUCET”

**A.1) Requerimientos:**

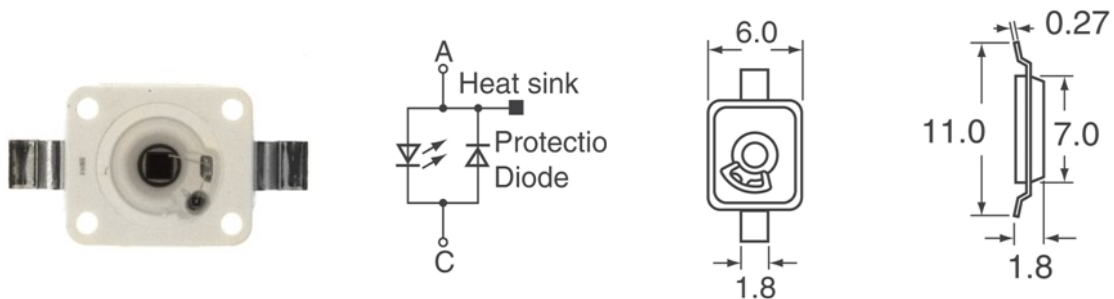
- Técnica de iluminación: Detrás de acrílicos en el plano de la base.
- Color y flujo de LEDs: Rojo 30 – 50lm.
- Cada letra es iluminada independientemente.

**A.2) LEDs:** Para la selección del LED se escogió el que tenga mayor eficiencia lumínica.

De esta manera se escogió el LED de la tabla A2.4. (Véase figura A2.3).

Tabla A2.4 [33]

LED	Color	Corriente	Voltaje	Flujo luminoso	Montaje	Angulo de visión	Eficiencia Lumínica
OSRAM Golden Dragon LR W5SM	Rojo	400mA	2.2v	47lm	Superficial	120°	60lm/w



Dimensiones en mm.

Figura A2.3. LED Golden Dragon rojo [29]

**A.3) Estructura de la luminaria:**

Para la estructura de la luminaria se tuvo en cuenta las tablas y recomendaciones presentadas en los catálogos de iluminación del sistema *Philips Affinium LED system* [22] [23] [24].

La tabla A2.5 muestra valores mínimos de ancho, altura y distancia entre LEDs de un canal de letra para iluminación detrás de acrílicos en el plano de la base. También se tiene en cuenta que los LEDs van ubicados en serie.

**Tabla A2.5 [22] [23]**

<b>Color</b>	<b>Flujo luminoso típico (en lumenes)</b>	<b>Ancho típico de letra (mm)</b>	<b>Altura de letra (Distancia de LED al acrílico en mm)</b>	<b>Distancia punto a punto (Distancia LED a LED en mm)</b>
<i>Rojo</i>	10 - 30 lm	150	80 100 120 140	65 80 90 100
	30 - 60 lm	170	140 160 180 200	90 120 150 175
<i>Ámbar</i>	10 - 30 lm	150	80 100 120 140	65 80 90 100
	30 - 60 lm	170	140 160 180 200	90 120 150 175
<i>Blancos</i>	10 - 30 lm	150	80 100 120 140	60 80 85 100
	30 - 60 lm	170	140 160 180 200	90 120 150 175

El criterio de diseño se basa en escoger un LED de un flujo luminoso considerable (como el elegido en la tabla A2.4), esto debido a que el sistema va a ser capaz de variar la intensidad luminosa de todos los LEDs y se podrá conseguir cualquier valor de flujo en cada parte del logo. Según la tabla A2.5 nos situamos entonces en la sección de flujo

luminoso de 30 a 60 lúmenes, luego elegimos la distancia entre los LEDs, la cual debería ser algo amplia para utilizar la menor cantidad de LEDs posible, pero al precio de que la altura de la letra sea mayor. Entonces elegimos una distancia de 150mm lo cual nos daría una altura de letra (distancia de LED a acrílico) de 180mm, además dichos valores nos dan la flexibilidad de trabajar con la intensidad del LED y la difuminación seguiría siendo buena. Cabe señalar que dichas dimensiones se aplican a todas las partes del logo.

Entonces dichas medidas se aplicarían a todas las letras superiores.

La figura A2.4 a muestra un ejemplo de letra en la cual se observa la colocación de los LEDs y las dimensiones de la estructura. La figura A2.4 b muestra la altura de la estructura en una sección recta de colocación de LEDs. Dichas medidas se basan en la determinación de dimensiones que se muestran en la Figura 3.3.(Capítulo 3)

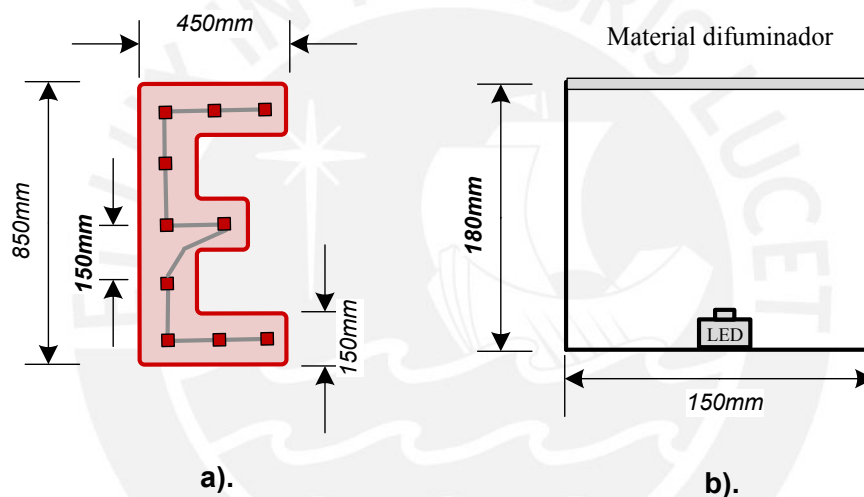


Figura A2.4. Dimensiones

## B). Franja roja inferior:

Franja ubicada en la parte inferior del logo de color rojo.

### B.1) Requerimientos:

- Técnica de iluminación: Detrás de acrílicos en el plano de la base.
- Color y flujo de LEDs: Rojo 30 – 50lm.

### B.2) LEDs:

Para la selección del LED se escogió el que tenga mayor eficiencia lumínica. Sería el mismo LED que para las letras superiores.

De esta manera se escogió el LED de la tabla A2.4.

### B.3) Estructura de la luminaria:

Para el diseño de la estructura se da la misma medida de distancia entre LEDs y el acrílico (180mm). Pero sólo se usan 3 filas LEDs en el ancho de la franja, esto para ahorrar LEDs, pero habrá que tener en consideración que los LEDs trabajen a toda su intensidad. El distanciado entre LEDs será de 175mm. Ver figura A2.5.

Para el distanciado entre filas se aplica la distribución 0.5S - S - S - 0.5S [23], que para nuestro caso S sería 280mm.

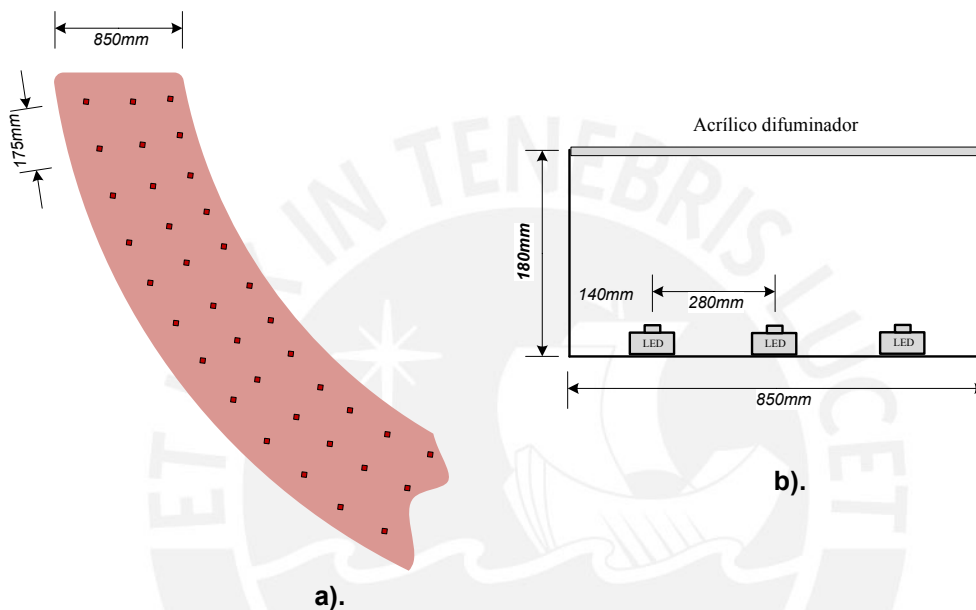


Figura A2.5. Dimensiones franja inferior

### C). Fondo del logo

El fondo está compuesto por el cielo y mar del logo. Para conseguir los colores negro (cielo) y azul (mar) se considera usar LEDs blancos y jugar con el color de los difuminadores para conseguir los colores deseados.

#### C.1) Requerimientos:

- Técnica de iluminación: Detrás de acrílicos en el plano de la base.
- Color y flujo LEDs: blanco 30 – 50lm.

**C.2) LEDs:** Para la selección del LED se escogió el que tenga mayor eficiencia lumínica, además que tenga un flujo luminoso alto y un ángulo de visión amplio, ya que para va servir para iluminar todo el fondo del logo.

El flujo luminoso se puede variar ya que se tiene la flexibilidad de variar la intensidad de luz de los LEDs.

De esta manera se escogió el LED de la tabla A2.6. (Ver figura A2.7).

Tabla A2.6

LED	Color	Corriente	Voltaje	Flujo luminoso	Montaje	Ángulo de visión	Eficiencia Lumínica
OSRAM Golden Dragon PLUS LW W5AM	Blanco	350mA	3.2v	75lm	Superficial	170°	63lm/w

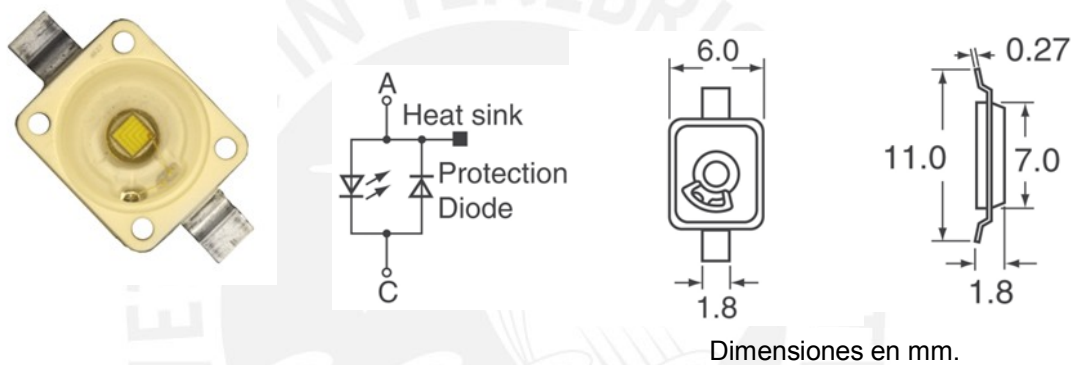


Figura A2.7. LED Golden Dragon PLUS blanco [29]

**C.3) Estructura de la luminaria:**

Para el diseño de la estructura se da la misma medida de distancia entre LEDs y el acrílico (180mm) que en los casos anteriores. En este caso los LEDs irían ubicados estratégicamente, tratando de ocupar todos los espacios posibles alrededor de las partes interiores del logo. El espaciado entre LED y LED sería de 175mm.

**D). Olas de mar:**

Las olas de mar son las tres curvas en forma de mar ubicadas en la mitad inferior del logo.

**D.1) Requerimientos:**

- Técnica de iluminación: Detrás de acrílicos en el plano de la base.
- Color y flujo LEDs: blanco 30 – 50lm.

- Estructuras independientes para cada ola.

**D.2) LEDs:** Para la selección del LED se escogió el que tenga mayor eficiencia lumínica,

El flujo luminoso se puede variar ya que se tiene la flexibilidad de variar la intensidad de luz de los LEDs.

De esta manera se escogió el LED de la tabla A2.6. Ver fig. A2.7.

### D.3) Estructura de la luminaria:

Para el diseño de la estructura se considera la técnica de iluminación en el plano de la base. Ver figura A2.8.

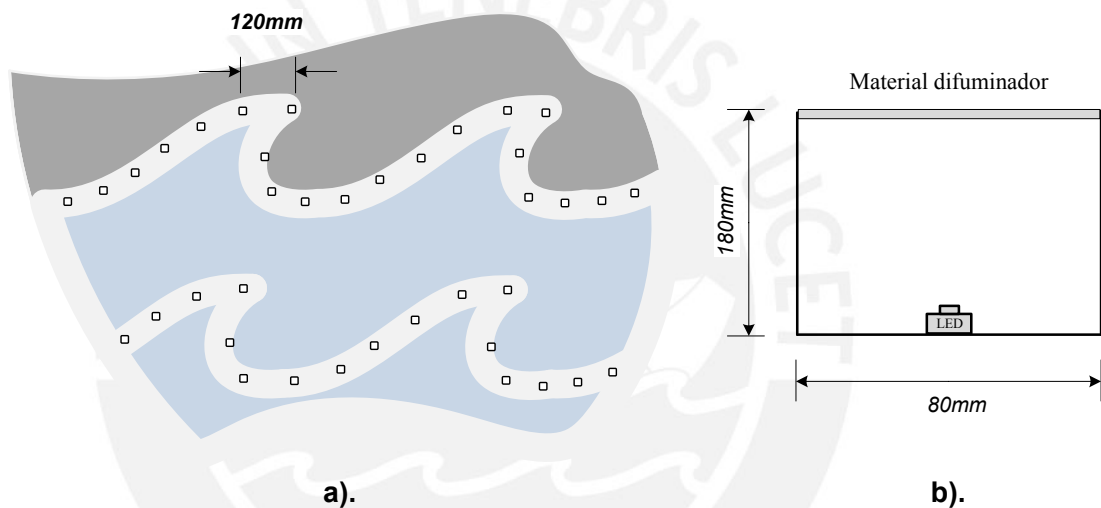
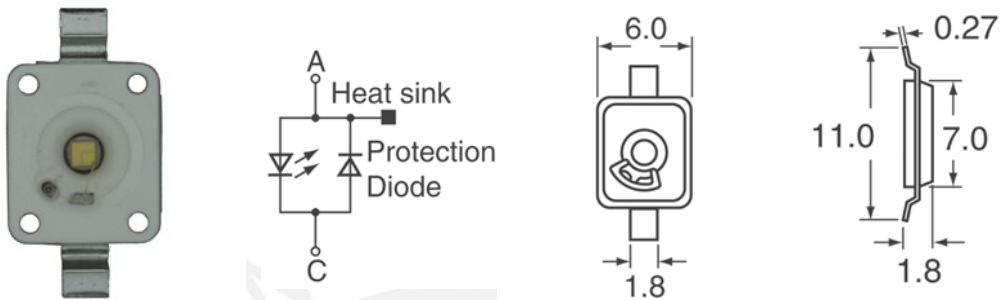


Figura A2.8. Dimensiones de las olas

Tabla A2.7

LED	Color	Corriente	Voltaje	Flujo luminoso	Montaje	Ángulo de visión	Eficiencia Lumínica
OSRAM Golden Dragon LCW W5SM	Blanco	350mA	3.2v	58lm	Superficial	120°	45lm/w



Dimensiones en mm.

Figura A2.9. LED Golden Dragon blanco [29]

**E). Velas y barco:**

Constituidas por el barco ámbar y las velas blancas.

**E.1) Requerimientos:**

- Técnica de iluminación: Detrás de acrílicos en el plano de la base.
- Color y flujo LEDs: ámbar 30 – 50lm.

**E.2) LEDs:** Para la selección del los LEDs se escogieron los que tengan mayor eficiencia lumínica.

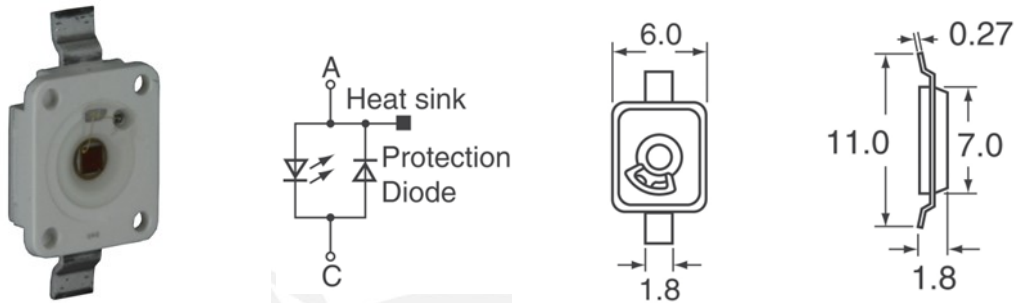
El flujo luminoso se puede variar ya que se tiene la flexibilidad de variar la intensidad de luz de los LEDs.

Para las velas se escogió el LED de la tabla A2.7 y figura A2.9.

Para el barco se escogió el LED de la tabla A2.8 y figura A2.10.

Tabla A2.8

LED	Color	Corriente	Voltaje	Flujo luminoso	Montaje	Ángulo de visión	Eficiencia Lumínica
OSRAM Golden Dragon LA W5SM	Ámbar	400mA	2.2v	55lm	Superficial	120°	74lm/w



Dimensiones en mm.

Figura A2.10. LED Golden Dragon ámbar [29]

**E.3) Estructura de la luminaria:**

La separación entre LEDs sería de 120mm, la altura de la estructura sería de 60mm y se colocan LEDs en todas las paredes de las superficies, esto debido a que las superficies son grandes. Ver figura A2.11.

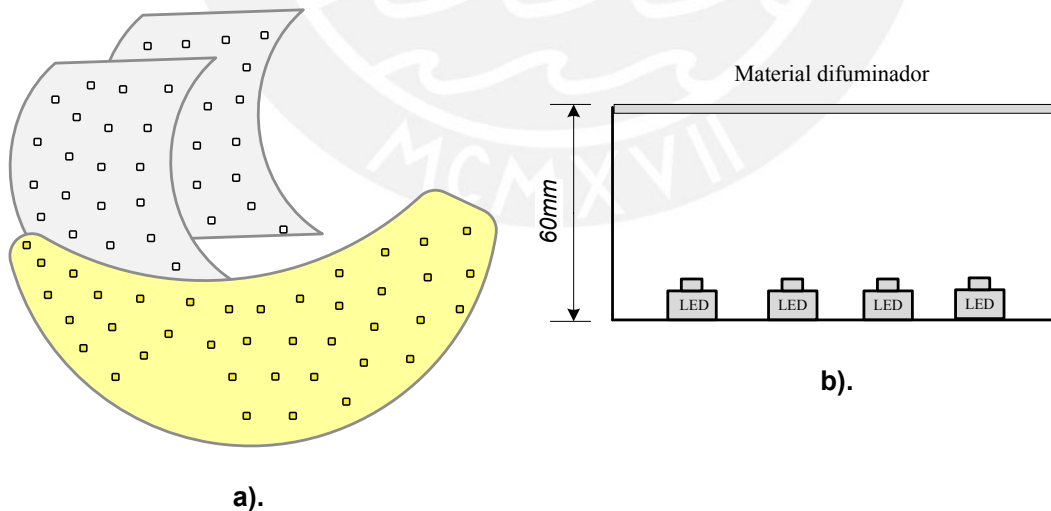


Figura A2.11. Dimensiones del barco y velas

**F). Letras inferiores:**

Son las letras de la franja roja inferior que dicen MCMXVII.

**F.1) Requerimientos:**

- Técnica de iluminación: Detrás de acrílicos en el plano de la base.
- Color y flujo LEDs: ámbar 30 – 50lm.

**F.2) LEDs:** Para la selección de los LEDs se escogieron los que tengan mayor eficiencia lumínica.

El flujo luminoso se puede variar ya que se tiene la flexibilidad de variar la intensidad de luz de los LEDs.

De esta manera se escogió el LED de la tabla A2.7. Ver fig. A2.9.

### **F.3) Estructura de la luminaria:**

La separación entre LEDs sería de 120mm, la altura de la estructura sería de 60mm.

### **G). Estrella - Reloj:**

Es la estrella del logo PUCP, pero que además puede dar la hora.

#### **G.1) Requerimientos:**

- Técnica de iluminación: Detrás de acrílicos en el plano de la base.
- Color y flujo LEDs: ámbar 30 – 50lm.
- Visualización de un reloj analógico.

**G.2) LEDs:** Para la selección de los LEDs se escogieron los que tengan mayor eficiencia lumínica.

El flujo luminoso se puede variar ya que se tiene la flexibilidad de variar la intensidad de luz de los LEDs.

Para el diseño del reloj se usa los mismos rayos de la estrella para que sirvan como manecillas del reloj. El horario se representa con todo un rayo encendido de color rojo y el minuterero con la mitad del rayo encendido de color rojo, entonces la resolución del reloj sería de 5 minutos. Habría entonces 12 manecillas, habría 4 horarios que compartirían su función (blanco y rojo) para generar el reloj y la estrella.

El objetivo de la estrella-reloj es conservar la estrella del logo tradicional pero que pueda servir como reloj analógico. Se daría la flexibilidad

adecuada para controlar todos los rayos de la estrella y todas las manecillas del reloj.

De esta manera se escogieron los LEDs de color blanco para la estrella de la tabla A2.7 (Ver fig. A2.9) y los LEDs, para las manecillas del reloj (color rojo), de la tabla A2.4, (Ver figura A2.3).

### G.3) Estructura de la luminaria:

Para conseguir el efecto dual de estrella-reloj, en algunos casos se colocan LEDs rojos y blancos en los mismos lugares. Entonces existen algunos rayos de la estrella original que sirven como manecillas del reloj. Luego, para iluminar cada minuterero se encienden 5 LEDs rojos (toda la manecilla), y para iluminar un horario, sólo se encenderían 3 LEDs. Ver figura A2.12 a.

La técnica de iluminación sería en el plano de la base de las estructuras y la distancia entre LEDs sería de 120mm y la altura de las estructuras de 180mm. Ver figura A2.12 b.

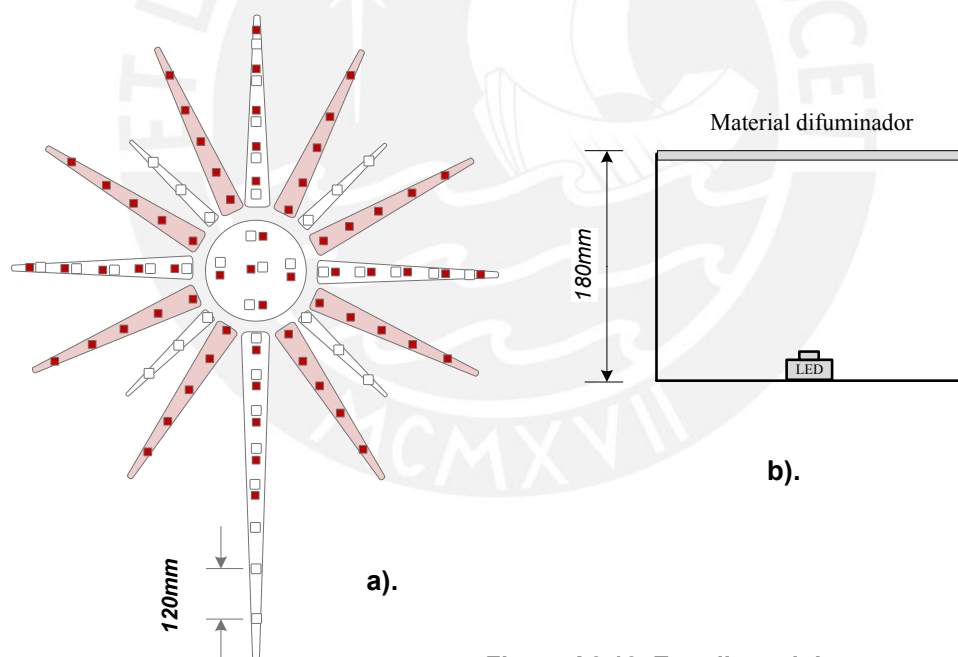


Figura A2.12. Estrella - reloj

La figura A2.13 a. muestra un ejemplo en de cómo se vería la estructura estrella-reloj, en la cual toda la estrella está iluminada y se puede visualizar una hora determinada.

La figura A2.13 b. muestra un ejemplo en el cual los rayos de la estrella sirven como manecillas del reloj.

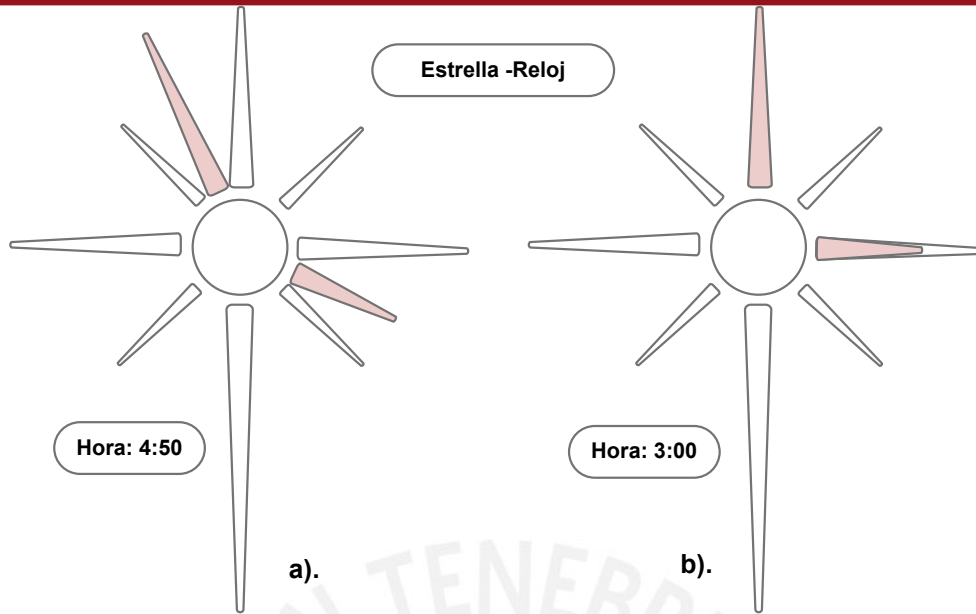
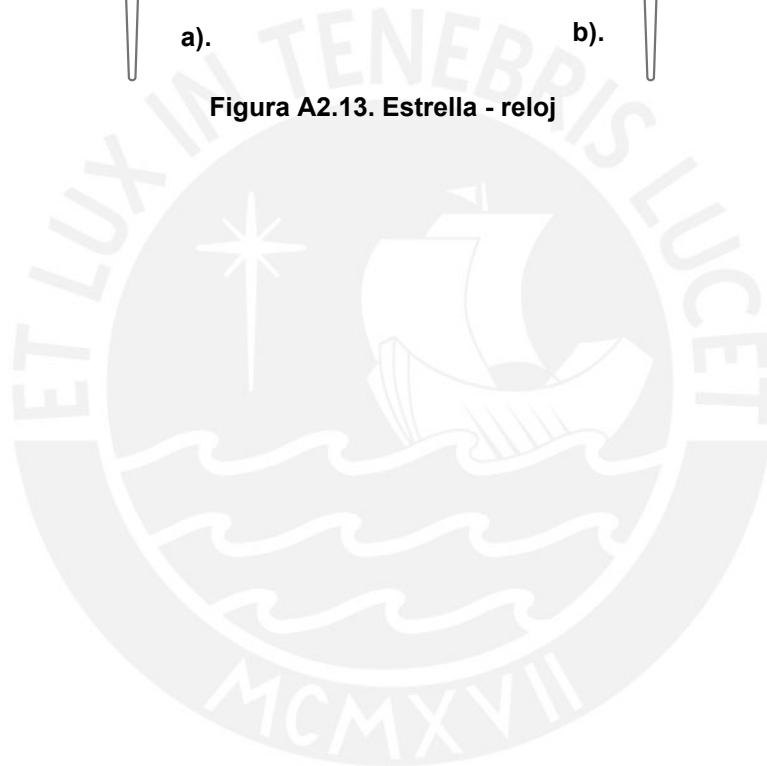


Figura A2.13. Estrella - reloj



#### A.4). Forma de Acoplo LED a estructura:

Los LEDs se soldarán a pequeñas tarjetas de baquelita o fibra de vidrio, además irán pegadas con silicona o entornilladas a una placa de aluminio (buen disipador) en la estructura. También las tarjetas tendrán dos conectores a los extremos para las conexiones entre cada tarjeta/LED y el driver. Ver Figura A2.14. En la tarjeta habrá un pequeño orificio que coincide con la parte trasera del LED por donde disipa calor, se colocará una crema disipadora entre el dicho orificio y el LED, la cual hace que haya contacto de disipación de calor entre el LED y la placa de aluminio. También se podría usar la técnica de disipación de calor mediante orificios como se ve en la figura A2.15

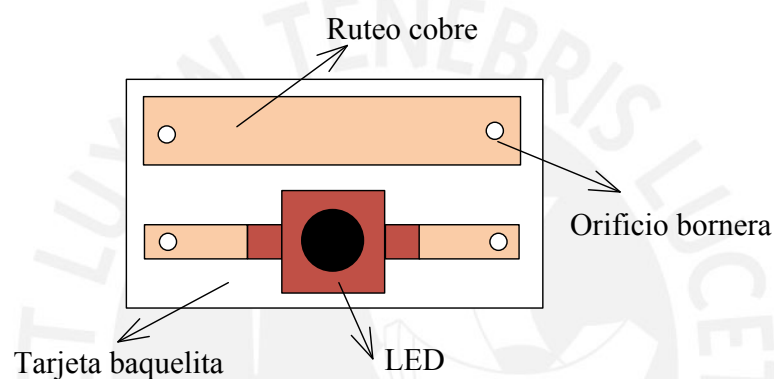


Figura A2.14 Tarjeta LED acople con aluminio.

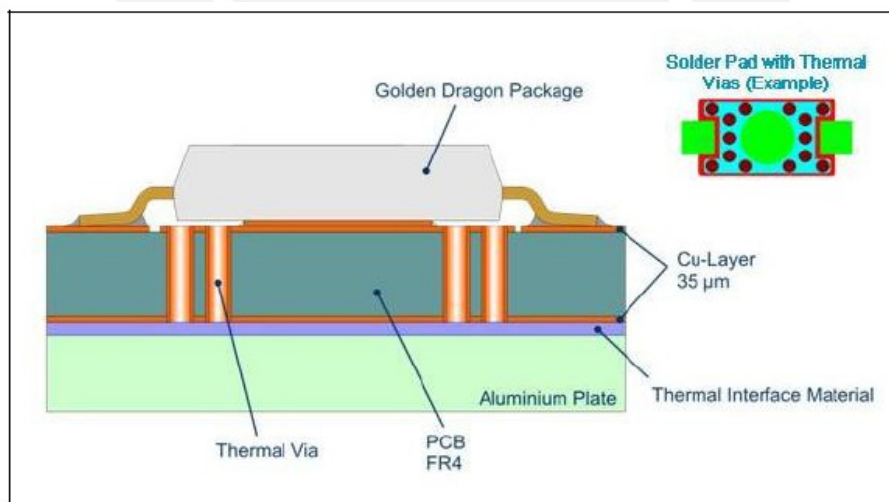


Figura A2.15 Disipación de calor. [25].

La figura A2.16 muestra la forma de acoplo con de LEDs en serie con las tarjetas y conectorizado correspondiente.

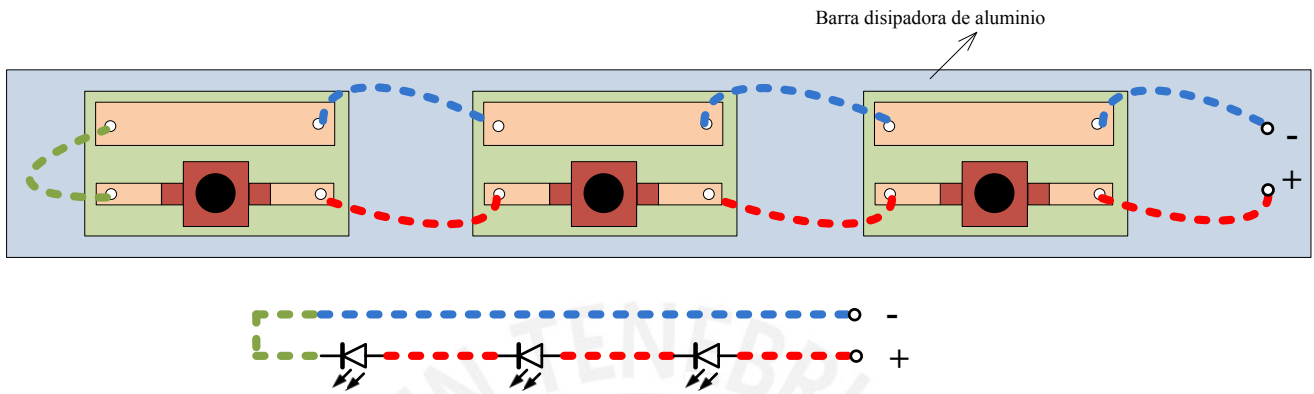


Figura A2.16 LEDs conectados en serie.

La figura A2.17 muestra dónde se tiene la mayor cantidad de calor que disipa el LED.

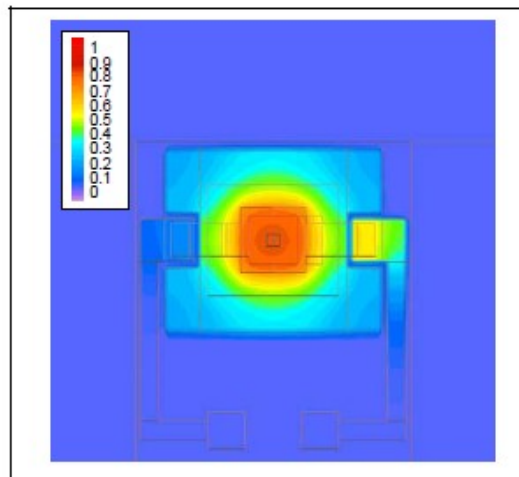
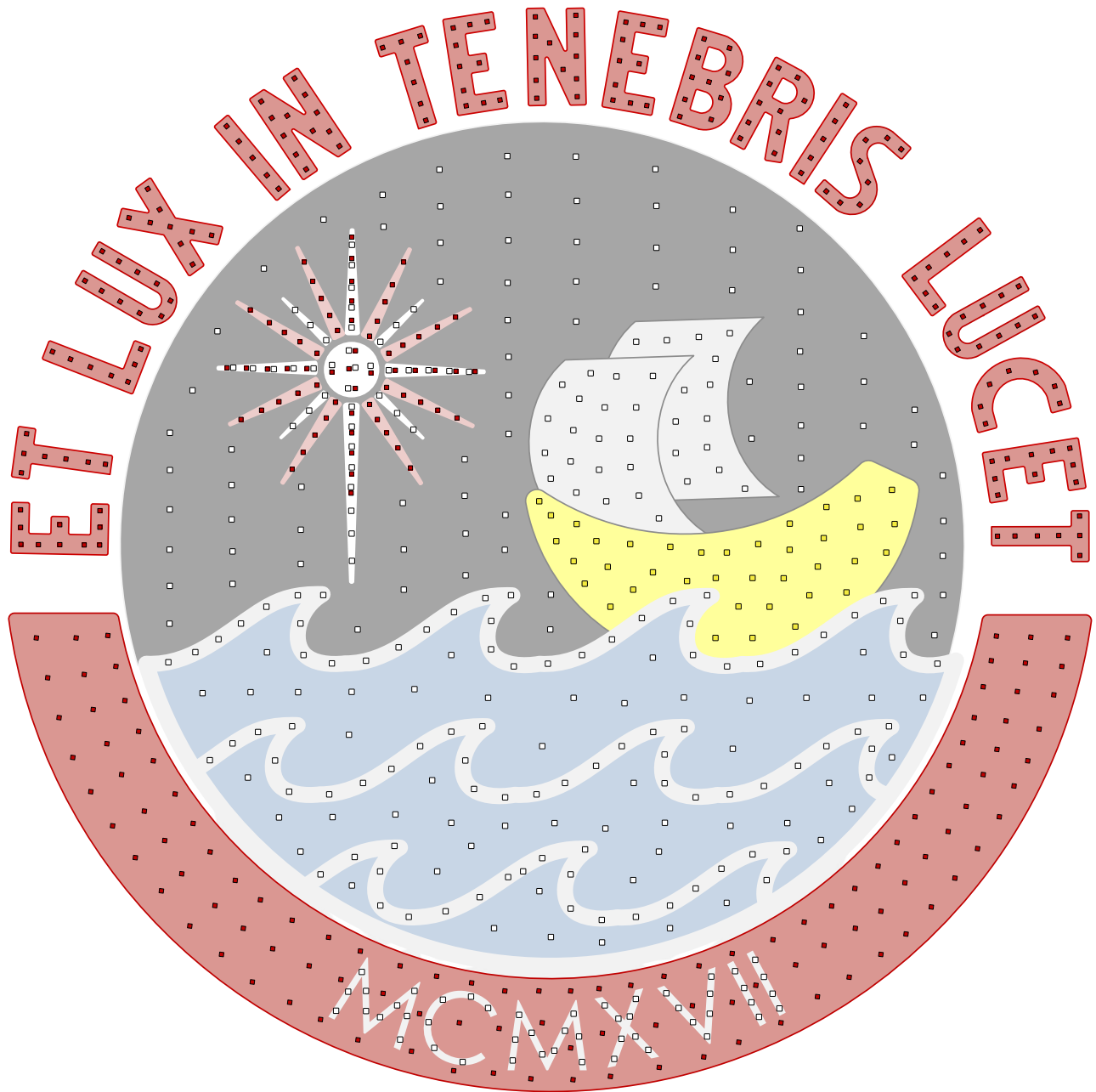


Figura A2.17 Calor disipado por el LED [25].

## **ANEXO 3**

### ***Plano de colocación de LEDs***



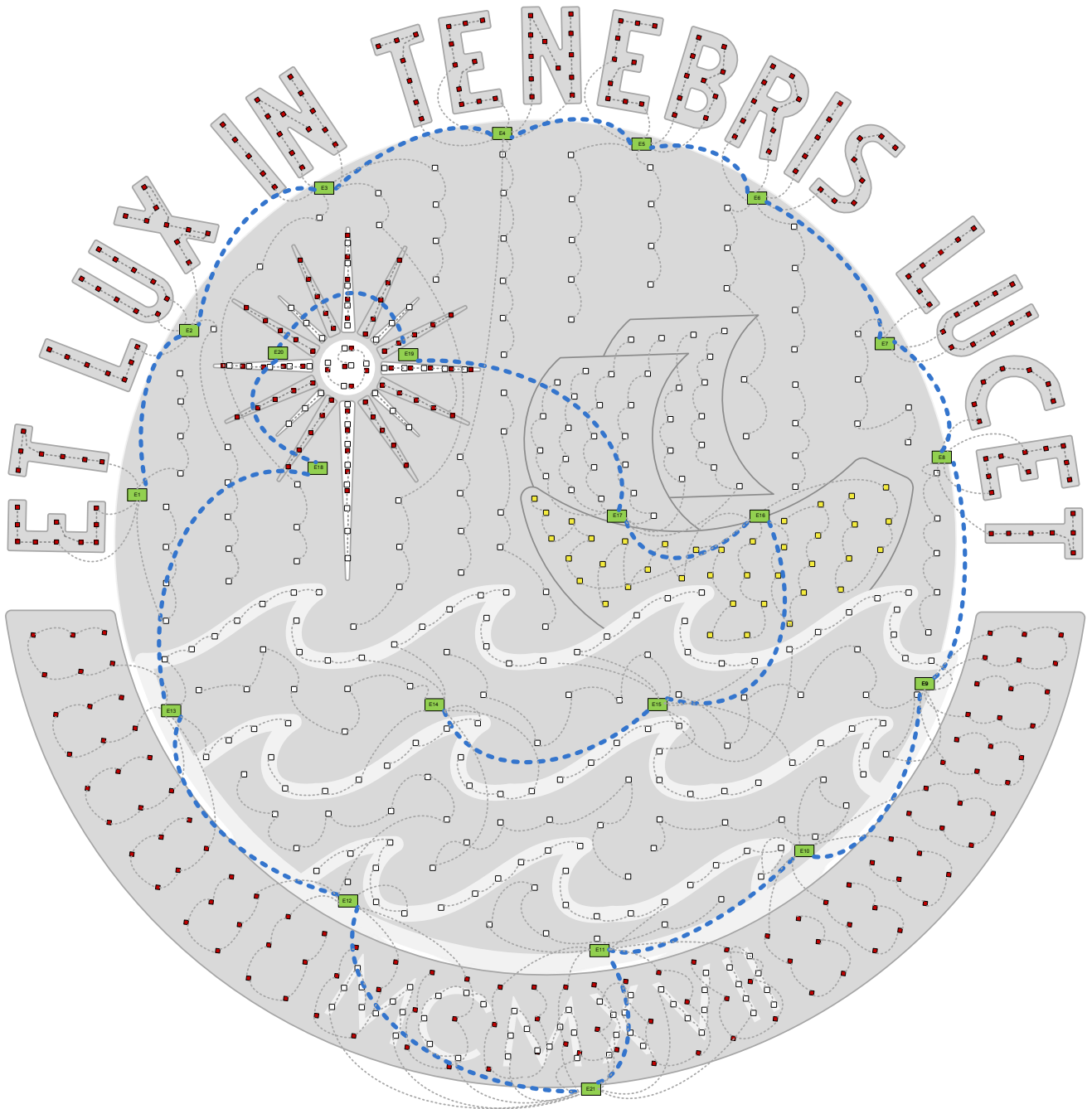


**LEYENDA**

- LED Golden Dragon rojo - OSRAM
- LED Golden Dragon PLUS blanco – OSRAM (fondo y mar)
- LED Golden Dragon blanco – OSRAM (Letras, olas, velas)
- LED Golden Dragon ámbar - OSRAM

## **ANEXO 4**

***Plano de instalación del cableado de LEDs y  
ubicaciones del módulo maestro y módulos  
esclavo***

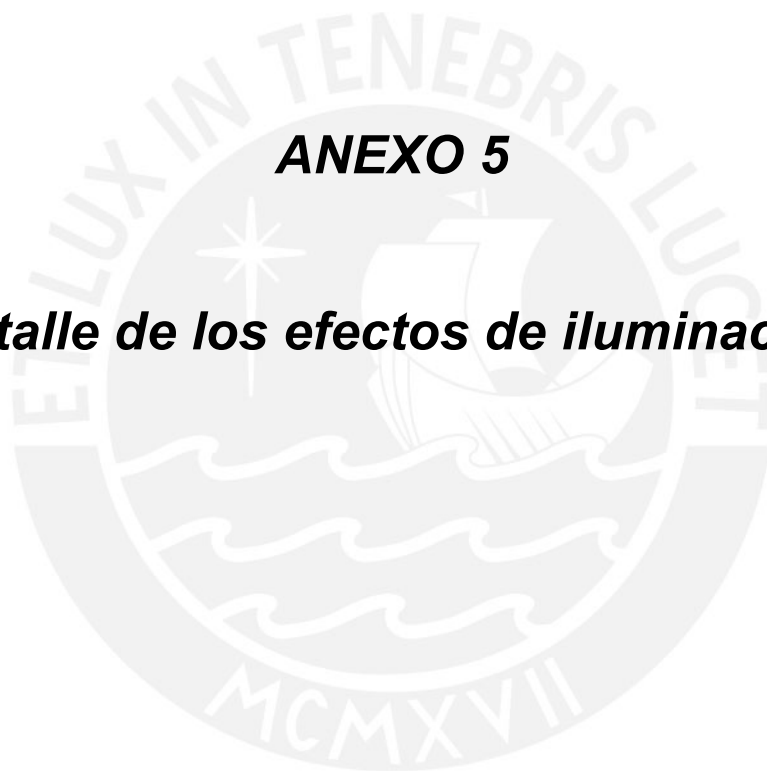


**LEYENDA**

- LED Golden Dragon rojo - OSRAM
- LED Golden Dragon PLUS blanco – OSRAM (fondo y mar)
- LED Golden Dragon blanco – OSRAM (Letras, olas, velas)
- LED Golden Dragon ámbar - OSRAM
- E21 Módulo esclavo número “n”
- Cableado vertical (Módulo esclavo - LEDs)
- Cableado horizontal (Bus de datos)

## **ANEXO 5**

### ***Detalle de los efectos de iluminación***



### 1. Efectos individuales:

1. Prendido progresivo de las letras ET LUX IN TENEBRIS LUCET de izquierda a derecha o al revés (jugando con la intensidad de luz, se prende y apaga gradualmente)  
E.....T.....L.....U.....X.....I.....N...etc.
2. Prendido progresivo de las letras ET LUX IN TENEBRIS LUCET pero palabra por palabra.  
ET.....LUX.....IN.....TENEBRIS.....LUCET.
3. Prendido progresivo de las letras MCMXVII de izquierda a derecha o al revés (jugando con la intensidad de luz, se prende y apaga gradualmente)  
M.....C.....M.....X.....V.....I.....I etc etc.  
También se prendería toda la palabra de golpe.
4. Prendido progresivo de la barra roja inferior en agrupaciones de 6 o 9 LEDS.  
También se prendería toda la barra de golpe.
5. Las olas del mar (son 3 olas). Cada ola se controla individualmente y están agrupadas en tramos, cada cresta de ola sería un tramo. Se prende progresivamente cada tramo de izquierda a derecha. También se podría prender toda la ola de golpe o todas las olas de golpe.
6. El barco y las velas. Se deberían prender por tramos de izquierda a derecha o también todo de golpe.
7. El fondo (mar y cielo) se puede prender por tramos verticales dependiendo de la ubicación de los LEDs. También se prendería todo el cielo o todo el mar y los dos a la vez.
8. La estrella y reloj. Se tiene control individual de cada rayo y de cada punta de reloj. Se puede prender toda la estrella de golpe y se puede visualizar una determinada hora.

La resolución del reloj es de cada 5min. El minuterero sería todo el rayo prendido y el horario solo la mitad.

**OBSERVACIONES:** Se puede variar la intensidad de todos los LEDs. Todos los encendidos y apagados tienen la posibilidad de ser graduales.

## 2. Efectos combinados:

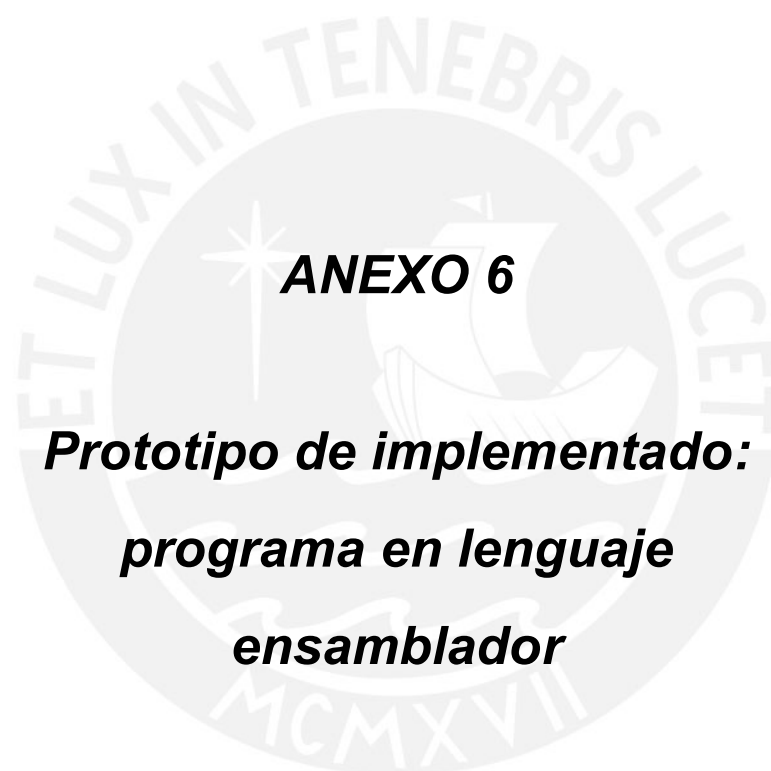
- a. Efecto 1 o 2 y 4 al mismo tiempo.  
Se prenden las letras MCMXVII.  
Se prende el fondo (cielo y mar).  
Efecto 5, se prenden progresivamente las olas, una a una o todas al mismo tiempo.  
Se prende el barco y velas (todo de golpe o por partes de izquierda a derecha).  
Se prende la estrella gradualmente.  
Se visualiza el reloj.
- b. Se prende todo el logo progresivamente de izquierda a derecha y luego se apaga de derecha a izquierda.
- c. Se prende todo el logo de golpe y se apaga de nuevo.
- d. Se prenden de golpe todas las letras ET LUX IN TENEBRIS LUCET, luego la franja de las letras MCMVXII luego las olas, luego el barco, luego la estrella y por último se prende el fondo.

**OBSERVACIONES:** Estos efectos son referenciales para demostrar la flexibilidad del diseño electrónico, es decir, se pueden modificar o crear otros efectos, todo depende de la parte de programación de en la parte de interfaz usuario-máquina (PC) que permita al usuario personalizar sus propios efectos programándolos en la computadora.

Algunas configuraciones que se pueden conseguir con el arreglo: Ver figura A5.1



Figura A5.1. Configuraciones con el arreglo



## **ANEXO 6**

***Prototipo de implementado:  
programa en lenguaje  
ensamblador***

## B). Programa en Assembler

```

.include "C:\VMLAB\include\m8def.inc"

; Varia PWM mediante un potenciometro y apaga y prende PWM con dos pulsadores
en int. externa
; Frecuencia PWM 300Hz.

.cseg
;*****
;*****          VECTORES DE INTERRUPCION          *****
;*****

.org $000
    rjmp inicio
.org $01
    rjmp Int_INT0    ; Vector del INT0
.org $02
    rjmp Int_INT1    ; Vector del INT1
.org $0E
    rjmp ADC_conversion    ; conversor analogo - digital
;*****
;*****          RUTINA INTERRUPCION   EXTERNA          *****
;*****
;***** Descripcion: Apaga la PWM (COM1A1 = 0)          *****
;***** Entrada: ninguna Salida: ninguna Reg Modif: ninguno *****
;*****
Int_INT0:    ; Apaga PWM

    push R16
    in R16,SREG
    push R16

    ldi r16,(0<<COM1A1|0<<COM1A0|1<<WGM11|0<<WGM10
    out TCCR1A,r16
    clr r16
    out portB,r16    ; pongo la senal en baja para asegurarme
    pop R16
    out SREG,R16
    pop R16
    reti
  
```

```

;*****
;*****          RUTINA INTERRUPCION   EXTERNA 1          *****
;***** Descripcion: Activa la PWM (COM1A1 = 1)          *****
;***** Entrada: ninguna Salida: ninguna Reg Modif: ninguno *****
;*****
;*****

Int_INT1: ; Activa PWM
    push  R16
    in    R16,SREG
    push  R16
    ldi   r16,(1<<COM1A1|0<<COM1A0|1<<WGM11|0<<WGM10)
    out   TCCR1A,r16
    pop   R16
    out   SREG,R16
    pop   R16
    reti

;*****
;*****          RUTINA INTERRUPCION   CONVERSION ADC      *****
;***** Descripcion: Esta RSI lee el valor de la conversión AD *****
;***** multiplica por 10 este valor para asignarlo al OCR1, *****
;***** modificando así el DUTYCYCLE de la onda *****
;***** Entrada: ninguna Salida: ninguna Reg Modif: ninguno *****
;*****
;*****

ADC_conversion:
    push  r0
    push  r1
    push  r16
    push  r17
    in    r16,SREG
    push  r16
    in    r16,ADCH
    ldi   r17,13 ; maximo 3333/256=13 Si: f=300hz T=3333us
    mul  r16,r17 ; parte baja en r0 y alta en r1
    out  OCR1AH,r1
    out  OCR1AL,r0
    pop  r16
    out  SREG,r16
    pop  r17
    pop  r16
    pop  r1

```

```

pop    r0
reti

;*****
;*****          CONFIGURACIÓN DE PUERTOS          *****
;*****
Config_puertos:
    push    r16
    ldi     r16,0          ; entrada analogica   PC0   potenciómetro
    out     DDRC,r16
    ldi     r16,$00       ;PD2 y PD3 entradas int_ext   pulsadores
    out     DDRD,r16
    ldi     r16,$FF      ;PBI salida   PWM
    out     DDRB,r16
    pop     r16
    ret

;*****
;***          CONFIGURACIÓN DE PWM          ****
;*** Esta subrutina configura los registros del TIMER1 para obtener onda ****
;*** con una frecuencia de 50Hz (20ms) y un DutyCycle inicial del 5% ****
;*****
ConfigPWM:
    push    r16
    ldi     r16,high(17)  ;duty cycle 5%, D=1ms=1 000us, OCR1A=999
    out     OCR1AH,r16
    ldi     r16,low(17)
    out     OCR1AL,r16
    ldi     r16,high(3332) ;periodo de la onda T=20ms=20 000us,
                        ICR1=19999
    out     ICR1H,r16
    ldi     r16,low(3332)
    out     ICR1L,r16

    ;configuro el generador de ondas del timer 1 en modo 14
    ;WGM3..0= 1110
    ;Salida solo en OC1A, en modo no invertido
    ;COM1A1..0= 10
    ;Preescalador 1:1
    ;CS12..10= 001
    ldi     r16,(0<<COM1A1|0<<COM1A0|1<<WGM11|0<<WGM10) ;
                        COM1A1 es el enable del PWM
    out     TCCR1A,r16
    ldi     r16,(1<<WGM13|1<<WGM12|0<<CS12|0<<CS11|1<<CS10)

```

```

    out    TCCR1B,r16
    pop    r16
    ret

;*****
;***          CONFIGURACIÓN DEL ADC:          ****
;*** Canal: 0, modo conversión: free running; Preescal: 8;      ****
;*** Ajuste de resultado:izquierda, Voltaje de referencia: AVCC ****
;*****
ConfigADC:
    push  r16
        ldi
r16, (0<<REFS1|1<<REFS0|1<<ADLAR|0<<MUX3|0<<MUX2|0<<MUX1|0<<MUX0)
        out    ADMUX,r16
        ;Se Habilita conversión en modo FreeRuning
        ;ADEN=1, ADSC=1 y ADFR=1
        ;Se Habilita interrupción por conversión completa del ADC
        ; ADIE= 1
        ;frecuencia del reloj del ADC 125KHZ, ya que el preescalador es 8
        ;ADPS2..0= 011
        ldi
r16, (1<<ADEN|1<<ADSC|1<<ADFR|0<<ADIF|1<<ADIE|0<<ADPS2|1<<ADPS1|1<<ADPS0)
        out    ADCSR,r16
    pop    r16
    ret

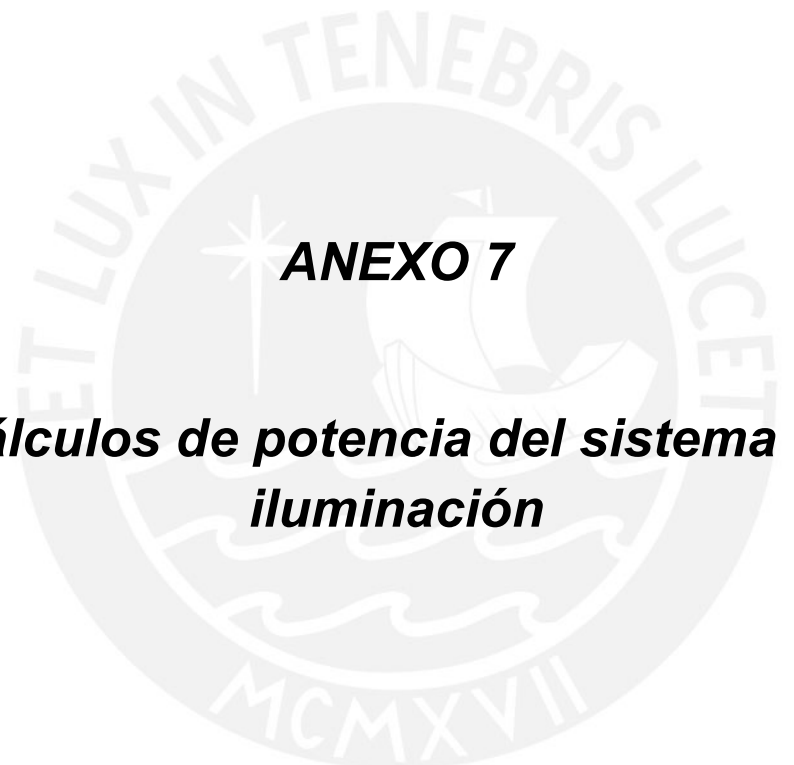
;*****
;*****          CONFIGURACION DE INT. EXT 1          ****
;***** Int0 (PD3), flanco de subida          ****
;*****
Config_INT1:
    push r16
        in      r16,MCUCR    ; Solicitud de Interrupción en flanco de
        ori    r16,$0C      ; subida
        out    MCUCR,r16
        in    r16,GICR      ; Habilitamos la interrupción externa 0
        ori    r16,$80
        out    GICR,r16
    pop r16
    ret

```

```

;*****
;*****      CONFIGURACION DE INT. EXT 0      *****
;*****  Int0 (PD2), flanco de subida          *****
;*****
Config_INT0:
    push r16
    in    r16,MCUCR    ; Solicitud de Interrupción en flanco de
    ori   r16,$03      ; subida
    out   MCUCR,r16
    in    r16,GICR     ; Habilitamos la interrupción externa 0
    ori   r16,$70
    out   GICR,r16
    pop   r16
    ret

;*****
;*****      PROGRAMA PRINCIPAL      *****
;*****
Inicio:
    ldi   r16,high(RAMEND)
    out   SPH,r16
    ldi   r16,low(RAMEND)
    out   SPL,r16
    rcall Config_Puertos
    rcall ConfigPWM
    rcall ConfigADC
    rcall Config_INT1
    rcall Config_INT0
    SEI   ;habilito interrupciones
lazo:
    rjmp lazo
  
```



**ANEXO 7**

***Cálculos de potencia del sistema de  
iluminación***

### Calculo de potencia de LEDs con convertidor Buck:

Para el cálculo de la potencia del sistema se tomaron en cuenta los arreglos de LEDs descritos en el Anexo 4. Tomando en consideración de los dos tipos de LEDs usados en el arreglo dependiendo de su caída de voltaje ( $V_F=2.2v$  o  $3.2v$ ), se estableció el consumo de potencia de todos los LEDs.

Asumimos que casi toda la potencia eléctrica es consumida por los LEDs y una pequeña parte (no despreciable) viene dada por el diodo interno del convertidor Buck (Potencia diodo: PD). Además asumimos que todas las demás pérdidas de potencia son despreciables, por ejemplo, la RDSS de los MOSFETS, la resistencia del inductor, la resistencia equivalente en serie de los capacitores, pérdidas en la conmutación, corrientes de fuga, etc.

Para el cálculo de la potencia se establecen las siguientes fórmulas (convertidor Buck): [4]

- *Potencia del arreglo de LEDs.*

$$P_o = V_o \cdot I_o \dots (1)$$

Donde:  $P_o$ : Potencia consumida por el arreglo de LEDs. (W)

$V_o$ : Voltaje de consumo del conjunto de LEDs (en serie). ( $V_F \times$  Número de LEDs)

$I_o$ : Corriente de consumo de LEDs en serie. (En nuestro caso 350mA)

- *Ciclo de trabajo del convertidor (D)*

$$D = \frac{V_o}{V_I} \dots (2)$$

Donde:  $V_o$ : Voltaje de consumo del conjunto de LEDs (en serie). ( $V_F \times$  Número de LEDs)

$V_I$ : Voltaje de entrada al convertidor *Buck* (En nuestro caso es 24V).

- *Potencia de entrada al driver:*

$$P_I = V_I \cdot I_I \dots (3)$$

Donde:  $P_I$ : Potencia consumida por el driver. (W)

$V_I$ : Voltaje de entrada al driver (En nuestro caso 24V).

$I_I$ : Corriente de consumo del driver (Corriente de entrada).

- Eficiencia del driver:

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \dots (4)$$

Donde:  $\eta$  : Eficiencia del convertidor. (Depende de la grafica del convertidor Buck en Fig. A7.1)

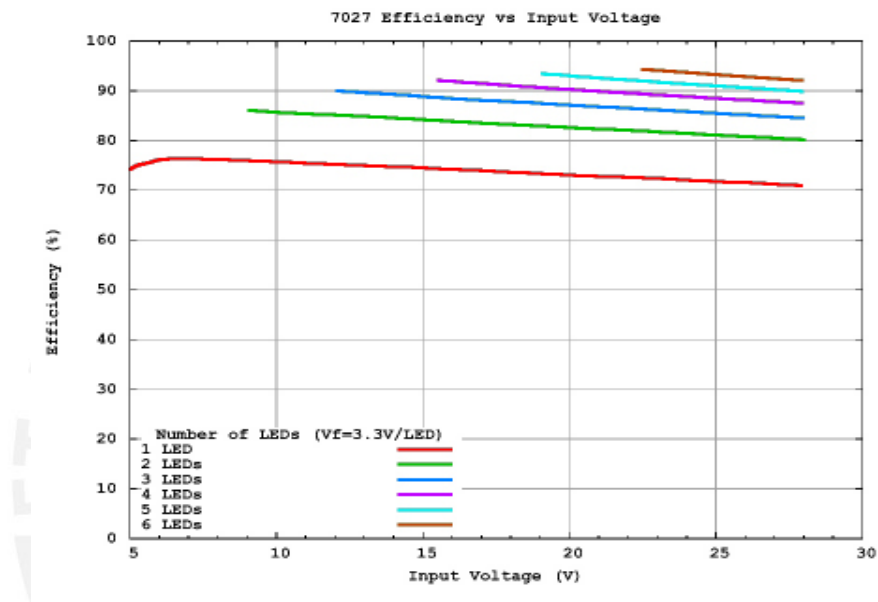


Figura A7.1. Gráfica de eficiencia Vs Voltaje entrada [32]

Para un mejor entendimiento del cálculo de potencia, ver el gráfico de la figura A7.1:

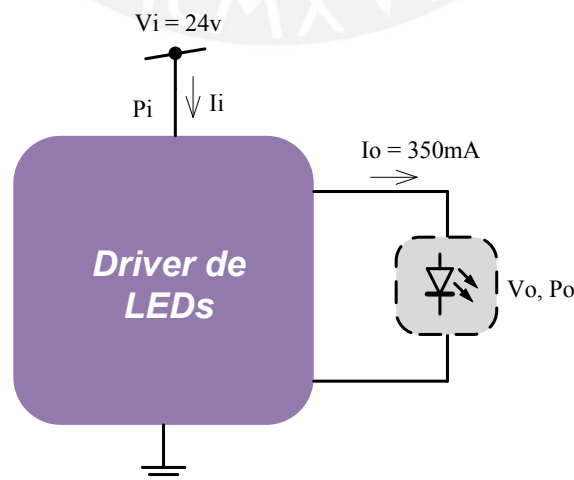


Figura A7.1. Parámetros eléctricos del driver.

Realizando el cálculo correspondiente se tienen los resultados de la Tabla A7.1. En la cual se tiene que el sistema tiene una potencia total en la cual se considera la potencia consumida por los LEDs y por los diodos internos del convertidor *Buck*.

Los resultados muestran un consumo total de 677 W. Habría que considerar también Tomado en consideración otros consumos de potencia como: microcontroladores, circuitos integrados, fuentes reguladoras, caídas de voltaje, resistencias, etc. Se tendría una corriente de consumo de 24A ( $677W / 24V$ ) con una fuente de 24V.

Por lo tanto los requerimientos mínimos de la fuente de alimentación son:

**677W @ 28 A con voltaje regulado de salida de 24V.**

Habría que considerar también un rango de sobredimensionamiento.



Tabla A7.1. Cálculo de potencia de todo el sistema

		Numero de arreglos	Vo(V) (Voltaje salida)	D (Duty cycle)	Eficiencia driver ( $\eta$ )	Po(W) (Potencia LEDs)	Pi(W) (Potencia Entrada)	Ii (A) (Corriente entrada)	Pc(W) (Potencia driver)	Por(W) (Pot. salida total arreglos)	Pir(W) (Pot. Entrada total arreglos)	Iir (A) (Corr. entrada total arreglos)	
VF = 2.2V	Arreglos 4 LEDs	10	8.8	0.37	0.83	3.08	3.71	0.15	0.63	30.80	37.11	1.55	
	Arreglos 5 LEDs	47	11	0.46	0.85	3.85	4.53	0.19	0.68	180.95	212.88	8.87	
	Arreglos 6 LEDs	26	13.2	0.55	0.87	4.62	5.31	0.22	0.69	120.12	138.07	5.75	
	Arreglos 7 LEDs	15	15.4	0.64	0.9	5.39	5.99	0.25	0.60	80.85	89.83	3.74	
	Arreglos 8 LEDs	6	17.6	0.73	0.93	6.16	6.62	0.28	0.46	36.96	39.74	1.66	
	Arreglos 9 LEDs	1	19.8	0.83	0.98	6.93	7.07	0.29	0.14	6.93	7.07	0.29	
VF = 3.2V	Arreglos 4 LEDs	7	12.8	0.53	0.88	4.48	5.09	0.21	0.61	31.36	35.64	1.48	
	Arreglos 5 LEDs	5	16	0.67	0.92	5.6	6.09	0.25	0.49	28.00	30.43	1.27	
	Arreglos 6 LEDs	12	19.2	0.80	0.94	6.72	7.15	0.30	0.43	80.64	85.79	3.57	
<b>Total LEDs:</b>		<b>718</b>											
<b>Total Drivers Buck</b>		<b>129</b>											
		Vi (V)	24										
		Io (A)	0.35										
										<b>Subtotales:</b>	596.61	<b>676.56</b>	<b>28.19</b>