

## II Jornada Internacional de Estadística Aplicada 5 y 6 de diciembre del 2019

### Verificación de cumplimiento de niveles de iluminación según Ley de Higiene y Seguridad en el trabajo N°19.857 Art 6°- Decreto 351/79 en Departamento de Alumnos de la Facultad de Ingeniería – U.N.Sa.

Autora: Harmann, María Anahí

Institución: Universidad Nacional de Salta

Datos de contacto: [mariaanahiharmann@gmail.com](mailto:mariaanahiharmann@gmail.com) - (387) 154409728

#### RESUMEN

En el marco del proyecto final de materia de la Cátedra de Instalaciones Eléctricas de la carrera de Ingeniería Electromecánica se realizó un relevamiento de los niveles de iluminación en los sectores administrativos de la Facultad de Ingeniería para verificar si cumplían con Ley de Higiene y Seguridad en el trabajo N°19857 Art 6°- Decreto 351/79. Por lo que se tuvo que tomar varias mediciones en distintos puntos de los recintos a una altura de plano de trabajo de 0,8m.

Para este trabajo se decidió enfocarse en el Departamento de alumnos, donde la iluminancia debe ser de 500lx. Mediante diferentes pruebas estadísticas se contrastará que el estudio de luminotecnica realizado fue correcto.

**Palabras Claves:** iluminancia, luminotecnica, plano de trabajo.

#### INTRODUCCION

El alumbrado general de un local debe proyectarse en base a conseguir el mayor equilibrio posible del flujo luminoso sobre las zonas de trabajo. Mantener una iluminación adecuada al tipo de trabajo aumenta la productividad hasta en un 20 por ciento y reduce las bajas laborales, según un estudio realizado por los científicos holandeses Wout van Bommel y Gerrit van den Belt.

Uno de los efectos más conocidos provocado por una deficiente iluminación es el Síndrome de Fatiga Visual, que afecta ya al 75% de los usuarios de ordenadores, han explicado las mismas fuentes. Sus principales síntomas son fatiga ocular, sequedad ocular, escozor, sensibilidad a la luz, visión borrosa, dolores de cabeza y dolor en el cuello, hombros o espalda.

#### Aspectos relacionados con el confort lumínico

El confort lumínico se refiere a la percepción a través del sentido de la vista. Se hace notar que el confort lumínico difiere del confort visual, ya que el primero se refiere de manera preponderante a los aspectos físicos, fisiológicos y psicológicos relacionados con la luz, mientras que el segundo principalmente a los aspectos psicológicos relacionados con la percepción espacial y de los objetos que rodean al individuo.

En el confort lumínico intervienen tres parámetros fundamentales:

- La iluminancia o cantidad de energía luminosa que incide sobre una superficie se mide en lux (= 1 lumen/m<sup>2</sup>). Aunque el ojo humano puede apreciar iluminancias comprendidas entre 3 y

100.000 lux, para poder desarrollar cómodamente una actividad necesita entre 100 lux y 1.000 lux.

- El deslumbramiento provocado por la excesiva diferencia entre las energías radiadas por los cuerpos en función de lo iluminados que estén.
- El color de la luz, consecuencia del reparto de energía en las diferentes longitudes de onda del espectro: para tener una buena reproducción del color, la luz ha de tener energía suficiente en todas ellas. La sensibilidad más alta del ojo humano corresponde al color amarillo-verdoso

Suele asumirse que, si se provee una cantidad suficiente de luz, según algunas normas, se puede desarrollar cualquier tipo de trabajo; sin embargo, es necesario considerar la calidad de la luz además de la simple cantidad. La calidad se relaciona con las características de iluminación que facilitan la visión. Normalmente todas estas características están interrelacionadas.

### Niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo

Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo de acuerdo a Ley de Higiene y Seguridad en el trabajo N°19857 Art 6°- Decreto 351/79 (tomada de la norma IRAM AADL J 20-06), para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la tabla.

<b>Oficinas</b>	
Halls para el público	200
Contaduría, tabulaciones, teneduría de libros, operaciones bursátiles, lectura de reproducciones, bosquejos rápidos	500
Trabajo general de oficinas, lectura de buenas reproducciones, lectura, transcripción de escritura a mano en papel y lápiz ordinario, archivo, índices de referencia, distribución de correspondencia	500
Trabajos especiales de oficina, por ejemplo, sistema de computación de datos	750
Sala de conferencias	300
Circulación	200

Tabla N°1: niveles de iluminancia de cada sector.

### Metodología del estudio luminotécnico

Se realizó el estudio de los niveles de iluminación en los distintos sectores de administración de la Facultad de Ingeniería, este trabajo solo se enfocará en el estudio realizado en el Departamento de Alumnos, para esto se tuvo en cuenta el protocolo para la medición de la iluminación en el ambiente laboral de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo. Se tomó como nivel mínimo de iluminación de 500lx en el plano de trabajo.

#### Procedimiento:

1. Ubicación de los puntos de medición.
  - 1.1. Los puntos de medición deben seleccionarse en función de las necesidades y características de cada centro de trabajo, de tal manera que describan el entorno ambiental de la iluminación de una forma confiable, considerando: el proceso de producción, la clasificación de las áreas y puestos de trabajo, así como la ubicación de las luminarias respecto a los planos de trabajo.
2. División de las áreas de trabajo.
  - 2.1. Las áreas de trabajo se deben dividir en zonas del mismo tamaño, el número de zonas está especificada en la Tabla N°2, que relaciona el índice de local con el número mínimo de mediciones

Indice de local (X)	Nº mín de div (I)
$\leq 1$	1
$1 < k \leq 2$	2
$2 < k \leq 3$	3
$k > 3$	4

Tabla N°2: relación entre índice de local y N° Mín. de mediciones.

#### Tabla A1 Relación entre el Índice de local y el número de Zonas de Medición

El valor del índice de local, para establecer el número de zonas a evaluar, está dado por la ecuación siguiente:

$$k = \frac{x * y}{h * (x + y)}$$

Dónde:

k = índice del área.

x, y = dimensiones del área (largo y ancho), en metros.

h = altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

En donde x es el valor de índice de área (IA) del lugar, redondeado al entero superior, excepto que para valores iguales o mayores a 3 el valor de x es 4. A partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición.

- 2.2. En pasillos o escaleras, el plano de trabajo por evaluar debe ser un plano horizontal a 75 cm  $\pm$  10 cm, sobre el nivel del piso, realizando mediciones en los puntos medios entre luminarias contiguas.
- 2.3. En el puesto de trabajo se debe realizar al menos una medición en cada plano de trabajo, colocando el luxómetro tan cerca como sea posible del plano de trabajo y tomando precauciones para no proyectar sombras ni reflejar luz adicional sobre el luxómetro.
3. Instrumentación: Se debe verificar el luxómetro antes y después de iniciar una evaluación conforme lo establezca el fabricante y evitar bloquear la iluminación durante la realización de la evaluación.
  - 3.1. El luxómetro deberá contar con el certificado de calibración de acuerdo a lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
  - 3.2. El reporte de verificación debe contener la fecha de su realización, las condiciones ambientales al momento de la verificación y los valores de iluminancia indicados por el instrumento para cada distancia.
  - 3.3. En caso de que el luxómetro haya sufrido una caída, se le dio uso rudo o estuvo expuesto a

condiciones extremas de temperatura y humedad, se debe someter a una nueva verificación y elaborar el reporte de verificación.

#### 4. Evaluación del factor de reflexión.

##### 4.1. Cálculo del factor de reflexión de las superficies:

- Se efectúa una primera medición ( $E_1$ ), con la fotocelda del luxómetro colocada de cara a la superficie, a una distancia de  $10 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ , hasta que la lectura permanezca constante;
- La segunda medición ( $E_2$ ), se realiza con la fotocelda orientada en sentido contrario y apoyada en la superficie, con el fin de medir la luz incidente,
- El factor de reflexión de la superficie ( $K_f$ ) se determina con la ecuación siguiente:

$$K_f = \frac{E_1}{E_2} * 100$$

#### 5. Determinación de la iluminación promedio ( $E_p$ ):

- 5.1. Cuando se realizan mediciones con el propósito de verificar los valores correspondientes a una instalación nueva, se deben tomar las precauciones necesarias para que las evaluaciones se lleven a cabo en condiciones apropiadas (tensión nominal de alimentación, temperatura ambiente, elección de lámparas, etc.) o para que las lecturas del medidor de iluminancia se corrijan teniendo en cuenta estas condiciones.

El cálculo del nivel promedio de iluminación para el método de la constante del salón, se realiza con la siguiente expresión:

$$E_p = 1/N (\sum E_i)$$

Dónde:

$E_p$  = Nivel promedio en lux.

$E_i$  = Nivel de iluminación Medido en lux en cada punto.  $N$  = Número de medidas realizadas.

## METODOLOGIA

Para el análisis estadístico se realizarán las siguientes pruebas:

1.

$$P \left( \bar{x} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) = 1 - \alpha$$

Siendo:

$\text{Confianza} = 1 - \alpha$

$\bar{x}$ : media muestral

$\sigma$ : desviación estandar

$n$ : tamaño de muestra

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$ : estadístico de prueba

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

De lo cual se obtiene:

$$\bar{x} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

## 2. Prueba de hipótesis con parámetros poblacionales:

Donde se plantea la hipótesis nula y alterna y se determina el  $\alpha$  (error tipo I) estableciendo las regiones de rechazo y aceptación.

También es necesario establecer el estadístico de prueba.

En este caso es:

$$Z_{obs} = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

## 3. Prueba de mediana de Wilcoxon:

A través de esta prueba se busca probar que el voltaje que circula en la casa es igual a 220. Se realiza de la siguiente manera:

$$H_0: \mu = 500$$

$$H_a: \mu \neq 500$$

Estadístico de prueba es:  $T = \min\{T(+), T(-)\}$

## DESARROLLO

Datos numéricos obtenidos experimentalmente:

270	490	353	322	215	476	300
396	485	465	425	404	314	450
435	377	380	429	337	380	455
336	379	590	350	214	586	
390	565	600	352	346	502	

Tabla N°3: datos de las mediciones obtenidas experimentalmente.

Primero debemos calcular el promedio, la varianza, el desvío estándar y buscar en la tabla el estadístico de prueba para el  $\alpha$ .

Siendo  $n=33$

$$\bar{x} = 404,182$$

$$s = 98,819$$

Confianza = 95%

$$(1 - \alpha) = 0,95 \rightarrow \alpha = 0,05, \quad \frac{\alpha}{2} = 0,025$$

$$Z_{\alpha/2} = 1,96$$

Intervalo de confianza

$$\bar{x} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$404,182 - 1,96 \cdot \frac{98,819}{\sqrt{33}} \leq \mu \leq 404,182 + 1,96 \cdot \frac{98,819}{\sqrt{33}}$$

$$370,466 \leq \mu \leq 437,898$$

$$P(370,466 \leq \mu \leq 437,898) = 0,95$$

Por lo tanto, la iluminancia en Departamento de Alumnos no cumple con los niveles de iluminación reglamentados de 500lx

Usando una prueba de Hipótesis:

$$H_0: \mu = 500$$

$$H_a: \mu \neq 500$$

$$Z_{\alpha/2} = 1,96$$

Estadístico de prueba observado:

$$Z_{obs} = \frac{404,185 - 500}{98,819 / \sqrt{33}} = -5,57$$

Como  $Z_{obs} < Z_{\alpha/2}$ , es decir que  $Z_{obs}$  se encuentra en la zona de rechazo, rechazamos la hipótesis nula con un error de  $\alpha = 0,05$ . Lo que indica que el nivel de iluminación es distinto de 500lx

Prueba de la mediana de Wilcoxon para una muestra:

$Y_i$	$Y_i - \tau$	R+	R-	$ Y_i - \tau $	Rango
214	-286		24	10	1
215	-285		23	15	2
270	-230		22	35	3
322	-178		21	65	4.5
336	-164		20	65	4.5
337	-163		19	71	6
350	-150		18	75	7
352	-148		17	90	8
353	-147		16	96	9
377	-123		15	100	10
379	-121		14	104	11
380	-120		13	110	12
390	-110		12	120	13
396	-104		9	121	14
404	-96		8	123	15
425	-75		7	136	16
429	-71		6	147	17
435	-65		4.5	148	18
465	-35		3	150	19
485	-15		2	164	20
490	-10		1	178	21
565	65	4.5		230	22
590	90	8		285	23
600	100	10		286	24

Tabla N°4: prueba de Wilcoxon.

Datos obtenidos de la tabla:

$$T(-) = 274,5 \text{ y } T(+) = 22,5$$

Tomando  $T=22,5$  (por ser el menor)

Buscamos en la tabla de prueba de rangos con signo de pares coincidentes:

$$T\alpha(n = 33,2 \text{ colas}, \alpha = 0.05) = 188$$

Comparando  $T(+) < T\alpha$  como el  $T$  es menor rechazamos la hipótesis nula, es decir podemos asegurar que existe una variación en los niveles de iluminación del recinto.

## CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis realizado intervalo de confianza de la media, la varianza, prueba de hipótesis y la prueba de Wilcoxon se concluye que los niveles de iluminación en Departamento de alumnos no es el adecuado según la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo 19587 Decreto 351/79, contrastando los resultados obtenidos en el proyecto final realizado para la Cátedra de Instalaciones Eléctricas.

## BIBLIOGRAFIA

- “Probabilidad y estadística para Ingeniería y Ciencias” William Mendenhall, Terry Sincich.
- Fundamentos de estadística, Daniel Peña Sánchez de Rivera