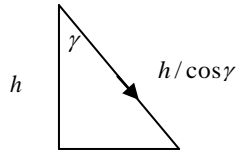


Solución Práctico – ILUMINACIÓN.
Instalaciones Eléctricas 2008.

Ejercicio 1

Parte A)



$$E = \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos \gamma}{d^2} = \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos \gamma}{\frac{h^2}{\cos^2 \gamma}} = \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos^3 \gamma}{h^2}$$

Parte B)

Según lo indicado por letra, el punto A se encuentra en un plano $C=90^\circ$.

$$\text{Además } \gamma = \tan^{-1}\left(\frac{a-b}{h}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{11,9-1,5}{6}\right) = 60^\circ$$

Ahora con los valores de γ y C en la tabla de la Distribución de Intensidad luminosa para la luminaria JC250 TUC, se obtiene la intensidad por unidad de kilo-lumen:

$$I = 87,2 \text{ cd/klm}$$

Como la lámpara a utilizar modelo HPL-N125 tiene una salida de 6,2klm entonces el nivel de iluminación resultante es

$$E = \frac{87,2 \times (\cos 60)^\3}{6^2} \times 6,2 = 1,88 \text{ lux}$$

Ejercicio 2

Datos:

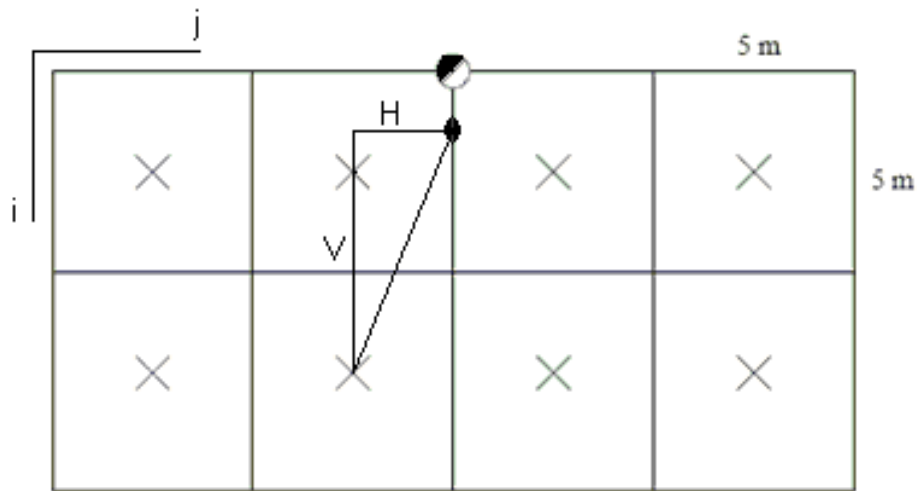
$$h=10,2\text{m}$$

$$b=1,5\text{m}$$

$$a=12\text{m}$$

Parte A)

Luminaria mercurio alta presión 400W entonces flujo 22000lm.



Posición de la columna



Punto de cálculo (ubicado en el centro de cada cuadrado de la grilla)

Tomando como muestra el punto (2,2) indicado en la figura:

$$C = \tan^{-1}\left(\frac{V}{H}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{6}{2,5}\right) = 67,4^\circ$$

$$\gamma = \tan^{-1}\left(\frac{\sqrt{V^2 + H^2}}{h}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\sqrt{6,0^2 + 2,5^2}}{10,2}\right) = 32,5^\circ$$

De la tabla de intensidades luminosas promedio para la luminaria del ejercicio se tiene que: $I = 160\text{Cd} / \text{klm} \Rightarrow$

Teniendo en cuenta que la lámpara tiene un flujo de 22000 Cd

$$E = \frac{167 \times (\cos 32,5)^3}{10,2^2} \times 22 = 21,18 \text{ lux}$$

Repitiendo las operaciones para cada uno de los puntos de la grilla:

Punto	C	γ	I (Cd/klm)	E(lux)
(1,1)	7,6	36,6	185	20,24
(1,2)	21,8	14,8	163	31,15
(1,3)	21,8	14,8	163	31,15
(1,4)	7,6	36,6	185	20,24
(2,1)	38,6	43,3	191	15,56
(2,2)	67,4	32,5	167	21,18
(2,3)	67,4	32,5	167	21,18
(2,4)	38,6	43,3	191	15,56

Nota: Como la luminaria es simétrica al plano C=90, utilizo siempre valores de C entre 0 y 90° por lo que en caso que C>90° uso su suplementario para obtener la intensidad de la tabla correspondiente.

$$E_{med} = 22,12 \text{ lux}$$

$$U = \frac{E_{min}}{E_{max}} = 0,5$$

$$Costo = (0,4 \text{ kW} \times 0,10 \text{ U\$S/kW.h} \times 10 \text{ h} \times 365) \times 1,1 = \text{U\$S } 160,6$$

Parte B)

Luminaria Sodio alta presión 250W entonces flujo 33000lm.

El nivel de iluminación depende proporcionalmente del flujo que entrega la lámpara entonces para ahorrar operaciones puedo utilizar:

$$E_{SODIO} = E_{MERC} \frac{\phi_{SODIO}}{\phi_{MERC}} = E_{MERC} \frac{33000}{22000} = 1,5 \times E_{MERC}$$

Punto	C	γ	I (Cd/klm)	E(lux)
(1,1)	7,6	36,6	185	30,36
(1,2)	21,8	14,8	163	46,73
(1,3)	21,8	14,8	163	46,73
(1,4)	7,6	36,6	185	30,36
(2,1)	38,6	43,3	191	23,34
(2,2)	67,4	32,5	167	31,77
(2,3)	67,4	32,5	167	31,77
(2,4)	38,6	43,3	191	23,34

$$E_{med} = 33,18lux$$

$$U = \frac{E_{min}}{E_{max}} = 0,5$$

$$Costo = \left(0,25kW \times 0,10 \frac{U\$S}{kW.h} \times 10h \times 365\right) \times 1,1 = U\$S 100,4$$

Parte C)

Se evidencia una mejora tanto en lo económico como en el nivel de iluminación.

Parte D)

Número de luminarias=30,000

Caso Mercurio: costo anual = U\$S 4,818,000

Caso Sodio: costo anual = U\$S 3,012,000

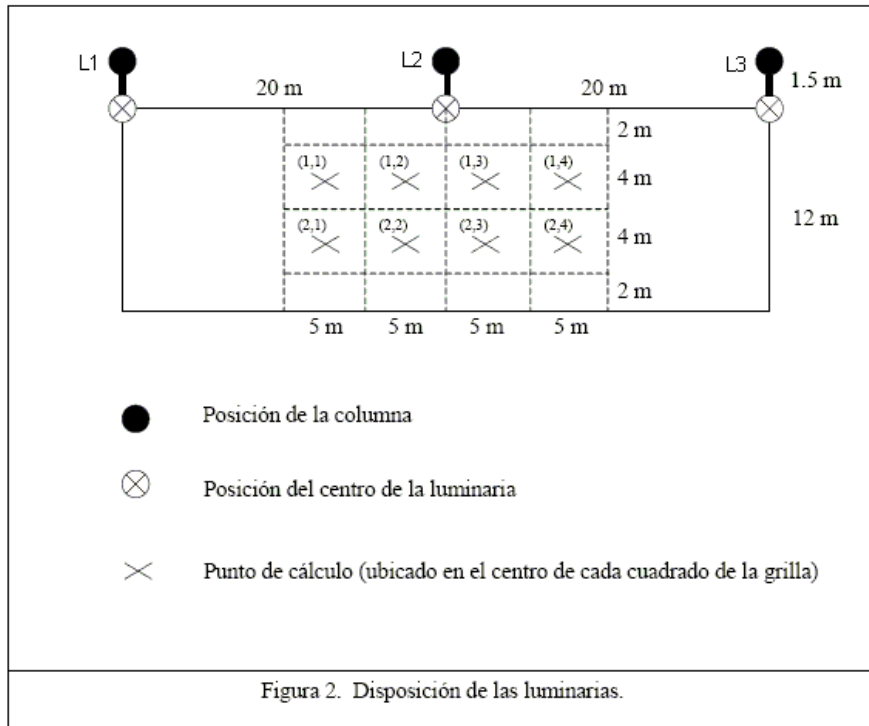
Ahorro = U\$S 1,806,000.

Ejercicio 3

Datos:

h=9m
b=1,5m
a=12m

Parte A)



Utilizando los mismos cálculos que en el ejercicio 2, asumiendo que se puede utilizar superposición para calcular el nivel luminoso y utilizando la simetría del problema entonces se obtiene:

Aporte de luminaria L1:

Punto	V1	H1	C1	γ_1	I1 (Cd/klm)	E1(lux)
11	4	12,5	18	56	260	7,55
12	4	17,5	13	63	270	3,90
13	4	22,5	10	69	181	1,43
14	4	27,5	8	72	130	0,61
21	8	12,5	33	59	233	5,21
22	8	17,5	25	65	261	3,19
23	8	22,5	20	69	209	1,47
24	8	27,5	16	73	140	0,61

Aporte de luminaria L2:

Punto	V2	H2	C2	γ_2	I2 (Cd/klm)	E2(lux)
11	4	7,5	28	43	218	13,44
12	4	2,5	58	28	170	18,96
13	4	2,5	58	28	170	18,96
14	4	7,5	28	43	218	13,44
21	8	7,5	47	51	165	6,76
22	8	2,5	73	43	125	7,86
23	8	2,5	73	43	125	7,86
24	8	7,5	47	51	165	6,76

Aporte Luminaria L3:

Punto	V3	H3	C3	γ_3	I 3(Cd/klm)	E3(lux)
11	4	27,5	8	72	130	0,61
12	4	22,5	10	69	181	1,43
13	4	17,5	13	63	270	3,90
14	4	12,5	18	56	260	7,55
21	8	27,5	16	73	140	0,61
22	8	22,5	20	69	209	1,47
23	8	17,5	25	65	261	3,19
24	8	12,5	33	59	233	5,21

Nivel de iluminación total:

Punto	E1	E2	E3	Etot
11	7,55	13,44	0,61	21,60
12	3,90	18,96	1,43	24,29
13	1,43	18,96	3,90	24,29
14	0,61	13,44	7,55	21,60
21	5,21	6,76	0,61	12,58
22	3,19	7,86	1,47	12,52
23	1,47	7,86	3,19	12,52
24	0,61	6,76	5,21	12,58

$$E_{med} = 17,75lux$$

$$U = \frac{E_{min}}{E_{max}} = 0,52$$

Parte B)

Ahora se cambia de lámpara a la NAV T 150 SUPER 150W que tiene un flujo de 17000 lm

El nivel de iluminación depende proporcionalmente del flujo que entrega la lámpara entonces para ahorrar operaciones puedo utilizar:

$$E_{SODIO} = E_{MERC} \frac{\phi_{SODIO}}{\phi_{MERC}} = E_{MERC} \frac{17000}{13000} = 1,31 \times E_{MERC} \Rightarrow$$

Punto	Etot
11	28,25
12	31,76
13	31,76
14	28,25
21	16,45
22	16,37
23	16,37
24	16,45

$$E_{med} = 23,21lux$$

$$U = \frac{E_{min}}{E_{max}} = 0,52$$

Parte C)

Se evidencia una mejora en el consumo de energía (-40%) y en el nivel de iluminación (+31%).

Ejercicio 4

Datos:

Local:

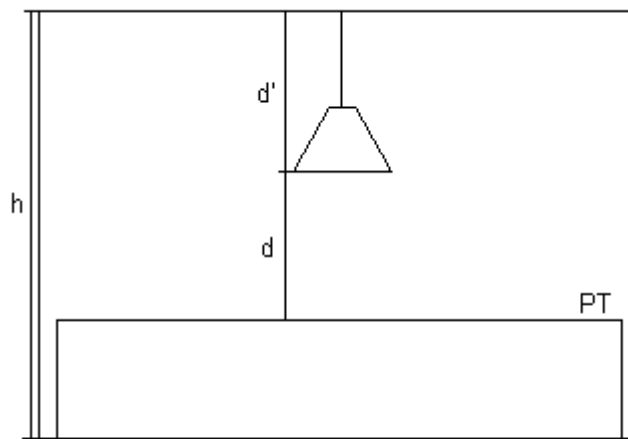
Altura $h=8\text{m}$

Largo $l=25\text{m}$

Ancho $a=20\text{m}$

$f_u \times f_m = 0,65$

Lámpara Luz mixta 160W modelo HID ML160W, montada a 4m de altura



Parte A)

Teniendo en cuenta que el flujo de la lámpara utilizada es de 3150 lúmenes según el catálogo adjunto se tiene que:

$$E = \frac{\phi_T f_u f_m}{S} = \frac{N \phi_{lum} f_u f_m}{S} = \frac{25 \times 3150 \times 0,65}{25 \times 20} = 102,4 lux$$

Se observa que el nivel de iluminación es demasiado bajo según valores recomendados por CEAC para una mesa de lectura, entre 300 y 500lux.

Parte B)

Ver teórico, principales:

- ✓ Nivel de iluminación
- ✓ Deslumbramiento bajo
- ✓ Uniformidad
- ✓ Temperatura del color de la luz.

Parte C)

Datos:

$$E = (500 \pm 5\%)lx$$

Luminarias adosadas al techo tipo 3F CUB.

$$e'/d = 1$$

Altura PT=0,85m

$$\text{Índice del local: } K = \frac{l \times a}{d(l+a)} = \frac{25 \times 20}{7,15(25+20)} = 1,55$$

Factor de mantenimiento $f_m = 0,90$

Buena iluminación en paredes

Coefficientes de reflexión:

$$\rho_{techo} = 0,70$$

$$\rho_{pared} = 0,30$$

$$\rho_{piso} = 0,10$$

C1)

Criterio de uniformidad:

Utilizando que $e'/d = 1$ y que $e'/e = 1/3$ (buena iluminación en paredes):

$$l = (n_l - 1) \times e + 2e' = (n_l - 1) \times d + 2d/3 \Rightarrow 25 = (n_l - 1) \times 7,15 + \frac{2 \times 7,15}{3}$$

Operando se obtiene que $n_l = 3,83 \Rightarrow$ se toma $n_l = 4$

$$a = (n_a - 1) \times e + 2e' = (n_a - 1) \times d + 2d/3 \Rightarrow 20 = (n_a - 1) \times 7,15 + \frac{2 \times 7,15}{3}$$

Operando se obtiene que $n_a = 3,13 \Rightarrow$ se toma $n_a = 4$

Luego: $N = n_l \times n_a = 16$

Criterio de nivel de iluminación:

Teniendo en cuenta el índice del local y los factores de reflexión del mismo, mediante el catálogo de la luminaria es posible hallar el factor de utilización interpolando con los valores de la tabla 8 del catálogo.

$$f_u = 0,687$$

Viendo del catálogo que la luminaria utiliza 4 lámparas y que cada lámpara tiene un flujo de 4800 lúmenes:

$$E = \frac{\phi_T f_u f_m}{S} = \frac{N \phi_{lum} f_u f_m}{S} = 500lx \Rightarrow 500 = \frac{N_{NIVEL} \times 4 \times 4800 \times 0,687 \times 0,9}{25 \times 20}$$

$$\Rightarrow N_{NIVEL} = 21,05$$

Ahora analizo si utilizando 20 luminarias entro en los márgenes requeridos:

$$E = \frac{\phi_T f_u f_m}{S} = \frac{20 \times 4 \times 4800 \times 0,687 \times 0,9}{25 \times 20} = 475lx \text{ (cumple con lo requerido)}$$

Distribución de luminarias propuesta: 5 en lo largo y 4 en lo ancho, lo que no da unas distancias de montaje de:

$$e_l = 5,36m$$

$$e_a = 5,45m$$

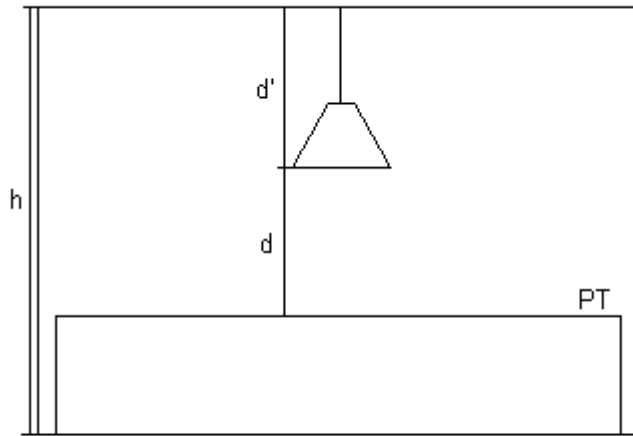
$$e'_l = 1,79m$$

$$e'_a = 1,82m$$

C2)

Costo = 20x150=U\$S 3,000.

Ejercicio 5



Datos:

Local:

Altura $h=5\text{m}$

Largo $l=16\text{m}$

Ancho $a=8\text{m}$

Altura PT=0,85m

$$K = \frac{2l \times 8a}{10d}, f_m = 0,9$$

$$e/d = 1 \text{ y } e'/e = 1/3 \text{ (buena iluminación en paredes)}$$

Paredes blancas mejorando los coeficientes de reflexión.

$$\text{Altura montaje} = d = \frac{2}{3}(h - h_{PT})$$

Luminaria TP 1013 con tubos fluorescentes PHILIPS TLD/90 Tc= 3800°K.

Parte A)

Criterio de uniformidad:

Sabiendo que $d = \frac{2}{3}(h - h_{PT}) = \frac{2}{3}(5 - 0,85) = \frac{2}{3} \times 4,15$, utilizando que $e/d = 1$ y que

$e'/e = 1/3$ (buena iluminación en paredes):

$$l = (n_l - 1) \times e + 2e' = (n_l - 1) \times d + \frac{2d}{3} \Rightarrow 16 = (n_l - 1) \times \frac{2}{3} \times 4,15 + \frac{2}{3} \times \frac{2}{3} \times 4,15$$

Operando se obtiene que $n_l = 6,11 \Rightarrow$ se toma $n_l = 7$

$$a = (n_a - 1) \times e + 2e' = (n_a - 1) \times d + \frac{2d}{3} \Rightarrow 8 = (n_a - 1) \times \frac{2}{3} \times 4,15 + \frac{2}{3} \times \frac{2}{3} \times 4,15$$

Operando se obtiene que $n_a = 3,22 \Rightarrow$ se toma $n_a = 4$

Luego: $N = n_l \times n_a = 28$

Criterio de nivel de iluminación:

Índice del local: $K = \frac{2l \times 8a}{10d} = 1,92$

$$\rho_{techo} = 0,80$$

$$\rho_{pared} = 0,50$$

Teniendo en cuenta el índice del local y los factores de reflexión del mismo, mediante el catálogo de la luminaria es posible hallar el factor de utilización interpolando con los valores de la tabla.

$$f_u = 0,686$$

La luminaria utiliza 2 tubos donde el flujo de cada tubo depende de la potencia del mismo, por lo que necesitamos definir que tubo es el que se necesita para llegar al nivel deseado:

Tubo 18W, flujo =1000lm

$$E = \frac{\phi_T f_u f_m}{S} = \frac{N \phi_{lum} f_u f_m}{S} = \frac{28 \times 2 \times 1000 \times 0,686 \times 0,9}{16 \times 8} = 270lx$$

Tubo 30W, flujo =1750lm

$$E = \frac{28 \times 2 \times 1750 \times 0,686 \times 0,9}{16 \times 8} = 472lx$$

Tubo 32W, flujo =2250lm

$$E = \frac{28 \times 2 \times 2250 \times 0,686 \times 0,9}{16 \times 8} = 607lx$$

Se toma la solución presentada con tubos de 30W ya que es la que mejor se aproxima al valor requerido.

Finalmente se tiene que la cantidad de luminarias propuesta es: 7 en lo largo y 4 en lo ancho, lo que nos da una distancia horizontal de montaje (medida desde el centro de las luminarias) de:

$$e_l = 2,40m$$

$$e_a = 2,18m$$

$$e'_l = 0,80m$$

$$e'_a = 0.72m$$

Parte B)

1)

$$P = P_{Tomas} + P_{ilum} = 4500W + 1,3 \times 28 \times 2 \times 30 \approx 6700W$$

$$Q = P \times \tan(\cos(0,92)^{-1}) = 2854Var$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 7282VA$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = 18,28A$$

Se propone utilizar conductor de 2,5mm², veo caída de tensión:

$$\Delta U = \sqrt{3}I \left(\frac{\rho l}{s} \cos(\varphi) + x l \sin(\varphi) \right)$$

$$\sqrt{3} \times 18,28 \left(\frac{0,018 \times 30}{2,5} 0,92 + 0,153 \times 0,030 \times 0,39 \right) = 6,34V \text{ (menor que 3\% de 230V)}$$

2)

Modelo de la red desde el tablero general:

$$S_k = \sqrt{3}UI_k'' = 3,98MVA$$

$$\bar{Z}_k = \frac{U^2}{S_k} = j13,3m\Omega$$

$$\bar{Z}_{cable} = 0,216 + j0,0046$$

$$I_k'' = \frac{U}{\sqrt{3}|\bar{Z}_k + \bar{Z}_{cable}|} = 1267A$$