

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA LAS  
ZONAS DE ALMACÉN Y CONSERVACIÓN DE UN MUSEO  
DE ARQUEOLOGÍA**

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

**Victor Ricardo Zegarra Cuéllar**

**ANEXOS**

**ASESOR Laureano Rodríguez**

Lima, agosto del 2012

## INDICE

ANEXO 1 .....	1
Cálculos de lúmenes necesarios y cantidad de LEDs .....	1
ANEXO 2 .....	6
Cálculos de potencia requerida para cada ambiente.....	6
ANEXO 3 .....	10
Cálculos de componentes para el driver de LEDs.....	10
ANEXO 4 .....	13
Cálculos de eficiencia del driver de LEDs .....	13
ANEXO 5 .....	15
Cálculos potencia disipada en circuito de control.....	15
ANEXO 6 .....	17
Cálculos de sección del conductor y caída de tensión .....	17
ANEXO 7 .....	19
Cálculos de encendido de indicadores de iluminancia .....	19
ANEXO 8 .....	24
Cálculos del disipador para los LEDs de potencia .....	24
ANEXO 9 .....	26
Diagrama de flujo del programa implementado.....	26
ANEXO 10 .....	29
Programa en lenguaje ensamblador del módulo implementado.....	29

## ANEXO 1

# Cálculos de lúmenes necesarios y cantidad de LEDs

**Sala Conservación:**

Longitud = 8.54m = a

Ancho = 3.56m = b

Altura = 3.07m

Plano de trabajo = 0.8m, Alto desde el techo = 3.07 – 0.8 = 2.27m = h

Color de techo = blanco

Color de paredes = crema

Color de suelo = rojo oscuro

Iluminación media = 300 lux =  $E_m$ 

Flujo luminoso de la lámpara = 788 lumenes

**Cálculos:**

$$\text{Índice del local} = K = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{8.54 \times 3.56}{2.27 \times (8.54 + 3.56)} = 1.11$$

Factores de reflexión:

Techo = 0.5

Paredes = 0,3

Suelo = 0,1

Rendimiento del local = 0,84

Rendimiento de la luminaria = 0,85

Rendimiento de la iluminación = n = 0.84 X 0.85 = 0.71

Factor de conservación =  $f_c$  = 0,8 (previniendo buena conservación)

$$\text{Flujo luminoso total} = \frac{E_m \times a \times b}{n \times f_c} = 16057.60 \text{ lumenes}$$

$$\text{Número de puntos de luz} = \frac{16057.6}{788} = 20 \text{ puntos}$$

Los LEDs irán empotrados al techo, debido a esto los valores de  $h$  (distancia del plano de trabajo a la luminaria) y  $h'$  (distancia del plano de trabajo al techo) son los mismos.

Luego, la distancia de separación de los LEDs debe ser menor a:

$$d < 1,2h = 2.7\text{m}$$

### **Almacén primer sótano:**

Longitud = 11.7m =  $a$

Ancho = 8.59m =  $b$

Altura = 2.55m

Plano de trabajo = 1m, Alto desde el techo =  $2.55 - 1 = 1.55 = h$

Color de techo = blanco

Color de paredes = beige claro

Color de suelo = rojo oscuro

Iluminación media = 150 lux =  $E_m$

Flujo luminoso de la lámpara = 788 lúmenes

### **Cálculos:**

$$\text{Índice del local} = K = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{8.59 \times 11.7}{1.55 \times (8.59 + 11.7)} = 3.2$$

Factores de reflexión:

Techo = 0.5

Paredes = 0.3

Suelo = 0.1

Rendimiento del local = 0.96

Rendimiento de la luminaria = 0.85

Rendimiento de la iluminación =  $n = 0.96 \times 0.85 = 0.82$

Factor de conservación =  $fc = 0,8$  (previniendo buena conservación)

Flujo luminoso total =  $\frac{Em \times a \times b}{n \times fc} = 22980.87$

Número de puntos de luz =  $\frac{22980.87}{788} = 30$  puntos

Los LEDs irán empotrados al techo, debido a esto los valores de  $h$  (distancia del plano de trabajo a la luminaria) y  $h'$  (distancia del plano de trabajo al techo) son los mismos.

Luego, la distancia de separación de los LEDs debe ser menor a:

$d < 1,2h = 1.86m$

### **Almacén 2do piso:**

Longitud = 19.13m = a

Ancho = 5.41m = b

Altura = 3.07m

Plano de trabajo = 1m,      Alto desde el techo =  $3.07 - 1 = 2.07 = h$

Color de techo = blanco

Color de paredes = beige claro

Color de suelo = rojo oscuro

Iluminación media = 150 lux =  $E_m$

Flujo luminoso de la lámpara = 788 lúmenes

### **Cálculos:**

$$\text{Índice del local} = K = \frac{a \times b}{h \times (a+b)} = \frac{5.41 \times 19.13}{2.07 \times (5.41+19.13)} = 2.03$$

Factores de reflexión:

$$\text{Techo} = 0.5$$

$$\text{Paredes} = 0.3$$

$$\text{Suelo} = 0.1$$

$$\text{Rendimiento del local} = 0.94$$

$$\text{Rendimiento de la luminaria} = 0.85$$

$$\text{Rendimiento de la iluminación} = n = 0.94 \times 0.85 = 0.8$$

$$\text{Factor de conservación} = fc = 0,8 \text{ (previniendo buena conservación)}$$

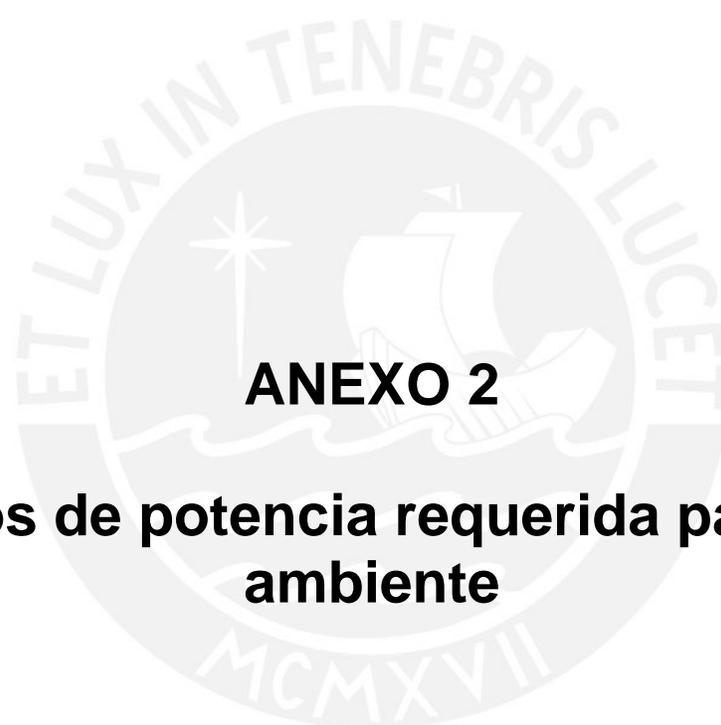
$$\text{Flujo luminoso total} = \frac{Em \times a \times b}{n \times fc} = 24256.24$$

$$\text{Número de puntos de luz} = \frac{24256.24}{788} = 30 \text{ puntos}$$

Los LEDs irán empotrados al techo, debido a esto los valores de h (distancia del plano de trabajo a la luminaria) y h' (distancia del plano de trabajo al techo) son los mismos.

Luego, la distancia de separación de los LEDs debe ser menor a:

$$d < 1,2h = 2.48\text{m}$$



## **ANEXO 2**

# **Cálculos de potencia requerida para cada ambiente**

### **Calculo potencia en sala conservación**

20 LEDs con  $V_f = 10.4v$

Arreglos de 2LEDs . Entonces se usarán 10 Arreglos

$V_{salida} = 21v$

Eficiencia driver 95% = 0.945

Potencia de 1 Arreglo =  $21v \times 1A = 21w$

Ventada Driver = 24v

Corriente entrada = 0.926A

Potencia entrada = 22.22w

Potencia disipada driver = 1.22w

Potencia arreglos totales (salida) = 210w

Potencia arreglos totales (entrada) = 222.22w

Corriente total arreglos (entrada) = 9.26A

Se necesita unos 250 -300w

### **Calculo potencia almacén primer sótano**

30 LEDs con  $V_f = 10.4v$

Arreglos de 2LEDs . Entonces se usarán 15 Arreglos

$V_{salida}$  de cada arreglo = 21v

Eficiencia driver 95% = 0.945

Potencia de 1 Arreglo =  $21v \times 1A = 21w$

Ventrada Driver = 24v

Corriente entrada = 0.926A

Potencia entrada = 22.22w

Potencia disipada driver = 1.22w

Potencia arreglos totales (salida) = 315w

Potencia arreglos totales (entrada) = 331.58w

Corriente total arreglos (entrada) = 13.82A

Se necesita unos 400w

### **Calculo potencia almacén segundo piso**

30 LEDs con  $V_f = 10.4v$

Arreglos de 2 LEDs . Entonces se usarán 15 Arreglos

Vsalida de cada arreglo = 21v

Eficiencia driver 95% = 0.945

Potencia de 1 Arreglo =  $21v \times 1A = 21w$

Ventrada Driver = 24v

Corriente entrada = 0.926A

Potencia entrada = 22.22w

Potencia disipada driver = 1.22w

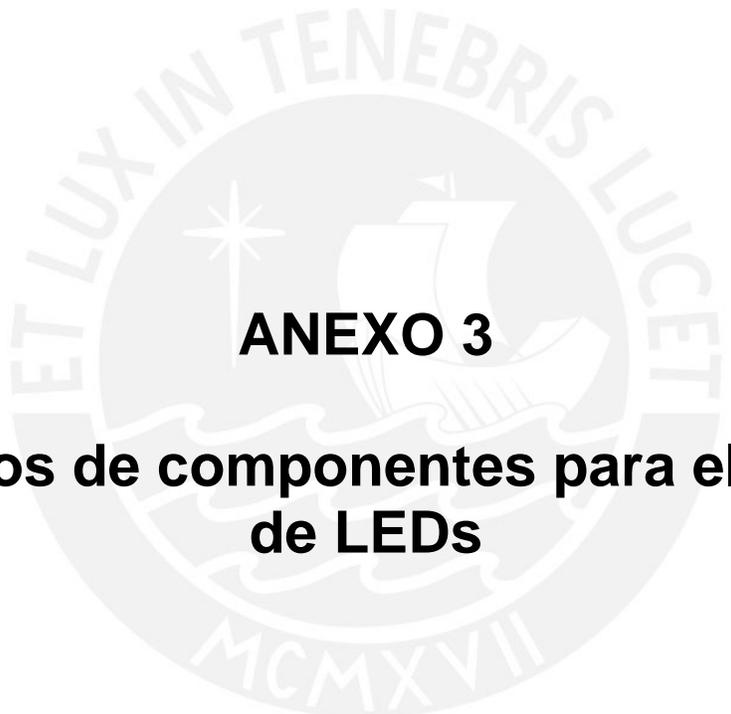
Potencia arreglos totales (salida) = 315w

Potencia arreglos totales (entrada) = 331.58w

Corriente total arreglos (entrada) = 13.82A

Se necesita unos 400w





**ANEXO 3**

**Cálculos de componentes para el driver  
de LEDs**

$$V_{in} = 24v$$

$$f_{sw} = 350kHz$$

$$I_f = 1A$$

$$V_{out} = 21$$

$$V_f led = 10.4v$$

$$R_{on} = \frac{V_{out}}{1.34 \times 10^{-10} \times f_{sw}} = \frac{21}{1.34 \times 10^{-10} \times 350 \times 10^3} = 0.45M\Omega$$

Resistencia más cercana con 1% de tolerancia es de **453 KΩ**

$$\rightarrow f_{sw} = \frac{21}{0.453 \times 10^6 \times 1.34 \times 10^{-10}} = 346kHz$$

$$t_{on} = \frac{1.34 \times 10^{-10} \times 0.453 \times 10^6}{24} = 2.53\mu s$$

$$\Delta i_L = 0.3 \times 1 = 0.3A$$

$$L_{min} = \frac{V_{in} - V_o}{\Delta i_L} \times t_{on} = \frac{24 - 21}{0.3} \times 2.53 \times 10^{-6} = 25.3\mu H$$

Se escogerá inductor **L1** de **68μH** y de 2A con eficiencia de 20%

$$\Delta i_L(typ) = \frac{24 - 21}{68 \times 10^{-6}} \times 2.53 \times 10^{-6} = 112mApp$$

$$\Delta i_L(min) = \frac{24 - 21}{81.6 \times 10^{-6}} \times 2.53 \times 10^{-6} = 93mApp$$

$$\Delta i_L(max) = \frac{24 - 21}{54.4 \times 10^{-6}} \times 2.53 \times 10^{-6} = 140mApp$$

$$i_L(peak) = 1 + 0.5 \times (0.140) = 1.07A$$

$$\Delta i_L(LED\ short) = \frac{24 - 0.2}{54.4 \times 10^{-6}} \times 2.53 \times 10^{-6} = 1.11App$$

$$i_L(peak) = 1 + 0.5 \times (1.11) = 1.56A$$

Se tomará un LED ripple Current del 10% de  $I_f$ . Unos 100mApp.

Para 2 LEDs  $r_D = 2\Omega$

$$Z_c = \frac{\Delta i_f}{\Delta i_L - \Delta i_f} \times r_D = \frac{0.1}{0.140 - 0.1} \times 2 = 5\Omega$$

$$C_o = \frac{1}{2 \times \pi \times 5 \times 346 \times 10^3} = 0.09 \mu F$$

Se escogerá  $C_o = 0.1 \mu F$  con 10% de tolerancia.

Tomando un  $t_{sns} = 220ns$ .

$$R_{sns} = \frac{0.2 \times L}{i_F \times L + V_o \times t_{sns} - \frac{V_{in} - V_o}{2} \times t_{on}} = \frac{0.2 \times 68 \times 10^{-6}}{1 \times 68 \times 10^{-6} + 21 \times 220 \times 10^{-9} - \frac{24 - 21}{2} \times 2.53 \times 10^{-6}} = 0.2 \Omega$$

Se escogerá  $R_{sns}$  de  $0.2 \Omega$  y  $\frac{1}{4} W$

$$i_F = \frac{0.2}{R_{sns}} - \frac{V_o \times t_{sns}}{L} + \frac{\Delta i_L(t_{yp})}{2} = \frac{0.2}{0.2} - \frac{21 \times 220 \times 10^{-9}}{68 \times 10^{-6}} + \frac{0.112}{2} = 0.99 A$$

Luego, tomando el 2% de los 24v de entrada, se tiene 0.48v

$$C_{in} = \frac{1 \times 2.53 \times 10^{-6}}{0.48} = 5.27 \mu F$$

$$D = \frac{21}{24} = 0.875$$

$$i_{in - rms} = 1 \times \text{Sqrt}(0.875 \times 0.125) = 331 mA$$

Se utilizará un  $C_{in}$  de  $10 \mu F$  de 50v para mayor seguridad.

$$I_D = 0.99 \times 0.125 = 124 mA$$

Se utilizará un diodo Schottky mayor a 24V de 2A => **D1** de 40V y 2A

$$P_D = 0.124 \times 0.3 = 37.5 mW$$

$$T_{rise} = 0.0375 \times 75 = 2.81 ^\circ C$$

Finalmente, se utilizarán los siguientes valores para el CB y el CF

**CB = 10nF** a 25V X7R y 10% y **CF = 100nF** a 25V X7R y 10%

$C_{in} = 10 \mu F$  y 50V

$C_f = 100 nF$  25V 10% X7R

$C_o = 0.1 \mu F$  y 50V

$R_{on} = 0.453 M\Omega$  y 1%

**D1 = 40V** y 2A

$R_{sns} = 0.2 \Omega$   $\frac{1}{4} W$

$C_b = 10 nF$  25V 10% X7R

$L_1 = 68 \mu H$  2A y 20%

## ANEXO 4

# Cálculos de eficiencia del driver de LEDs

### Cálculos eficiencia LM3404

$$P_o = 1 \times 21 = 21W$$

$$P_c = I_f^2 \times R_{dson} \times D = 1 \times 0.8 \times 0.875 = 0.7W$$

$$P_g = (I_{in - op} + f_{sw} \times Q_g) \times V_{in} = (600 \times 10^{-6} + 350 \times 10^3 \times 6 \times 10^{-9}) \times 24 = 0.0648W$$

$$P_s = 0.5 \times V_{in} \times I_f \times (t_r + t_f) \times f_{sw} = 0.5 \times 24 \times 1 \times (40 \times 10^{-9}) \times 350 \times 10^3 = 0.168W$$

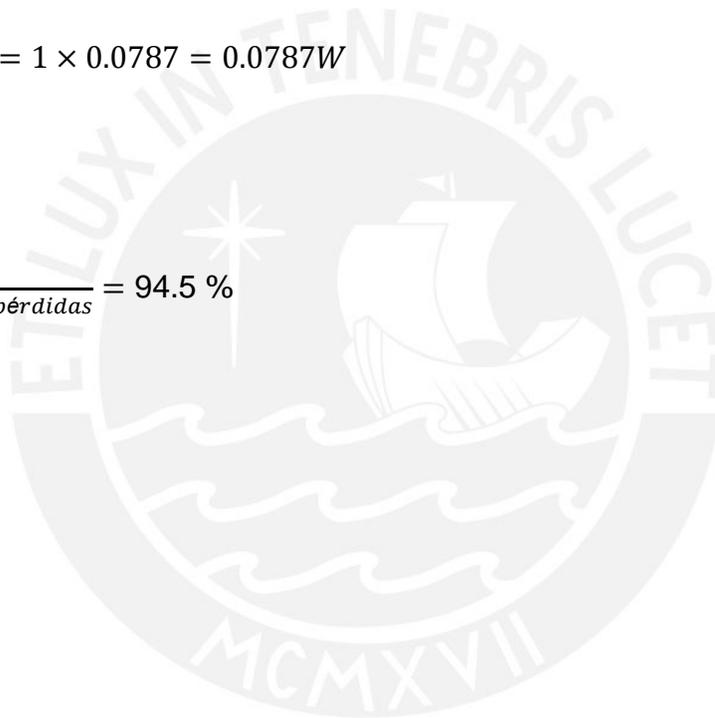
$$P_{cin} = I_{in - rms}^2 \times ESR = 0.331^2 \times 0.003 = 0.33mW$$

$$P_l = I_f^2 \times DCR = 1 \times 0.0787 = 0.0787W$$

$$P_d = 37.7mW$$

$$P_{sns} = 0.162W$$

$$n = \frac{P_o}{P_o + \text{Suma de pérdidas}} = 94.5 \%$$



## ANEXO 5

# Cálculos potencia disipada en circuito de control

Consumo 3 LEDs indicadores: 3mA

Consumo Atmega48A: 1mA

Consumo salidas PWM: 3.6mA

$\Sigma$  Corrientes = 13.6mA

### **Potencia disipada LM7805:**

$I_q = 8\text{mA}$

Voltaje salida: 5V, Corriente salida: 13.6mA

Voltaje entrada: 15V, Corriente entrada: 21.6mA

Potencia disipada:  $0.324\text{W} - 0.068\text{W} = 0.256\text{W}$

### **Potencia disipada LM7815:**

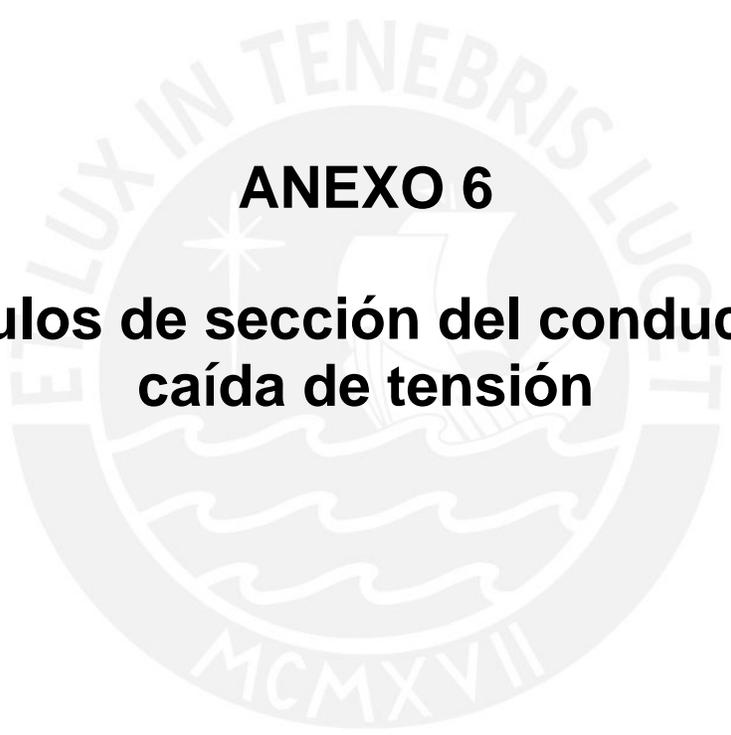
$I_q = 8\text{mA}$

Voltaje salida: 15V, Corriente salida: 21.6mA

Voltaje entrada 24V, Corriente entrada 29.6mA

Potencia disipada:  $0.710\text{W} - 0.324\text{W} = 0.386\text{W}$

Potencia disipada total = 0.64W



**ANEXO 6**

**Cálculos de sección del conductor y  
caída de tensión**

Se tomará como valor de caída de tensión permisible de 1% por ser esta la empleada para alumbrado. Para calcular la sección del conductor se empleará la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2xPxL}{kxexV}$$

Siendo:

S = Sección en  $mm^2$  .

P = Potencia en W. En todo caso será de 24W

L = Longitud de la línea en m.

K = Conductividad del conductor. Se usará de cobre, por lo que  $k = 56$ .

E = Caída de tensión en V. En todo caso será 0.24V.

V = Tensión en V. En todo caso será de 24V.

#### **Sala conservación:**

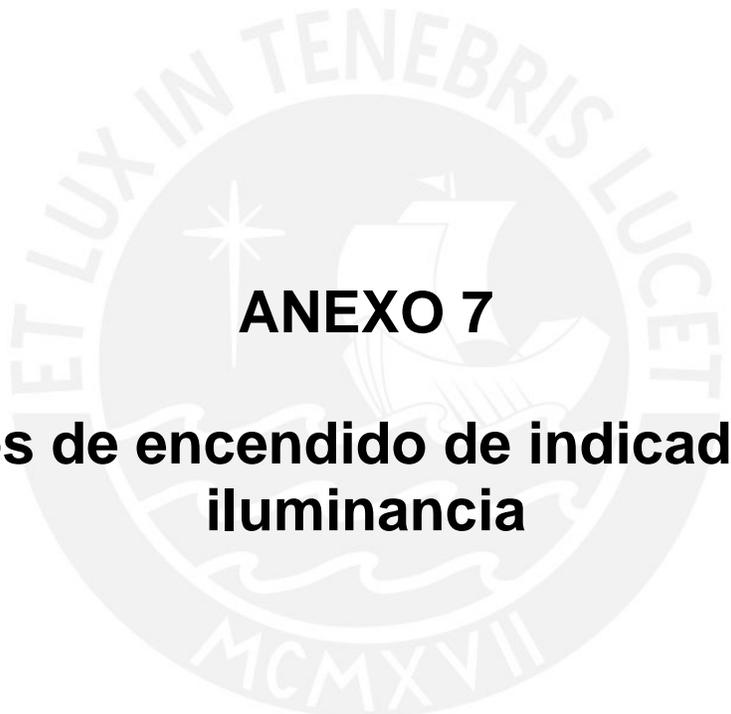
Para este ambiente se tiene un largo máximo de 8.54m. Reemplazando en la fórmula se obtiene  $1.27mm^2$  con este valor se usará un cable AWG de calibre 16.

#### **Almacén primer sótano:**

Para este ambiente se tiene un largo máximo de 11.7m. Reemplazando en la fórmula se obtiene  $1.74mm^2$  con este valor se usará un cable AWG de calibre 14.

#### **Almacén segundo piso:**

Para este ambiente se tiene un largo máximo de 19.13m. Reemplazando en la fórmula se obtiene  $.85mm^2$  con este valor se usará un cable AWG de calibre 12.



## ANEXO 7

# Cálculos de encendido de indicadores de iluminancia

### Sala Conservación:

En la sala de conservación se tendrá 3 indicadores, el primero se encenderá cuando en la zona de trabajo se tengan 50 lux, el segundo cuando se tenga 150 lux y el tercero a los 300 lux.

**Con Em = 300 lux**, se tiene PWM al 100%, se tomará desde el 99%

**Con Em = 150 lux**

De los datos del Anexo1 se tiene que:  $\frac{Em \times a \times b}{n \times fc} = 8028.8$

En el lugar se tendrá 20 puntos de luz, por lo que el flujo luminoso de cada LED deberá ser de  $\frac{8028.8}{20} = 401.44$

Según Hoja de Datos del C0402 de Bridgelux se tiene que a aproximadamente 400 lúmenes se debe suministrar 500mA

Al 100% de PWM se tiene 1A → Para 0.5A se tiene una PWM de 50%

Se tomará desde el 49% al 51% para indicar 150 lux. Pues tomar solo un valor sería complicado al momento de que el usuario regule la perilla.

Entonces, con un periodo de 3.33ms

Se tiene la ecuación para el OCR1A:

$$\text{OCR1A} = \frac{\text{duty} \times \text{Periodo} \times f_{clk}}{\text{Prescalador}} - 1 = \frac{0.49 \times 3.33 \times 10^{-3} \times 10^6}{1} - 1 = 1630.7$$

$$\text{OCR1A} = \frac{\text{duty} * \text{Perido} * f_{\text{clk}}}{\text{Preescalador}} - 1 = \frac{0.51 * 3.33 * 10^{-3} * 10^6}{1} - 1 = 1697.3$$

El indicador de 150 lux se encenderá cuando el OCR1A se encuentre entre los valores de [1630-1698]

### Con Em = 50 lux

De los datos del Anexo1 se tiene que:  $\frac{Em * a * b}{n * fc} = 2676.27$

En el lugar se tendrá 20 puntos de luz, por lo que el flujo luminoso de cada LED deberá ser de  $\frac{2676.27}{20} = 133.81$

Según Hoja de Datos del C0402 de Bridgelux se tiene que a aproximadamente 134 lúmenes se debe suministrar 200mA

Al 100% de PWM se tiene 1A → Para 0.2A se tiene una PWM de 20%

Se tomará desde el 19% al 21% para indicar 50 lux. Pues tomar solo un valor sería complicado al momento de que el usuario regule la perilla.

Entonces, con un periodo de 3.33ms

Se tiene la ecuación para el OCR1A:

$$\text{OCR1A} = \frac{\text{duty} * \text{Perido} * f_{\text{clk}}}{\text{Preescalador}} - 1 = \frac{0.19 * 3.33 * 10^{-3} * 10^6}{1} - 1 = 631.7$$

$$\text{OCR1A} = \frac{\text{duty} * \text{Perido} * f_{\text{clk}}}{\text{Preescalador}} - 1 = \frac{0.21 * 3.33 * 10^{-3} * 10^6}{1} - 1 = 698.3$$

El indicador de 50 lux se encenderá cuando el OCR1A se encuentre entre los valores de [631-699]

### **Almacén primer sótano:**

En el almacén del primer sótano se tendrá 2 indicadores, el primero se encenderá cuando en la zona de trabajo se tengan 50 lux y el segundo cuando se tenga 150 lux.

**Con Em = 150 lux**, se tiene PWM al 100%, se tomará desde el 99%

**Con Em = 50 lux**

De los datos del Anexo1 se tiene que:  $\frac{Em \times a \times b}{n \times fc} = 7660,29$

En el lugar se tendrá 30 puntos de luz, por lo que el flujo luminoso de cada LED deberá ser de  $\frac{7660,29}{30} = 255.34$

Según Hoja de Datos del C0402 de Bridgelux se tiene que a aproximadamente 256 lúmenes se debe suministrar 300mA

Al 100% de PWM se tiene 1A → Para 0.3A se tiene una PWM de 30%

Se tomará desde el 29% al 31% para indicar 50 lux. Pues tomar solo un valor sería complicado al momento de que el usuario regule la perilla.

Entonces, con un periodo de 3.33ms

Se tiene la ecuación para el OCR1A:

$$\text{OCR1A} = \frac{\text{duty} * \text{Perido} * f_{clk}}{\text{Preescalador}} - 1 = \frac{0.29 * 3.33 * 10^{-3} * 10^6}{1} - 1 = 964.7$$

$$\text{OCR1A} = \frac{\text{duty} * \text{Perido} * f_{clk}}{\text{Preescalador}} - 1 = \frac{0.31 * 3.33 * 10^{-3} * 10^6}{1} - 1 = 1031.3$$

El indicador de 50 lux se encenderá cuando el OCR1A se encuentre entre los valores de [964-1032]

### Almacén segundo piso:

En el almacén del segundo piso se tendrá 2 indicadores, el primero se encenderá cuando en la zona de trabajo se tengan 50 lux y el segundo cuando se tenga 150 lux.

**Con Em = 150 lux**, se tiene PWM al 100%, se tomará desde el 99%

**Con Em = 50 lux**

De los datos del Anexo1 se tiene que:  $\frac{Em * a * b}{n * fc} = 8085.41$

En el lugar se tendrá 30 puntos de luz, por lo que el flujo luminoso de cada LED deberá ser de  $\frac{8085.41}{30} = 269.51$

Según Hoja de Datos del C0402 de Bridgelux se tiene que a aproximadamente 270 lúmenes se debe suministrar 350mA

Al 100% de PWM se tiene 1A → Para 0.35A se tiene una PWM de 35%

Se tomará desde el 34% al 36% para indicar 50 lux. Pues tomar solo un valor sería complicado al momento de que el usuario regule la perilla.

Entonces, con un periodo de 3.33ms

Se tiene la ecuación para el OCR1A:

$$\text{OCR1A} = \frac{\text{duty} * \text{Perido} * f_{clk}}{\text{Preescalador}} - 1 = \frac{0.34 * 3.33 * 10^{-3} * 10^6}{1} - 1 = 1131.2$$

$$\text{OCR1A} = \frac{\text{duty} * \text{Perido} * f_{clk}}{\text{Preescalador}} - 1 = \frac{0.36 * 3.33 * 10^{-3} * 10^6}{1} - 1 = 1197.8$$

El indicador de 50 lux se encenderá cuando el OCR1A se encuentre entre los valores de [1131-1198]

## ANEXO 8

# Cálculo del disipador para los LEDs de potencia

Para calcular la resistencia térmica del disipador a utilizar, se emplea la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{T_{jmax} - T_{amb}}{R_{\theta JC} + R_{\theta B} + R_{\theta HA}}$$

Siendo:

$T_{jmax}$  = Temperatura de la juntura máxima. Este valor es de 60°C (Según hoja de datos de fabricante del LED es 70°C, pero se calculará con una menor temperatura por seguridad)

$T_{amb}$  = Temperatura del ambiente, se asumirá de 25°C.

$R_{\theta JC}$  = Resistencia térmica de la juntura del componente. Para el C0402 se tiene 1.4 °C/W según hoja de fabricante.

$R_{\theta B}$  = Resistencia térmica del elastómero. Se utilizará el valor típico de 0.1°C/W

$R_{\theta HA}$  = Resistencia Térmica del disipador.

$Q$  = Potencia de disipación del componente. Para LEDs de potencia, se toma un valor aproximado del 70% de disipación. Sin embargo, se dará 80% para mantener un rango de seguridad. Entonces el C0402 disipará 8.32W de sus 10.4W.

Entonces,

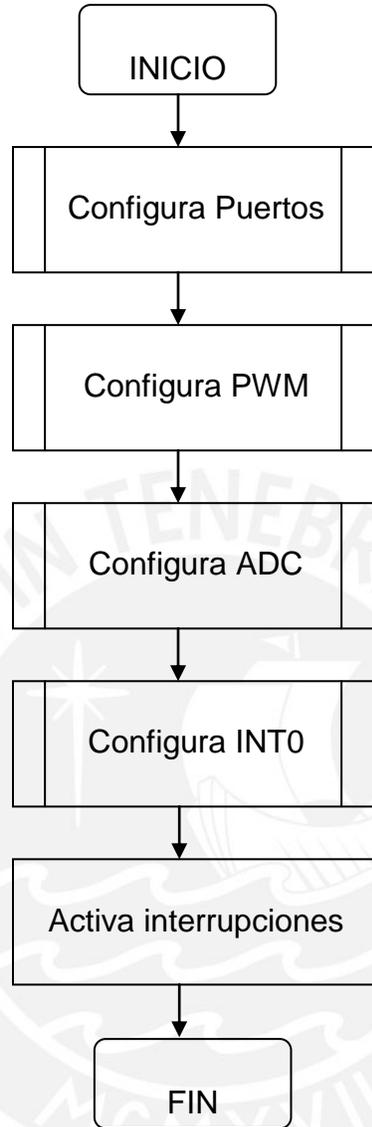
$$8.32 = \frac{35}{1.4 + 0.1 + R_{\theta HA}}$$

$$R_{\theta HA} = 2.7 \text{ °C/W}$$

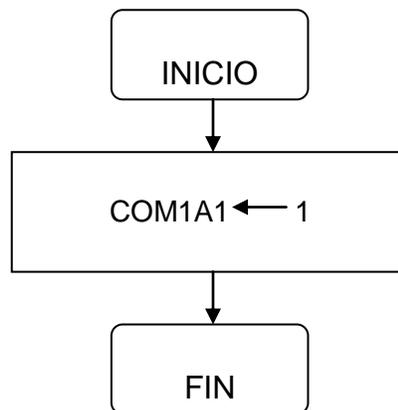
## ANEXO 9

# Diagrama de flujo del programa implementado

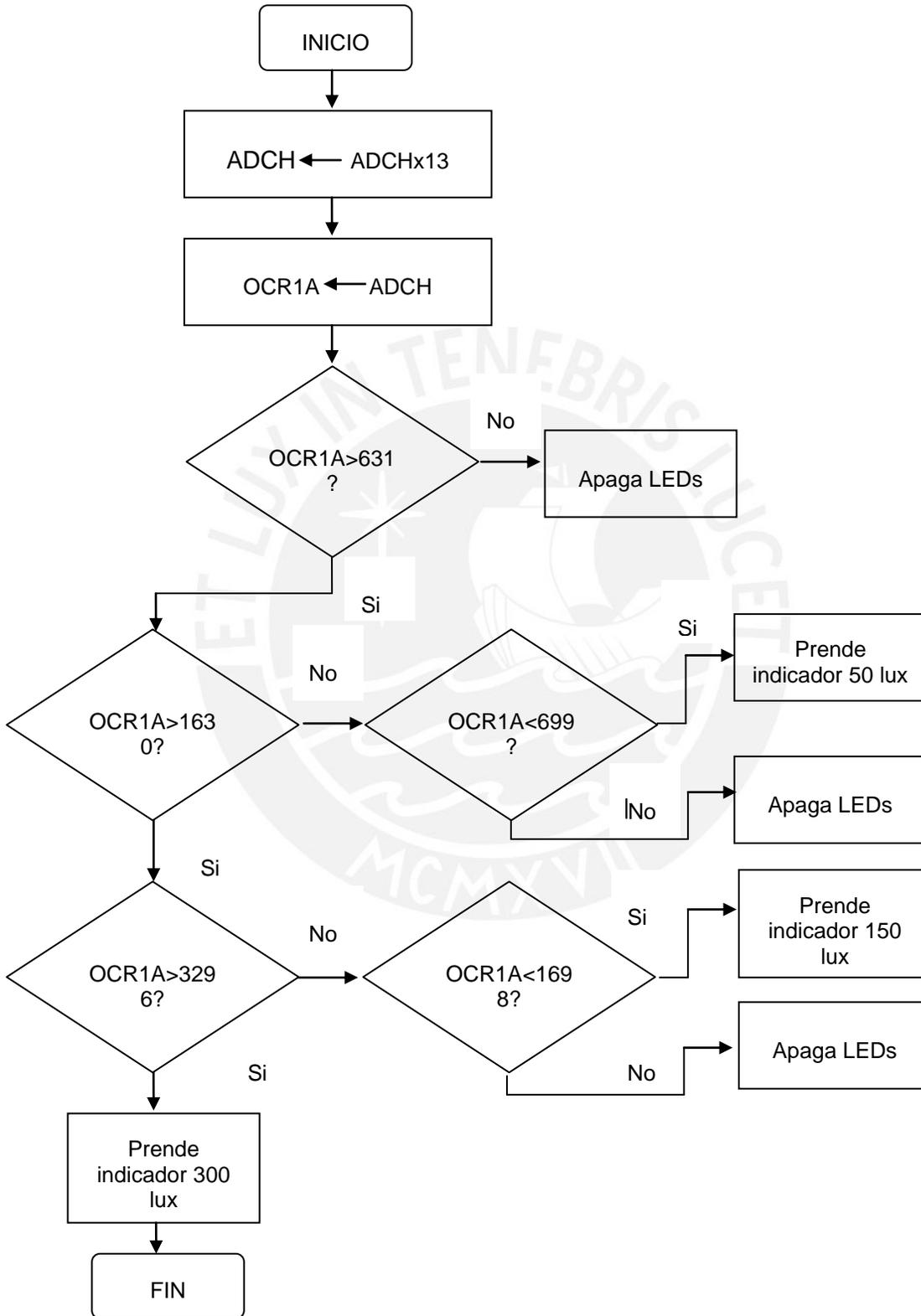
**Programa Principal**



**RSI INT EXT0**



RSI ADC



## ANEXO 10

# Programa en lenguaje ensamblador del módulo implementado

```

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

; Varia PWM mediante un potenciómetro conectado al ADC0 y prende 3 LEDs a
diferentes ciclos de trabajo

; Frecuencia PWM a 300Hz.

.cseg

.*****
,

.***** VECTORES DE INTERRUPCION *****
,

.*****
,

.org $000
rjmp inicio

.org $01
rjmp Int_INT0 ; Vector interrupcion INT0

.org $02

.org $0E
rjmp ADC_conversion ; Conversor analogo - digital

.*****
,

.***** RUTINA INTERRUPCION EXTERNA *****
,

.***** Descripcion: Activa PWM *****
,

.***** Entrada: ninguna Salida: ninguna Reg Modif: ninguno *****
,

.*****
,

Int_INT0: ; 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 *****
```

```
.;***** Descripción: Esta interrupción lee el valor de la conversión ADC *****
```

```
.;***** 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 ; f=300hz Entonces T=3333us max 3333/256=13
```

```
mul r16,r17 ; parte baja en r0 y alta en r1
```

```
out OCR1AH,r1
```

```
out OCR1AL,r0
```

```
mov ZH, r1
```

```
mov ZL,r0
ldi XL, low(631) ;Compara el valor con 631 que representa el 19% de DC
ldi XH, high(631) ; el cual es el mínimo valor para prender el primer LED
cp ZL, XL ;indicador
cpc ZH,XH
brsh Compara1
ldi r19, $00
out portd, r19
```

Sigue:

```
pop r16
out SREG,r16
pop r17
pop r16
pop r1
pop r0
reti
```

Compara1:

```
ldi XH, high(1630) ;Compara si es mayor que 49% de PWM para prender el
ldi XL, low(1630) ; Segundo indicador
cp ZL, XL
cpc ZH, XH
brsh Compara2
```

Idi XH, high(699) ; Compara si es menor a 21% para prender el el primer

Idi XL, low(699) ; indicador

cp ZL, XL

cpc ZH, XH

brlo Prende1

Idi r19, \$00

out portd, r19

rjmp Sigue

Prende1:

Idi r19, 0b00000001

out portd, r19

rjmp Sigue

Compara2:

Idi XH, high(3296) ;Compara si es mayor a 99% de PWM para prender el tercer

Idi XL, low(3296) ; indicador

cp ZL, XL

cpc ZH, XH

brsh Prende3

Idi XH, high(1699) ;Compara si es menor al 51% de PWM para prender el

Idi XL, low(1699) ; Segundo indicador

cp ZL, XL

cpc ZH, XH

brlo Prende2

ldi r19, \$00

out portd, r19

rjmp Sigue

Prende2:

ldi r19, 0b00000010

out portd, r19

rjmp Sigue

Prende3:

ldi r19, 0b00010000

out portd, r19

rjmp Sigue

```

,*****
,
,*****
,
,**** CONFIGURACIÓN DE PUERTOS ****
,
,*****
    
```

Config\_puertos:

push r16

ldi r16,0 ; entrada analógica potenciómetro

out DDRC,r16

ldi r16,0b00010011 ;PD2 y PD3 entradas int\_ext pulsador y los demás LEDs

```

out DDRD,r16

ldi r16,$FF ;PB1 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 300Hz (3.33ms) y un DutyCycle inicial del 20% ****

.*****
,

ConfigPWM:

push r16

ldi r16,high(1664) ;duty cycle 50%

out OCR1AH,r16

ldi r16,low(1664)

out OCR1AL,r16

ldi r16,high(3332) ;periodo de la onda T=3.33ms f = 300Hz,

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 FreeRunning

;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 0 ****
```

```
.;**** Int0 (PD2), flanco de subida ****
```

```
.*****  
;
```

```
Config_INT0:
```

```
push r16
```

```
in r16,MCUCR
```

```
ori r16,$03
```

```
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\_INT0

SEI ;habilito interrupciones

lazo:

rjmp lazo

