

Análisis de la iluminación general y su incidencia en la ergonomía visual *Analysis of general lighting and its impact on visual ergonomics*

Christian Patricio Cabascango Camuendo ¹, Luis Mauricio Simbaña Coronel ², Daniel Orlando Campoverde Campoverde ³.

¹ Magíster en Diseño Mecánico, Especialista en Gestión de la Calidad en Educación, Profesor, Coordinador de investigación, Instituto Superior Tecnológico Tecnocuatoriano. Quito-Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-4927-0832>. ccabascango@tecnocuatoriano.edu.ec

² Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales, Profesor, Coordinador de la Carrera de Seguridad e Higiene del Trabajo, Instituto Superior Tecnológico Tecnocuatoriano. Quito-Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-1570-4364>. louisscgabriel@hotmail.com

³ Magíster en Educación en Entornos Digitales, Profesor, Coordinador de Plataformas Tecnológicas, Instituto Superior Tecnológico Tecnocuatoriano. Quito-Ecuador. <https://orcid.org/0000-0001-7656-506>. campoverde8571@gmail.com

Resumen

Objetivo: describir la metodología que se utiliza para la distribución adecuada de la iluminación en un taller mecánico, considerando la ergonomía visual y no solo el punto de vista de eficiencia energética. Metodología: se utilizaron las siguientes normativas: UNE-EN 124664-1, RETALIP, y el Decreto Ejecutivo 2393, basándose en el método de cálculo por cuadrícula y método de cálculo por lúmenes, los cuales consisten en dividir por áreas de trabajo la zona del taller para la toma de las muestras, donde el equipo de medición se encuentre en un punto de visión clara con un ángulo de 90°, dividiendo el área de trabajo en 3 subáreas, de las cuales se tomaron 3 o 4 mediciones como réplicas. Resultado: las muestras tomadas durante la mañana presentan un promedio por encima de los 500 lux, con excepción del área de bodega que presentó 94,31luxces, concluyendo que esta área no tiene una iluminación adecuada. Igualmente, se procede a realizar mediciones en la jornada nocturna, con los siguientes resultados: área de elevadores 57,125 luxes, área bodega 38,38 luxes, área mezanine 88,08 luxes, área de taller general, 158,82 luxes, área de cajas 113,66 luxes, área de motores 98,91 luxes, Conclusiones: ninguna de las áreas está apta para el desarrollo de actividades relacionadas con trabajos industriales, donde los estudiantes están expuestos a iluminación deficiente, por lo que se recomienda desarrollar un sistema que controle la intensidad de lúmenes de las iluminarias y realizar un rediseño de iluminación en el taller.

Palabras clave: ergonomía visual, luminotecnia, método de lúmenes, seguridad y salud en el trabajo.

Abstract

Objective: to describe the methodology used for the adequate distribution of lighting in a mechanical workshop, considering visual ergonomics and not only the energy efficiency point of view, Methodology: using the following regulations, UNE-EN 124664-1, RETALIP and Executive Decree 2393, and based on the calculation method by grid and calculation method by lumens which consist of dividing the workshop area for taking samples by work areas, where the measuring equipment is located in a clear point of view with an angle of 90o, dividing the work area into 3 sub areas, of which 3 or 4 measurements were taken as

replicas. Result: The samples taken during the morning show an average above 500 lux, with the exception of the warehouse area, which presented 94.31luxces, concluding that this area does not have adequate lighting. Likewise, measurements are carried out during the night shift, with the following results: elevator area 57,125 lux, warehouse area 38.38 lux, mezzanine area 88.08 lux, general workshop area, 158.82 lux, checkout area 113.66 lux, motor area 98.91 lux, Conclusions: none of the areas are suitable for the development of activities related to industrial work, where students are exposed to poor lighting, therefore, it is recommended to develop a system that control the lumen intensity of the lighting fixtures and perform a lighting redesign in the workshop.

Keywords: visual ergonomics, lighting technology, lumens method, occupational health and safety.

Introducción

El marco legal ecuatoriano no considera una metodología específica de planificación y organización que regule la seguridad y mejoramiento del ambiente laboral de los operarios, en relación a la iluminación y sus espacios de trabajo. No obstante, el Decreto Ejecutivo 2393 (1986) da pautas de instalaciones físicas que mencionan que todos los lugares de trabajo y tránsito, deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, con la finalidad de que el trabajo pueda efectuarse con seguridad y sin daño para los ojos, dotando de un valor de 500lux para trabajo industria. Pero, el diseño de la iluminación general es un campo, que a nivel nacional, y en la mayoría de instituciones públicas y privadas, se enfoca en áreas de trabajos administrativos. Sin embargo, la iluminación "tiene como principal finalidad el facilitar la visualización, de modo que el trabajo se pueda realizar en condiciones aceptables de eficacia, comodidad y seguridad" (Álvarez, Conti, Valderrama, Moreno y Jiménez, 2006, p. 43). Además, "la iluminación o la falta de ella puede ser un riesgo de seguridad, pero no existe un código para iluminación mínima segura en cualquier campo de acción" (Asfahl y Rieske, 2015, p. 158).

A nivel nacional, las instancias correspondientes encargadas de la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores no promueven los límites de iluminación adecuada para trabajos en sectores industriales; así como una metodología a utilizar para la implementación de un sistema de iluminación. Por estas razones, hay que guiarse por recomendaciones visuales basadas únicamente en parámetros de capacidad visual, que son generalmente limitadas (Boyce et al., 2006).

Para evitar esto, y alinearse a lo que menciona la Organización Mundial de la Salud, es primordial que la seguridad y salud ocupacional del trabajo promuevan el bienestar físico, mental y social de los operarios en relación con las condiciones de trabajo. Por ello, la distribución, la intensidad y el equilibrio entre luz artificial y natural deben ser adecuadas y específicas para el tipo de trabajo a desarrollar, buscando un equilibrio entre la actividad y el ambiente, ya que, una deficiente iluminación "afecta básicamente la visión, irritación, y provoca cansancio ocular y molestias no oculares como dolor de cabeza" (Organización Internacional del Trabajo, 2014, p. 27).

En el estudio realizado por Cachimuel, Segura y Remache, (2020), en el cual citan a Laguna (2017), se concluyó que "se deben tomar en cuenta normas y parámetros al realizar el diseño

de los sistemas de iluminación. Con estos resultados se afirma que los sistemas de iluminación adecuados son necesarios para brindar un ambiente óptimo de trabajo” (p. 3). En base a estos antecedentes se debe realizar una distribución de la iluminación desde una perspectiva técnica basada en normas, nacionales e internacionales, como lo son UNE-EN 124664-1 2020, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETALIP), y el Decreto Ejecutivo 2393 con el fin de que “La iluminación artificial, de tipo y potencia adecuados, se dispondrá de tal forma que no produzca el deslumbramiento de los trabajadores ni sombras molestas” (Organización Internacional del Trabajo, 2009, p. 317). Esto se hace tomando en cuenta que los trabajos relacionados con el área industrial generan una cierta cantidad de sombra.

El enfoque a la actividad de industria y tecnología, específicamente en la ciudad de Quito, se da porque “tiene alta concentración de actividad productiva con respecto al resto de ciudades del Ecuador” (Visión de Quito 2040, 2018, p. 260), las cuales están relacionadas al trabajo profesional y técnico, manufactura, comercio, transporte y construcción. El sector comercio y la reparación de vehículos capta el 22% de mano de obra, seguidos por las industrias manufactureras, con el 12% de la fuerza laboral.

Los sectores de administración pública y construcción ocupan cada uno el 8% de la Población Económicamente Activa (PEA) (Visión de Quito 2040, 2018, p. 264). Y desde esta perspectiva de actividad industrial, existen 147 instituciones de educación superior a nivel nacional dentro del campo de la formación técnica y tecnológica y 47 en la Provincia de Pichincha, que se encuentran realizando actividades relacionadas con el campo industrial, según datos de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación para el periodo 2018. Para el desarrollo de las actividades de educación referentes a las áreas técnicas de reparación de vehículos se realizan prácticas de taller en jornadas matutinas y nocturnas, por lo cual, una iluminación deficiente puede aumentar la posibilidad de que los estudiantes, en general, cometan errores de trabajo durante sus prácticas en el taller, lo que conlleve a que se produzcan accidentes.

Del mismo modo, una mala iluminación puede provocar la aparición de fatiga visual, con los perjuicios que esto representa para la salud de las personas como: problemas en los ojos (sequedad, picor o escozor), dolor de cabeza, cansancio, irritabilidad, mal humor. Por lo expuesto con anterioridad, el objetivo del presente estudio es enfocarse en describir la metodología que se utiliza para la distribución adecuada de la iluminación en un taller mecánico, tomando en cuenta la ergonomía visual y no solo el punto de vista de eficiencia energética.

Materiales y métodos

En el presente estudio se toma como línea de investigación la higiene y salud del trabajo, lo cual, para su aplicación específica se ancla a la investigación de la ergonomía visual y factores humanos, con la finalidad de realizar un análisis del fenómeno presente, cuando existe una deficiente iluminación en el área de trabajo dentro del campo industrial.

La metodología utilizada para la distribución adecuada de la iluminación sin generar deslumbramiento, es el método de cálculo por cuadrícula y método de cálculo por lúmenes, los cuales consisten en dividir por áreas de trabajo la zona del taller para la toma de las

muestras, donde el equipo de medición se encuentre en un punto de visión clara con un ángulo de 90°. Es decir, el área de trabajo se debe dividir en 3 subáreas, de las cuales se tomaron 3 o 4 mediciones, con la finalidad de disminuir la incertidumbre entre cada medición, para determinar el número de luminarias necesarias, la potencia, el funcionamiento y el flujo de iluminación, sin generar un consumo excesivo de energía, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 1. Áreas del taller. Mediciones de largo y ancho de cada una de ellas.
Fuente: Cabascango, Simbaña y Campoverde (2021).

Todo esto se hace con la finalidad de que esta distribución cumpla con los aspectos que menciona la ergonomía visual que son: “cómo diseñar o adaptar el lugar de trabajo al trabajador a fin de evitar distintos problemas de salud y de aumentar la eficiencia” (Álvarez, Conti, Valderrama, Moreno Jiménez, 2006, p. 240).

Además, en el método de lúmenes se debe describir la fuente de luz, la iluminación y la regulación de la luminaria durante el proceso de cálculo. Este método “calcula el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general, que proporciona una iluminancia media con un error de $\pm 5\%$ y [...], y da una idea muy aproximada de las necesidades de iluminación” (Castilla, Blanca, Martínez y Pastor, 1995). Es más, “el método consiste en separar el espacio del local a estudiar en tres cavidades: cavidad del techo, cavidad de cuarto y cavidad de piso” (Cabeza, Cabeza, Corredor, 2008, p.36), tal como se muestra en la figura 2.

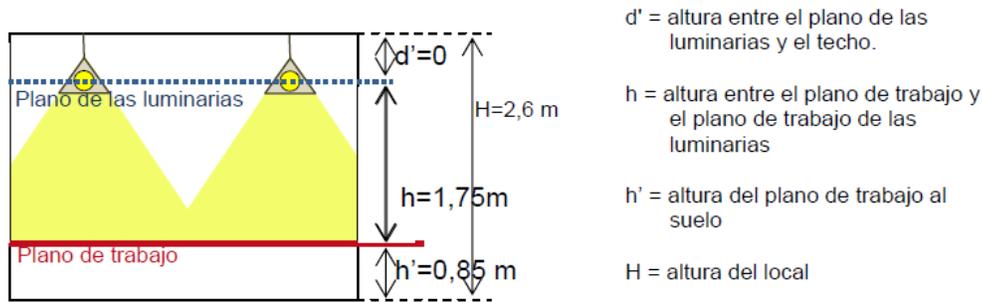


Figura 2.
 Áreas del taller. Mediciones de largo, y ancho de cada uno de ellas.
 Fuente: (Castilla, Blanca, Martínez y Pastor, 1995).

El instrumento utilizado para realizar dichas mediciones es el Luxómetro ALC750/LX1330B Rango de medición: 200lux, 2000lux, 20000lux, 200000lux, que cuenta con una exactitud del ± 3 al ± 0.5 .

Posteriormente, en el siguiente apartado se describe el desarrollo del proceso de mediciones que fueron utilizadas, tanto en el método de lúmenes como en el método punto por punto.

El método de punto por punto permite tomar una muestra de los puntos de iluminación dentro del área calculada, para lo cual se debe calcular el índice del local (k) y determinar el número mínimo de puntos de medición (N) en cada cuadrícula de los puntos de muestreo, para el desarrollo de este método se utiliza la siguiente formula.

$$k = \frac{b \cdot a}{h(b+a)} \quad (1)$$

Donde;

- k = índice del local
- a = ancho
- b = largo
- h = altura del montaje

Número mínimo de puntos de medición

$$N = (x + 2)^2 \quad (2)$$

Donde;

- N = número mínimo de puntos de medición
- x = (k) índice del local promediado al inmediato superior

La medición de los niveles lumínicos necesarios para determinar la cantidad de lámparas para el taller se determina con el Método de Lúmenes, ampliamente utilizado en la prevención de riesgos laborales.

El método de lúmenes es un procedimiento muy práctico con un error de 5%, y es utilizado para diseñar sistemas de alumbrado de interiores donde se necesita garantizar un nivel de iluminación uniforme. (Domínguez, Rodríguez, Guillén, Villacreses, Terán, Guadamud, Castro, 2018, p. 111). De la misma manera brinda una idea muy aproximada de las

necesidades de iluminación. Para ello se requiere calcular la luminancia necesaria en el ambiente, lo que es posible a través de la aplicación de la siguiente ecuación:

$$\Phi T = \frac{Em * S}{Cu * Cm} \quad (3)$$

Donde:

Em = nivel de iluminación medio (en LUX)

ΦT = luminancia que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)

S = superficie a iluminar (en m²).

Esta luminancia se ve afectada por unos coeficientes de utilización (Cu) y de mantenimiento (Cm), que se definen a continuación:

Cu = Coeficiente de utilización: "Es la relación entre la luminancia recibida por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa. Lo proporciona el fabricante de la luminaria" (Castilla et. al. 2011, p.2).

Cm = Coeficiente de mantenimiento: "Es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria" (Castilla et. al. 2011, p.2).

Determinar el coeficiente de mantenimiento (Cm), según el tipo de local. Si está limpio se colocará 0.8 y si se encuentra sucio 0.6.

Adicionalmente, es necesario recopilar datos como se detalla a continuación:

- a. Dimensiones del local. (a, b y H)
- b. Altura del plano de trabajo. (h')
- c. Nivel de iluminancia media. (Em)
- d. Elección del tipo de lámpara.

La elección del tipo de luminaria se puede tomar de catálogos comerciales, y para este caso, específicamente, se tomó del The lighting Handbook (2018) que describe las características de las luminarias que se están utilizando en el taller. Basándose en estas características también se debe tener en cuenta la altura de suspensión, porque es una variable que influye en la luminaria seleccionada.

Para determinar el coeficiente de utilización (Cu), se determinan los coeficientes de reflexión donde se utilizará 0.5 para techo, 0.3 para paredes y 0.1 para el piso, como lo menciona en la norma UNE-EN 12464-1 2020, para áreas de trabajo que relacionan fabricación de vehículos, mientras que el índice k del local se lo establecerá mediante la fórmula (4):

$$NL = \frac{\Phi T}{n * \Phi TL} \quad (4)$$

Donde:

NL = número de luminarias

ΦT = luminancia total necesaria en la zona o local

ΦL = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

n = número de lámparas que tiene la luminaria

Cálculo de uniformidad

La uniformidad se la calcula mediante la relación entre iluminación mínima que es el valor más pequeño de la medición, dividida por el promedio de las mediciones, como se explica en la siguiente la fórmula:

$$U = \frac{E_{min}}{E_{prom}} \quad (5)$$

Donde

U= uniformidad

E_{min}= iluminación mínima

E_{prom}= iluminación promedio

Resultados

Para desarrollar el método de cuadrículas y recolectar el número de puntos de muestra, se dividió al taller de prácticas de Mecánica y Electromecánica Automotriz del Campus Norte del Instituto Superior Tecnológico Tecnocuatoriano, ubicado en el sector de Calderón, en seis áreas que son elevadores, oficina/bodega, mezanine, taller general, cajas y motores tomando en cuenta sus dimensiones y ubicación. En la siguiente grafica se muestran el número de puntos que se van a tomar en cuenta en cada área (Fig. 3).

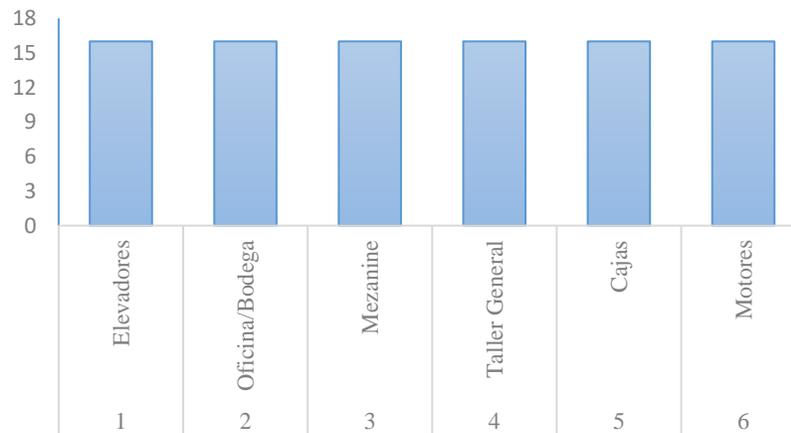


Figura 3.

Número de puntos de recolección por áreas del taller. Se distribuyen en seis áreas los resultados de los cálculos de cada una de ellas.

Fuente: Cabascango, Simbaña y Campoverde (2021).

La toma de los puntos se realizó en dos horarios, debido a las dos jornadas laborales que tiene el instituto: 09:00 para la toma del día y 19:00 para la noche.

Tabla 1

Resultado de las mediciones en el día con el luxómetro digital

Áreas	Mediciones por punto (LUX)				Promedio parcial LUX	Promedio total LUX.
Elevadores	5900	4440	3330	2300	3992,5	1567,625
	1840	1100	1090	750	1195	
	640	710	590	420	590	
	542	450	620	360	493	
Oficina	100	145	150	40	108,75	94,3125
	134	150	80	15	94,75	
	105	115	60	45	81,25	
	210	60	45	55	92,5	
Mezanine	1725	600	520	590	858,75	742,8125
	1920	690	620	450	920	
	1700	420	350	250	680	
	1500	200	230	120	512,5	
Taller General	2030	3000	3670	3570	3067,5	1097,96875
	790	850	1291	1075	1001,5	
	300	172	190	178	210	
	185	98	78,4	90,1	112,875	
Cajas	457	508	519	1233	679,25	1753,8125
	2080	3350	3860	1840	2782,5	
	1645	2560	2710	1910	2206,25	
	1240	849	1250	2050	1347,25	
Motores	1620	780	1264	2730	1598,5	1962,375
	4200	1741	780	1210	1982,75	
	1460	2223	1840	2780	2075,75	
	1330	2710	2470	2260	2192,5	

Nota: La primera columna presenta las áreas de las mediciones. Las 16 mediciones determinadas por el método de cuadrículas. El promedio parcial de las filas en luces. El promedio total en luxes por cada área en el día. Fuente: Cabascango, Simbaña y Campoverde (2021).

En la siguiente tabla 2, se presentan las cuatro mediciones que se realizaron para obtener un promedio de la iluminación en las seis áreas de trabajo dentro del taller de mecánica. Estos datos serán utilizados para realizar la comparación con los rangos de referencia que mencionan las normativas, analizar qué sector debe ser intervenido y generar una adecuada corrección del número de luminarias a utilizar, o cambiar el tipo de luminaria por otra que genera una mayor iluminación.

Tabla 2

Resultado de las mediciones en la noche con el luxómetro digital

Áreas	Mediciones por punto (LUX)				Promedio parcial LUX	Promedio total LUX.
Elevadores	1,5	20,4	9,1	28,5	14,875	57,125
	40,5	45,5	45,3	88,3	54,9	
	123,5	94,9	96,3	95,2	102,475	
	78,2	56,3	39,4	51,1	56,25	
Oficina	34,1	40,1	24,1	9	26,825	38,38125
	60,3	67,7	14,1	22	41,025	
	41,1	57,5	47,7	35	45,325	
	43,2	33,1	34,1	51	40,35	
Mezanine	15,1	47,4	9	330	100,375	88,0875
	86	40,2	17,4	64,3	51,975	
	285	55,1	94,2	295	182,325	
	19	27,1	13,2	11,4	17,675	
Taller General	11,9	133,7	106,9	70,5	80,75	158,825
	12,6	112,5	1378,2	73,5	394,2	
	12,3	164,2	82,6	88,5	86,9	
	13,9	105,2	75,4	99,3	73,45	
Cajas	138,1	113,9	98,6	52,7	100,825	113,6625
	167,4	101,7	137,1	93	124,8	
	170,1	95,9	113,5	79,2	114,675	
	176,4	114	73,7	93,3	114,35	
Motores	105,2	115,3	97,1	79,1	99,175	98,9125
	142,3	114,4	109,1	84,1	112,475	
	105,1	129,1	110,2	79,1	105,875	
	89,3	98,4	74,1	50,7	78,125	

Nota: La primera columna presenta las áreas de las mediciones. Las 16 mediciones determinadas por el método de cuadrículas. El promedio parcial de las filas en luces. El promedio total en luxes por cada área en la noche. Fuente: Cabascango, Simbaña y Campoverde (2021).

En la tabla 3 se detallan los promedios obtenidos durante la medición de luxes en el taller automotriz y se comparan con las normativas del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP que hace referencia a la media de niveles de luminancia en talleres de mecánica que es de 500 luxes. Esto se encuentra en correspondencia con el Decreto Ejecutivo 2393 que también proporciona una medida igual de 500 luxes, para trabajos en los cuales se necesita distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado, torneado y dibujo.

Por último, también se ajusta a la norma UNE-EN 124664-1, que establece que se debe tener un promedio de alrededor de 500 lux para evitar cualquier inconveniente relacionado con la iluminación y la ergonomía visual. Se observa que, en cada una de las áreas descritas en la tabla, se cumple con los niveles mínimos requeridos en el momento de realizar trabajos

en el ámbito industrial en jornadas matutinas; en consecuencia, no tendrían ningún inconveniente.

Tabla 3

Comparación promedio de luxes con las normativas técnicas, mediciones en el día

Áreas	Promedio de luxes obtenidos	Decreto Ejecutivo 2393	UNE-EN 124664-1	RETILAP	Cumplimiento	Porcentaje de cumplimiento
Elevadores	1567,63	500	500	500	SÍ	314%
Oficina	94,31	500	500	500	NO	19%
Mezanine	742,81	500	500	500	SÍ	149%
Taller General	1097,97	500	500	500	SÍ	220%
Cajas	1753,81	500	500	500	SÍ	351%
Motores	1962,38	500	500	500	SÍ	392%

Nota: La primera columna presenta las áreas de las mediciones. El promedio de luxes obtenidos en las mediciones. Referencia del Decreto Ejecutivo 2393. Referencia del Manual de Seguridad ISTTE. Referencia de RETILAP. Cumplimiento de las áreas. Porcentaje de cumplimiento de lúmenes.

Fuente: Cabascango, Simbaña y Campoverde (2021).

En la tabla 4 se presentan los promedios de los resultados obtenidos en las mediciones del taller mecánico mencionado con anterioridad, pero, con la variante de que dichas medidas se toman en la jornada nocturna, alrededor de las 19:00. Esto se hizo con la finalidad de corroborar que la distribución y la iluminación es adecuada para realizar trabajos de mecánica.

Se puede observar que ninguna de las áreas cumple con lo que mencionan las normativas internacionales ni nacionales; lo cual conlleva a que cada estudiante que se encuentre bajo esta distribución de iluminación pueda alterar su percepción del medio, afectando su visión. Para neutralizar este efecto debe utilizar gafas de policarbonato, como medida momentánea de protección. Aunque, al revisar los porcentajes de cumplimiento de iluminación, se refleja que ninguna de las áreas tiene por lo menos el 50%, lo cual determina que ningún sector es favorable para realizar trabajos en jornadas nocturnas.

Tabla 4
Análisis de resultados con la normativa nacional e internacional en la noche

Áreas	Promedio de luxes obtenidos	Decreto Ejecutivo 2393	UNE-EN 124664-1	RETILAP	Cumplimiento	Porcentaje de cumplimiento
Elevadores	57,125	500	500	500	NO	11%
Oficina	38,38125	500	500	500	NO	8%
Mezanine	88,0875	500	500	500	NO	18%
Taller General	158,825	500	500	500	NO	32%
Cajas	113,6625	500	500	500	NO	23%
Motores	98,9125	500	500	500	NO	20%

Nota: La primera columna presenta las áreas de las mediciones. El promedio de luxes obtenidos en las mediciones. Referencia del Decreto Ejecutivo 2393. Referencia del Manual de Seguridad ISTTE, Referencia de RETILAP. Cumplimiento de las áreas. Porcentaje de cumplimiento de lúmenes.
 Fuente: Cabascango, Simbaña y Campoverde (2021).

Una vez realizado el cálculo de los lúmenes en los diferentes sectores del taller mecánico, se procede a realizar y calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en el taller iluminado con alumbrado general (Tabla 5). Para el mismo se determina que la luminaria adecuada es la luminaria industrial tipo hermética, diseñada con LED de alta eficacia y driver independiente de la marca Silvania P23661.

El resultado obtenido determina: que el área 1 de los elevadores requiere 8 luminarias; el área 2 de la oficina-bodega, 2 luminarias; el área 3 del mezanine 3 luminarias; el área 4 del taller general, 14 luminarias; el área 5 de las cajas, 4 luminarias; y el área 6 de los motores, 4 luminarias.

Tabla 5
Resultado del cálculo del número de luminarias

Áreas	Resultado del número luminarias
Elevadores	8
Oficina	2
Mezanine	3
Taller General	14
Cajas	4
Motores	4

Nota: La primera columna presenta las áreas de las mediciones. Resultado del número de luminarias.
 Fuente: Cabascango, Simbaña y Campoverde (2021).

Discusión

La ergonomía visual es un ámbito que se debe tener en cuenta al momento del desarrollo de las áreas de trabajo, con la finalidad de evitar riesgos físicos con la visión, ya que pueden deparar en enfermedades profesionales como la astenopia, y “dentro de los tipos de riesgo que desencadenan enfermedades profesionales, considerados riesgos de higiene, tenemos los físicos y dentro de estos el más relevante es la iluminación” (Álvarez, Conti, Valderrama, Moreno Jiménez, 2006, p. 232). Según lo mencionado por Saavedra, Rey y Luyo (2016) “Los sectores residencial, comercial e industrial corresponden al alumbrado interior de las edificaciones, por lo que en muchas aplicaciones utilizan las mismas tecnologías de iluminación”, (p. 3). Es decir, no determinan la iluminación por ámbito laboral y más bien se basan solo en la duración del elemento luminario y el bajo consumo de energía, lo cual conlleva a la implementación de equipos de protección personal para los operarios, dejando de lado el criterio de ergonomía visual que establece que se opte por un diseño enfocado en el operario mas no en la industria. Lo recomendable es determinar la distribución de iluminaria por métodos técnicos, porque: “uno de los factores que más incidencia tiene sobre los trastornos visuales es la iluminación directa con tubos fluorescentes” (Álvarez, Conti, Valderrama, Moreno Jiménez, 2006, p. 242).

Dentro de un taller mecánico el estudiante está expuesto a otros factores de riesgo, como lo mencionan Álvarez, Conti, Valderrama, Moreno Jiménez (2006), también “a la contaminación generada por agentes de riesgo como el dióxido y monóxido de carbono, así como el monóxido de nitrógeno, que son los gases de combustión de los vehículos, desencadenan en el trabajador irritación ocular” (p. 237). Tomando los datos de la norma NTE INEN 2204 2017, los operarios del taller están expuestos a un 2,3 g/km de monóxido de carbono, 0,15g de monóxido de nitrógeno y 0,2g/km de hidrocarburos no quemados, durante las cuatro horas de prácticas que tienen en el taller mecánico y, en ocasiones, para mitigar esa falta de iluminación, se ha determinado que se utilicen gafas de policarbonato como parte del equipo de protección personal.

Con la instalación de lámparas de halógeno que “utilizan un filamento diseñado con mayor precisión en una cápsula de cuarzo llena de gas halógeno, que se recubre con materiales espectralmente selectivos” (Saavedra, Rey y Luyo, 2016, p. 4), con 100vatios de potencia, se busca mejorar la iluminación en la jornada nocturna. No obstante, luego de realizar las mediciones se obtienen los siguientes valores de luminancia: 57,125lux en el área de elevadores, 38,38lux en el área de bodega, 88,08lux en el área de taller general, 113,66lux en el área de cajas y 98,9lux en el área de motores. Estos valores se encuentran muy por debajo de los 500lux que mencionan las normas. A pesar de tener una buena tecnología, “ciertos espacios requieren algún tipo de iluminación especial para aprovechar las condiciones del mismo, como es el caso de [...] los hospitales, las oficinas, las industrias” (Triana y Camargo, 2020, p. 84). En este punto se debe combinar la tecnología de la luminaria con el aspecto técnico, para auxiliar a la selección de “fuente de luz adecuada y los ideales niveles de iluminación contribuyan a un mejor desempeño laboral y a la reducción de estrés y cefaleas en los trabajadores” (Triana y Camargo, 2020, p. 84).

Según Álvarez, Conti, Valderrama, Moreno Jiménez (2006): “el ojo humano está adaptado a una iluminación normal entre 40 y 100 vatios” (p. 235). Esto determina que las iluminarias no necesariamente deben tener valor alto de potencia para iluminar mejor, por el contrario, la distribución, la ergonomía visual y el ahorro en el consumo de energía pueden

ir a la par para evitar que "la iluminación afecte el comportamiento de las personas y su impresión de los espacios" (Villalba, Monteoliva y Pattini 2016, p. 72).

Conclusiones

La iluminación es un elemento importante en la productividad, además, disminuye el riesgo de físico por deslumbramiento y contribuye a evitar problemas de salud de los trabajadores. En este caso, de los usuarios del taller de prácticas. También la mala atención en la práctica y la falta de interés que podría tener el estudiante, son factores que pueden causar accidentes dentro de las instalaciones.

El taller de prácticas de mecánica y electromecánica automotriz es operativo en sus dos jornadas matutina y nocturna. En la media de los lúmenes obtenidos por la mañana solo la bodega/oficina presenta riesgos ergonómicos visuales para sus operarios; mientras que por la noche ningún área cumple las normativas nacionales e internacionales, y son un riesgo grave de lesiones visuales.

La deficiente iluminación o la falta de la misma puede generar riesgos físicos, principalmente en la visión. Al no existir una política o un código de iluminación que muestre los parámetros mínimos, se debe acudir a normativas internacionales que, por su tiempo de vigencia, son una herramienta adecuada para la determinación de aspectos técnicos en cuanto al rediseño del sistema de iluminación de un lugar de trabajo. Es más, este tipo de metodología puede aportar al recambio de productos de iluminación ineficiente.

Recomendaciones

El uso de iluminarias incandescentes o lámparas de servicio general, independientemente de la altura a la que se encuentren iluminando, con el paso del tiempo y su deterioro empiezan a generar pequeños apagones, dando un aspecto de luz estroboscópica, la cual no es recomendable para la utilización dentro de trabajos de precisión. Por ende, se debería realizar un cambio del tipo de tecnología que va tener la nueva iluminaria a implementar.

Otro de los puntos que se debe tomar en cuenta al momento de realizar una redistribución de la iluminación en los lugares de trabajo, es determinar la jornada en la que se van a realizar las actividades. Por ejemplo, en el taller mecánico, si la jornada va ser nocturna y el tipo de iluminaria o la cantidad de las mismas va generar un consumo excesivo de energía, lo que menciona la Organización Internacional del Trabajo es que se puedan adoptar medidas compensatorias, como pausas activas, rotación de actividades, utilización de equipos de protección personal como gafas a base de policarbonato de color amarillo que mejoran el contraste y la visibilidad en condiciones de poca iluminación.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

- Álvarez, F., Conti, L., Valderrama, F., Moreno, O., & Jiménez, I. (2006). *Salud Ocupacional* (1st ed.). ECOE.
- Asfahl, C. R., & Rieske, D. (2015). *Seguridad industrial y administración de la salud* (6th ed.). PEARSON. <file:///C:/Users/USUARIO/AppData/Local/Temp/Seguridad-Industrial-y-Administración-de-la-Salud-6ed-Asfahl1.pdf>

- Asociación Española de Normalización y Certificación, A. (2020). Norma UNE-EN 12464-1_ Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores. In *AENOR _ Asociación Española de Normalización y Certificación* (p. 43). <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0048898>
- Cabeza, M., Cabeza, M., & Corredor, E. (2008). Evaluación de la iluminación en los puestos de trabajo de una empresa petrolera. *Visión General*, 1(7), 33–44. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465545878003%0ACómo>
- Cachimuel, C., Segura-D´Rouville, J., & Remache-Vinueza, B. (2020). La Reingeniería aplicada al sistema de iluminación en una organización industrial. *CienciAmérica*, 9(4), 51. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i4.343>
- Castilla Cabanes, N., Blanca Giménez, V., Martínez Antón, A., & Pastor Villa, R. M. (2007). LUMINOTECNIA: Cálculo según el método de los lúmenes. *Construcciones Arquitectónicas*, 1, 10. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/artículo docente Cálculo método de los lúmenes.pdf?sequence=3>
- Cole, M., & Driscoll, T. (2014). The lighting revolution: If we were experts before, we're novices now. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 50(2), 1509–1520. <https://doi.org/10.1109/TIA.2013.2288210>
- DiLaura, D. L., Houser, K. W., Mistrick, R. G., & Steffy, G. R. (2017). The Lighting Handbook. *The Lighting Handbook*, 1328.
- El, E. N., Sst, T., Franco, R., Morales, N., Lis, A., & Nardelli, R. (2014). Salud y Seguridad en el Trabajo (SST). *ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL TRABAJO*, 1, 12–17. <https://doi.org/10.18356/6dd6fe59-es>
- Instituto Metropolitano de Planificación Urbana. (2018). *Visión de Quito 2040* (1st ed.). <http://impu.quito.gob.ec/vision-2040/>
- López, C., Miguel, J., Villa, P., & María, R. (2016). *LUMINOTECNIA : Cálculo según el método del punto por punto*. January 2011.
- López, J., Álvarez, J., & Bassam, A. (2017). Eficiencia Energética en Luminarias : Estudio de Caso. *Ingeniería*, 21(3), 1–12. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46754522001>
- NTE INEN 2204. (2016). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204. *Inen*. <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/PROYECTO-A2-NTE-INEN-2204.pdf>
- Rodríguez, C. (2009). *Los convenios de la OIT sobre seguridad y salud en el trabajo*. Centro Internacional de Formación de la OIT.
- Saavedra, E., Rey, J., & Luyo, J. (2017). Sistemas de Iluminación , situación actual y perspectivas. *TECNIA*, 26(2), 44. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v26i2.57>
- Triana-Rojas, E. A., & Camargo-Mendoza, J. E. (2020). Videojuego para la enseñanza de la realización de diseños de iluminación siguiendo el RETILAP. In *TecnoLógicas* (Vol. 23, Issue 49). <https://doi.org/10.22430/22565337.1611>
- Villalba, A. M., Monteoliva, J. M., & Pattini, A. E. (2016). Amabilidad visual: Sistemas de sombreado. *Arquiteturarevista*, 12(1), 71–86. <https://doi.org/10.4013/arq.2016.121.07>