

Three-Color Nautical Light based on Power LEDs

Students: Rafael Rodríguez Insunza, Javier Rodrigo Rodríguez

Advisers: Manuel Rico-Secades , Antonio Javier Calleja Rodríguez

Work Reference: WRE-2013-06

WRE - Workroom on Renewable Energy

Gijón Polytechnic Campus of Engineering (EPI Gijón)

Abstract

When night falls, navigate itself becomes dangerous, this makes it extremely necessary to use Navigation Lights that allow us to distinguish what kind of boat are spotting, size, maneuverability and also approximate the distance we encountered. In this paper we try to design the most efficient way possible tricolor lantern that includes green, red and white lights that indicate the positions starboard bow port and including circuit design, plates, sinks and other necessary circuitry the proper functioning of the device.

Objetivos

Cuando cae la noche, navegar se vuelve en sí mismo peligroso, esto hace extremadamente necesario el uso de LUCES DE NAVEGACIÓN que nos permitan diferenciar qué tipo de barco estamos divisando, su tamaño, su maniobra y también aproximar la distancia a la que nos encontramos.

En este trabajo trataremos de diseñar de la manera más eficiente posible un farol tricolor, que incluya las luces verde, roja y blanca que nos indican las posiciones de estribor, babor y proa incluyendo el diseño de circuitos, placas, disipadores y demás aparataje necesario para el correcto funcionamiento del dispositivo.

Keywords

Nautical Lights, LED, Buck converter

I - Introducción

Dependiendo del tipo de barco en el que nos encontremos, así como el valor de su eslora, el reglamento de navegación especifica la cantidad de luces, su colocación, su alcance y su color de tal manera que sea bien reconocido por el resto de embarcaciones que naveguen en su entorno.

En cualquiera caso, se distinguen tres tipos de embarcaciones en función de su eslora, los mayores de 50 metros, los menores de 12 metros y los que están entre ambas.

En cuanto al tipo de embarcación, se pueden distinguir hasta 9:

- De propulsión mecánica.
- Remolcando y empujando.
- De vela y de remo.
- De pesca.
- Sin gobierno o maniobra restringida.
- Restringidos por su calado.
- De Práctico.
- Fondeados y varados.
- Hidroaviones.

Estas luces de navegación han de cumplir las especificaciones que a continuación se propondrán en cualquier condición meteorológica desde el atardecer hasta el amanecer. Además en caso de condiciones climáticas desfavorables, estas luces deberán mantenerse encendidas también desde el amanecer hasta el atardecer.

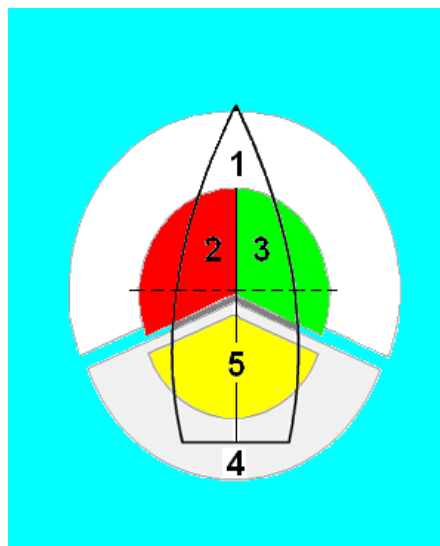


Figura 1.- Farol náutico tricolor

Existen seis tipos de luces:

- Luz de Tope (1): Luz blanca ininterrumpida colocada sobre el eje longitudinal con un arco de 225° que indica la proa del barco.
- Luz de Costado (2 y 3): Luz roja a babor y verde a estribor con un arco de $112,5^\circ$ fijadas desde el eje de proa hasta $22,5^\circ$ del eje trasversal.

- Luz de Alcance (4): Luz blanca colocada en la popa cubriendo los 135° para completar el círculo con las luces de costado.
- Luz de Remolque (5): Luz amarilla con las mismas características que la luz de costado.
- Luz Todo Horizonte: luz blanca que cubre un arco completo de 360°.
- Luz Centelleante: Se ilumina 120 veces por minuto, aunque depende del tipo de barco.

Visibilidad de las luces (en millas):

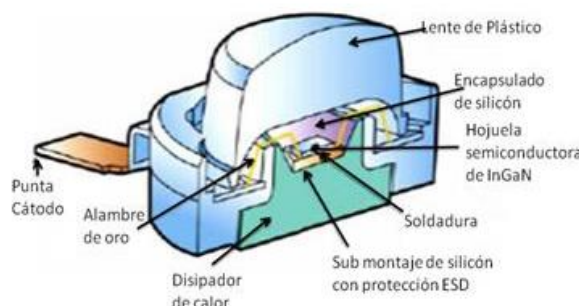
TIPO LUZ	< 12 m.	12 a 50 m.	> 50 m.
Tope	2	5 o 3 (< 20)	6
Costado	1	2	3
Alcance	2	2	3
Remolque	2	2	3
Horizonte	2	2	3

Nosotros nos centraremos en diseñar un farol que incluya ambas luces de costado y la luz de alcance en una sola unidad, para una embarcación de unos 20 metros de eslora, por lo que el alcance deberá ser de 2 millas cada una, aproximadamente 3.700 metros.

Necesitaremos un dispositivo que contenga una placa en las que se incluyan tres LEDs del color correspondiente en cada una, blancos, rojos y verdes, junto con sus disipadores.

II - LEDs de Alta Eficiencia

La anatomía de los LEDs de alta eficiencia sigue el siguiente esquema:



Frente a los LEDs tradicionales, los de alta eficiencia gozan de las siguientes ventajas frente a los primeros:

- Generan más luz debido al encapsulamiento de silicio que permite extraer mayor cantidad de luz y, de forma más general, a la anatomía exterior del LED. Están contruidos exteriormente para aprovechar al máximo la luminosidad en la dirección deseada.
- Mantienen su luminosidad durante mucho más tiempo. Lo cual se traduce en una mayor vida útil. Una bombilla deja de funcionar aproximadamente a las 1500 horas de uso. Con 3000 horas de uso, la luminosidad de los LEDs tradicionales desciende alrededor del 70%. Los LEDs de alta eficiencia mantienen un 98% de su luminosidad con 3600 horas, siendo un valor típico 50.000 horas para tener alrededor del 75% de su luminosidad.
- Tolerancia térmica mucho más alta, y por tanto un amplio rango de temperaturas de operación. Esto se debe a que poseen juntas preparadas para soportar densidades de corriente más altas.
- Luz blanca de mayor calidad debido a las mejoras en el diseño tanto externo como interno.
- Más respetuosos con el Medio Ambiente. Ahorran una considerable cantidad de energía para conseguir la misma luminosidad.

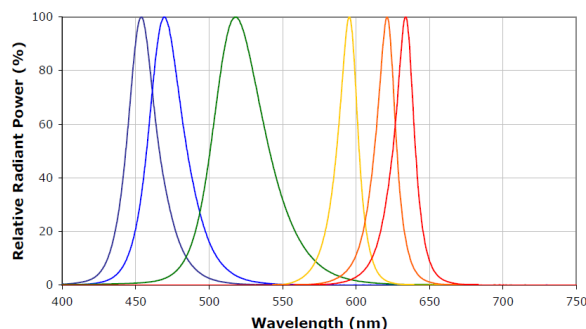
III - LEDs CREE XR-C Series

Usaremos los LEDs de la Serie XR-C de la empresa CREE, cuya gama dispone de los colores blanco, verde y rojo que necesitamos en este proyecto. Las características son las siguientes:

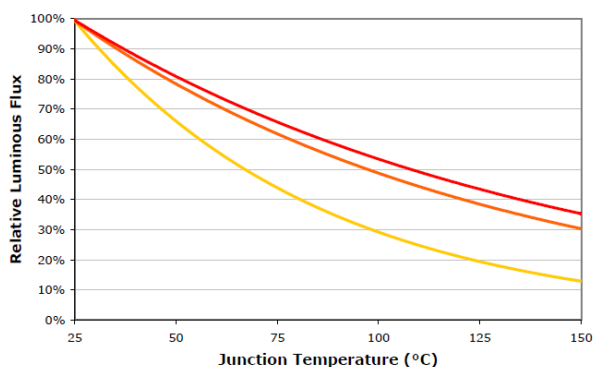
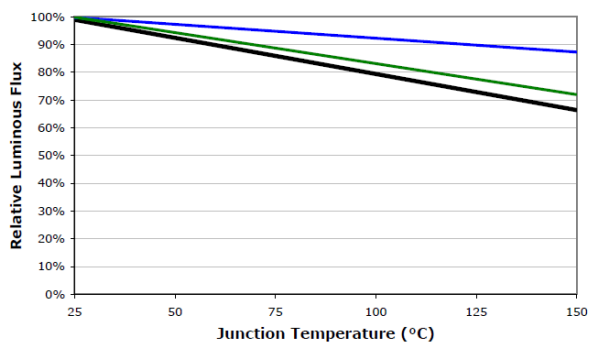
COLOR	LUMENS	LUX	V CODO	INTENS.
Blanco	87,4 lm	20 μ	3,5 V	350 mA
Verde	51,7 lm	12 μ	3,7 V	350 mA
Rojo	39,8 lm	12 μ	2,2 V	350 mA

En cuanto a las temperaturas de la unión, válidas para hacer el modelo térmico son de 12°C/W para el blanco y verde y de 15°C para el rojo. Para ambos la temperatura máxima es de 150°C en la unión, pero es recomendable que en ningún caso pase de los 70°C.

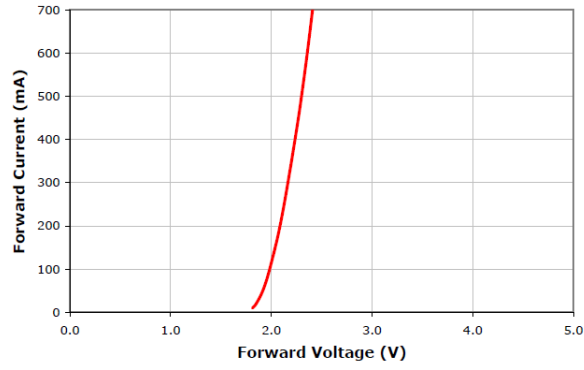
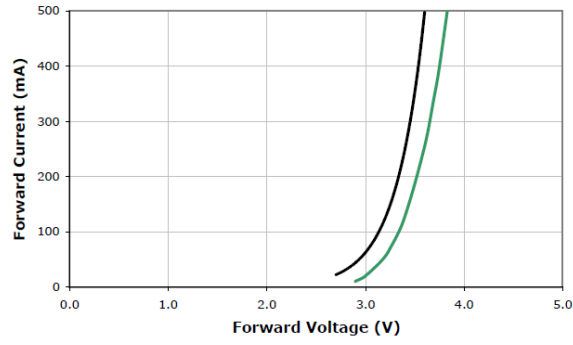
Gráfica que muestra las longitudes de onda dependiendo del color.



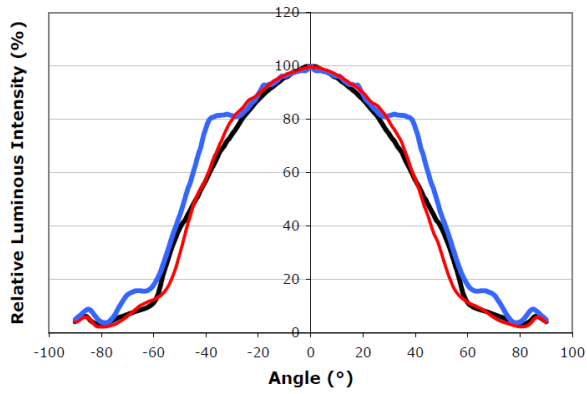
Gráficas que muestran el porcentaje de luminosidad con respecto del total en función del color y de la temperatura en la unión:



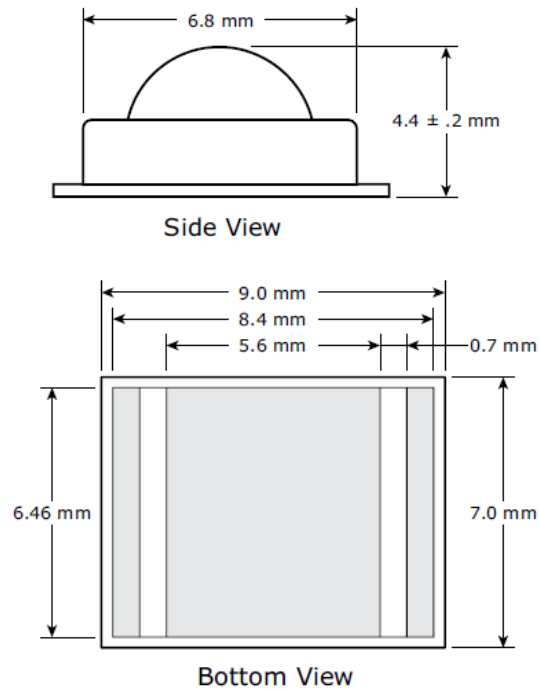
Gráficas que muestran la tensión del LED en función de la corriente que los atraviesa:



Gráfica de la Distribución Espacial, que representa la luminosidad según la angulación:

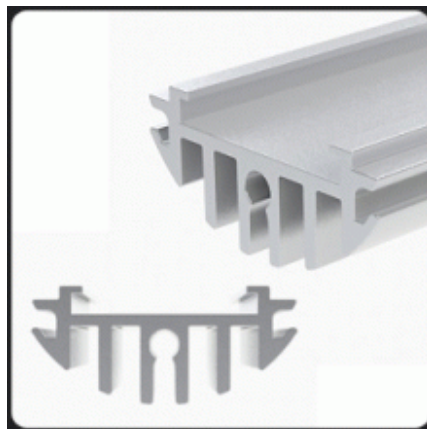


Dimensiones de cada LED:



IV - Disipador y Modelo Térmico

El disipador térmico que utilizaremos será en forma de perfil, de tal manera que quepa cada tira de LEDs en el mismo disipador.

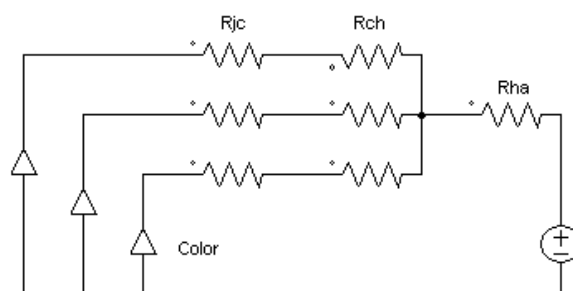


Este disipador tiene un ancho de 16 mm y el largo será definido por nosotros recortando el perfil obtenido.

LEDs Blancos y Verdes: 30 mm de largo

LEDs Rojos: 40 mm de largo.

A continuación se muestra el Modelo Térmico:



Esquema para representar el modelo térmico de los LEDs blancos y verdes, para los rojos habría que añadir un LED más formando 4 ramas.

R_{jc} – Resistencia entre unión y cápsula.

R_{ch} – Resistencia entre cápsula y disipador.

R_{ha} – Resistencia entre disipador y ambiente.

Tabla de Datos para cada color

COLOR	Valor R _{jc}	W	Nº LEDs
Blanco	12°C/W	1,225 W	3
Verde	12°C/W	1,295 W	3
Rojo	15°C/W	0,770 W	4

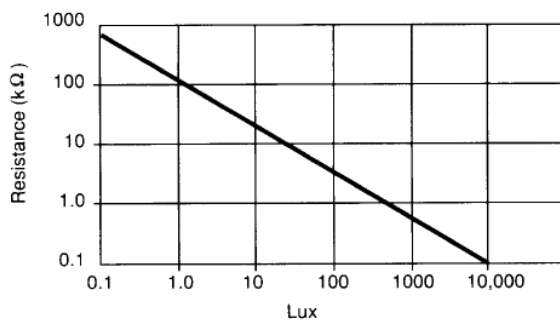
Tabla con el calor disipado en resistencias.

COLOR	R _{jc}	R _{ch}	R _{ha}	Total
Blanco	14,7°C	1,8°C	14,7°C	31,2°C
Verde	15,5°C	1,9°C	15,5°C	32,9°C
Rojo	11,6°C	1,2°C	12,3°C	25,1°C

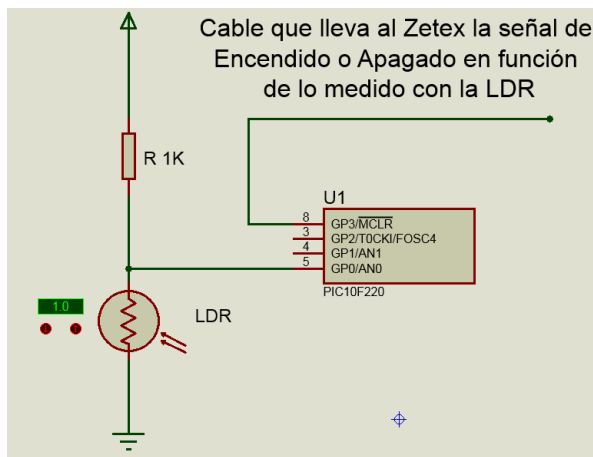
Si proponemos una temperatura ambiente máxima de 35°C, puesto que estamos al anochecer y la embarcación navegará por ambientes templados, sin hacerlo por las zonas de más calor estaríamos en disposición de afirmar que ninguno de los colores sobrepasaría los 70°C, en los que incluso los LEDs perderían eficiencia. Alcanzaríamos temperaturas de 68°C para los verdes, 66 para los blancos y 60 para los rojos.

V - LDR como Sensor de Luminosidad

Una LDR es un sensor que sirve para medir la luminosidad del ambiente. Lo utilizaremos para activar de manera automática las luces del barco en cuanto sea necesario. Aproximadamente, un atardecer o amanecer en día despejado, vierte unos 400 lux. A continuación se muestra una gráfica en la que observamos la variación de resistencia de la LDR en función de la cantidad de luz:

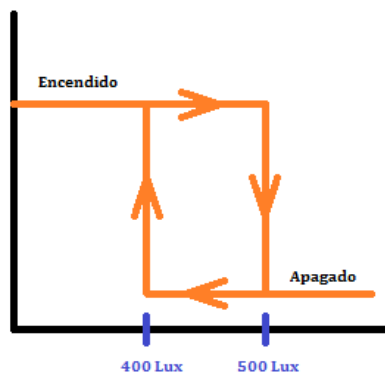


La LDR se conectará en serie con una resistencia de 1K, que será aproximadamente el valor que tenga a 400 lux. De esta manera la diferencia de potencial que se mida en la LDR se introducirá a un microcontrolador que después de realizar una conversión A/D nos obtenga el valor de la luminosidad.



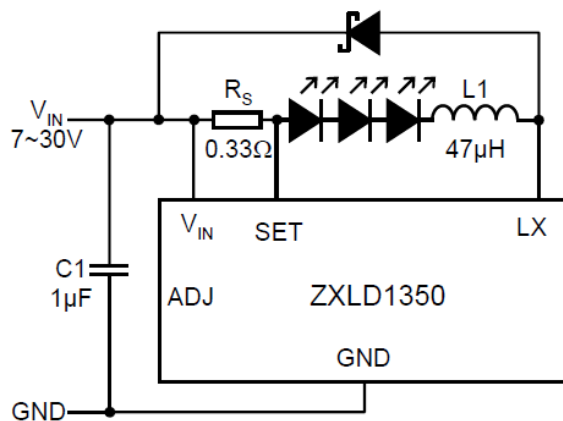
Se montarán dos LDR en la superficie de la placa, de tal manera que tendremos dos mediciones, teniendo así, resultados más fiables de la verdadera luminosidad existente. El precio aproximado de una unidad LDR es de 3\$, por lo que no es un gasto representativo.

En cuanto a la programación que ha de realizarse en el microcontrolador, es imprescindible hacer un patrón de histéresis de tal manera que la LDR se encienda, por ejemplo cuando la luminosidad sea menor de 400 Lux y se apague cuando sea mayor de 500 Lux, así mantenemos la referencia de los 400 Lux, momento en el que hay que encender las luces



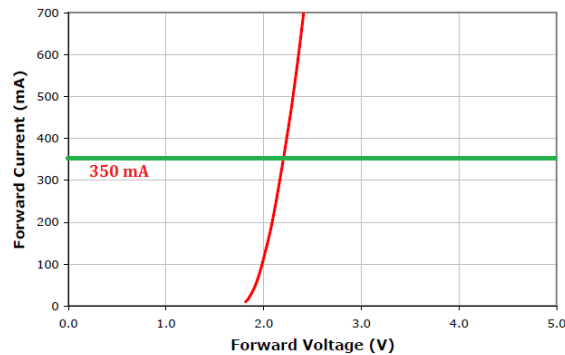
VI – Circuito de Control

Utilizaremos el integrado ZETEX ZXLD1350. Permite controlar la corriente que pasa por los LEDs, siendo exactamente 350 mA. Esto lo realiza a través de un sensor de corriente incluido en el propio integrado, además tiene una entrada en la que se puede dar la orden de encendido y apagado, la cual vendrá del PIC en el que hayamos hecho las mediciones de la LDR.



En esta imagen vemos como tendría que conectarse la tira de LEDs y cómo quedarían en el integrado. EL condensador que tenemos en paralelo tiene como único fin la eliminación del ruido.

Se usará uno de estos dispositivos para cada tira de LEDs, una de cada color.



Si nos centrásemos en la regulación en tensión, al calentarse los LEDs, la curva se desplazaría, por lo que al querer mantener una misma tensión, la corriente variaría, pudiendo llegar a quemar el dispositivo.

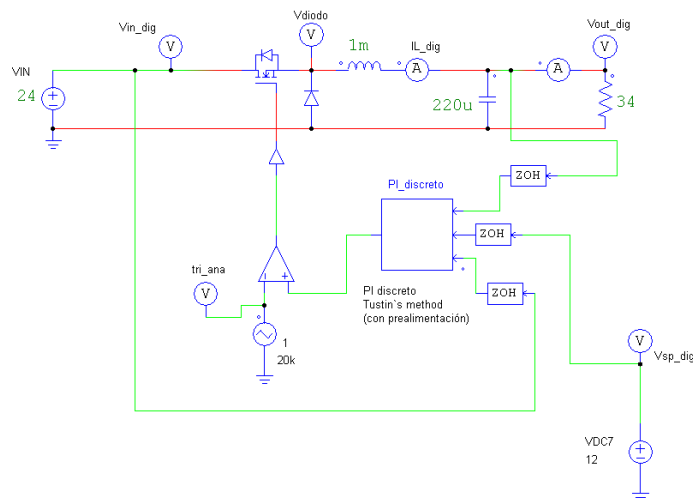
Dado que nuestros LEDs han de funcionar a una corriente de 350 mA, lo que se hará es una regulación en corriente, de manera que aun cambiando la tensión, nos aseguramos que la corriente permanece constante y por mucho que varíe esta tensión, hemos asegurado un margen para que aguanten todos los dispositivos.

VII – Topologías de Potencia

El integrado anteriormente mencionado funciona en sí mismo como reductor, de tal manera que con una tensión de entrada de entre 7 y 30 voltios, podemos obtener de él una salida de 12 voltios, necesarios para alimentar los LEDs.

Otras alternativas si no se dispone del ZETEX, serían las siguientes:

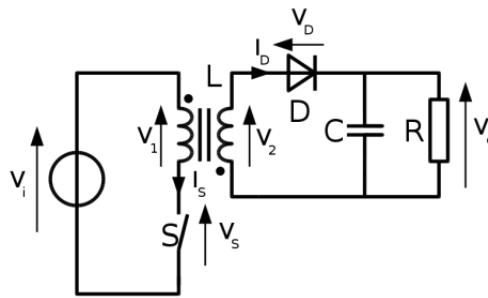
1.- Reductor 24V/12V para alimentar cada tira de LEDs



Lo que se realiza en este montaje es un reductor que transforma una entrada de 24 V de continua a 12 V de continua que además inyectan 350 mA, justo lo necesario para alimentar la tira de LEDs de cada color.

2.- Flyback a 36 voltios alimentando en serie los LEDs

El esquema representa un transformador que aumenta la tensión de 12 voltios a 36 voltios, de esta manera podríamos alimentar todos los LEDs en serie. El Interruptor podría ser sustituido por un MOSFET controlado a través de microcontrolador.



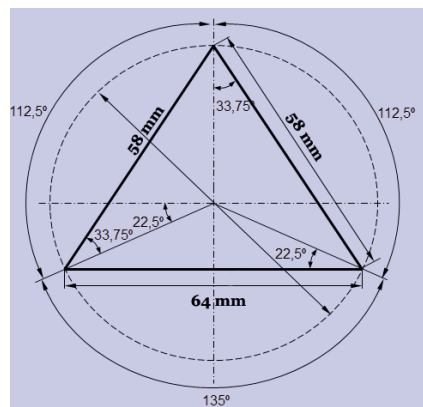
VIII – Diseño Conceptual

El diseño es una parte muy importante del proyecto, ya que para realizarlo tendremos que tener en cuenta varios factores clave. Por una parte habrá que cumplir con las medidas obligatorias que, en este caso nos dice el reglamento de navegación, y por otra habrá que tener en cuenta las medidas óptimas para que nos entren todos los componentes.

Nuestra placa tendrá una forma triangular, cuyos ángulos serán los descritos en el reglamento de navegación (135° para el color blanco y 112.5° para los colores rojo y verde).

En cuando a las longitudes de las aristas del triángulo, tendrán que ser como mínimo del tamaño de los disipadores, ya que son los componentes más grandes del sistema. Como el disipador más largo está en uno de los lados cortos del triángulo, nuestras longitudes serán 58mm para las aristas de los colores rojo y verde y de 64mm para el lado del color blanco.

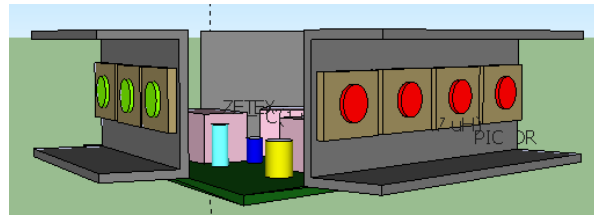
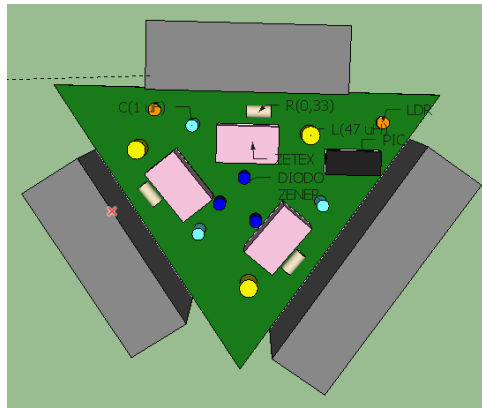
Con lo dicho, las medidas quedan representadas en el siguiente esquema:



La placa estará compuesta por tres grupos de componentes, uno por cada juego de LEDs, formados por un condensador de $1\mu\text{F}$, una resistencia de 0.33Ω , un diodo zener y un integrado ZETEX ZXLD1350 cada uno. Además habrá dos sensores de luminosidad (LDR) y un microprocesador para leer las señales de las LDR.

En cada arista del triángulo de la placa se colocará un disipador, donde irán colocadas cada tira de LEDs. En la zona del color rojo el disipador será de 40mm y en las otras dos serán de 30mm.

Con todo esto, el diseño sería algo así:



IX – Conclusión

Sistema de iluminación para barcos diseñado de tal manera que acoplado diferentes módulos podemos cubrir todas las necesidades de los diferentes tipos de barcos en función de su eslora, cubriendo así sus necesidades de alcance.

El gasto energético es mínimo, puesto que los LEDs apenas consumen 1 W cada uno, dado que tenemos 10 en el sistema, el consumo por hora no llega a la centésima parte de kWh. Además para un mejor maridaje con el medio ambiente, puede acoplarse el sistema a un panel solar del cual captar la energía.

X-Referencias