

Evaluation of the impact of a lighting control system on visual comfort in a hospital specimen processing laboratory

D.Y. Cabrera-Chocata, MSc¹ , and C.A. Velazco-Yañez 

¹Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa, Perú, c20101@utp.edu.pe (D.Y.C.-CH), 1012793@utp.edu.pe (C.A.V.-Y)

Abstract– Visual comfort is a key factor in the productivity and health of workers in sample processing laboratories, where adequate lighting prevents visual fatigue and improves accuracy in technical tasks. This study evaluated the effectiveness of an intelligent lighting control system in the laboratory of HNCASE - ESSALUD, Arequipa. A pre-post intervention experimental study was designed, measuring light levels with luxmeters and simulations with DIALUX software. Sixty-two workers were surveyed about their visual perception using a Likert scale. The data were analyzed with statistical tests to evaluate significant differences. The results indicated a significant increase in average illumination: the production area went from 114 lux to 647 lux and the urinalysis-parasitology area went from 199 lux to 755 lux, exceeding the minimum standard of 500 lux according to NTP EM.010. In addition, 96.77% of workers reported significant improvement in visual comfort ($p < 0.001$), along with reduced discomfort and perception of eye fatigue. These findings support the importance of lighting control to improve visual ergonomics and well-being in technical environments, agreeing with previous literature linking adequate lighting levels with optimal work performance. As a limitation, the study was confined to a single laboratory and limited period, recommending multicenter extensions and long-term follow-up. In conclusion, lighting control technology represents an effective strategy to enhance visual comfort and efficiency in laboratories.

Keywords– Lighting control, visual comfort, laboratory, visual ergonomics, energy efficiency.

Evaluación del impacto de un sistema de control de iluminación en el confort visual en laboratorio de procesamiento de muestras hospitalarias

D.Y. Cabrera-Chocata, MSc¹ , and C.A. Velazco-Yañez¹ 

¹Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa, Perú, c20101@utp.edu.pe (D.Y.C.-CH), 1012793@utp.edu.pe (C.A.V.-Y)

Resumen— El confort visual es un factor clave en la productividad y salud de los trabajadores en laboratorios de procesamiento de muestras, donde la iluminación adecuada previene fatiga visual y mejora la precisión en tareas técnicas. Este estudio evaluó la eficacia de un sistema de control de iluminación inteligente en el laboratorio del HNCASE – ESSALUD, Arequipa. Se diseñó un estudio experimental pre-post intervención, efectuándose mediciones de niveles lumínicos con luxómetros y simulaciones con software DIALUX. Se encuestó a 62 trabajadores sobre su percepción visual utilizando una escala Likert. Los datos fueron analizados con pruebas estadísticas para evaluar diferencias significativas. Los resultados indicaron un aumento significativo en la iluminación promedio: área de producción pasó de 114 lux a 647 lux y área de uroanálisis-parasitología de 199 lux a 755 lux, superando el estándar mínimo de 500 lux según NTP EM.010. Además, el 96.77% de los trabajadores reportó mejora significativa en el confort visual ($p < 0.001$), junto con reducción de molestias y percepción de fatiga ocular. Estos hallazgos respaldan la importancia del control de iluminación para mejorar la ergonomía visual y el bienestar en entornos técnicos, concordando con literatura previa que vincula niveles lumínicos adecuados con rendimiento laboral óptimo. Como limitación, el estudio se circunscribió a un solo laboratorio y periodo limitado, recomendándose ampliaciones multicéntricas y seguimiento a largo plazo. En conclusión, la tecnología de control de iluminación representa una estrategia eficaz para potenciar el confort visual y la eficiencia en laboratorios.

Palabras clave— Control de iluminación, confort visual, laboratorio, ergonomía visual, eficiencia energética.

I. INTRODUCCIÓN

Los laboratorios de procesamiento de muestras hospitalarias desempeñan un rol esencial en el sistema de salud, al proporcionar análisis precisos y oportunos que permiten el diagnóstico, tratamiento y monitoreo de enfermedades [1], [2], [3]. El desempeño eficaz de estos espacios es fundamental para garantizar la calidad de la atención médica, donde el personal técnico requiere condiciones ambientales óptimas para mantener un alto nivel de concentración, precisión y seguridad durante sus actividades diarias [1], [4]. En este contexto, el confort visual emerge como un factor crítico, dado que la iluminación adecuada puede influir directamente en la productividad, la precisión analítica y la salud ocular del personal [5], [2].

El confort visual constituye un componente fundamental en la ergonomía de los espacios laborales, especialmente en entornos hospitalarios donde las labores en laboratorios de

procesamiento de muestras requieren altos niveles de precisión y concentración [6]. La iluminación inadecuada puede generar fatiga visual, disminución en el rendimiento laboral y aumento en la probabilidad de errores, afectando no solo la salud ocular de los trabajadores, sino también la calidad de los análisis realizados [7]. La iluminación inapropiada en laboratorios puede ocasionar fatiga visual, estrés y disminución en la capacidad atencional, factores que incrementan la probabilidad de errores en el procesamiento de muestras, afectando la confiabilidad de los resultados y la seguridad tanto del personal como de los pacientes [3]. En laboratorios hospitalarios, donde se manejan muestras críticas para diagnósticos, garantizar condiciones lumínicas óptimas es indispensable para asegurar resultados fiables y favorecer el bienestar del personal técnico [8].

El diseño e implementación de sistemas de control de iluminación, que permitan ajustar automáticamente niveles lumínicos acorde a las condiciones del espacio y necesidades visuales, se presenta como una solución tecnológica eficiente para mejorar el confort visual y la eficiencia energética [9]. Estudios previos han evidenciado que estos sistemas incrementan la satisfacción de los trabajadores, reducen la fatiga visual y optimizan el uso energético de las instalaciones, contribuyendo simultáneamente a una mayor sustentabilidad ambiental [10], [11].

A nivel regional, en instituciones hospitalarias como el Hospital Nacional Carlos Alberto Seguí Escobedo (HNCASE) de Arequipa, se ha detectado que los niveles de iluminación en el laboratorio de procesamiento de muestras no cumplen consistentemente con las normativas técnicas peruanas (NTP EM.010), lo que afecta el confort visual y el desempeño del personal. Por tanto, la evaluación del impacto de un sistema de control de iluminación inteligente en dicho contexto representa un aporte relevante para la optimización de las condiciones laborales en áreas críticas, mejorando la calidad del ambiente de trabajo y la precisión de los procesos analíticos.

Esta investigación busca generar evidencia científica robusta para sustentar la incorporación de tecnologías de control de iluminación en laboratorios hospitalarios de la región, en concordancia con las estrategias nacionales de mejora continua en infraestructura hospitalaria y salud ocupacional [12]. Así, se contribuye a cerrar brechas en la aplicación de soluciones ergonómicas y tecnológicas que

potencian el bienestar de los trabajadores y la calidad del trabajo en entornos hospitalarios críticos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Generalidades del área de estudio

1) *Descripción de la ubicación de la institución:* La institución donde se desarrolló la investigación es el Hospital Nacional Carlos Alberto Seguin Escobedo (HNCASE), que forma parte de uno de los hospitales del seguro Social, EsSalud, el cual es un órgano del estado, descentralizado, este cuenta con personería jurídica de derecho publico interno. La finalidad de esta institución es poder brindar cobertura a aquellas personas que se encuentran aseguradas y a sus derechohabientes, usando las prestaciones de prevención, promoción, recuperación, rehabilitación y prestaciones económicas y sociales [13].

2) *Diagnóstico Inicial:* Se realizó una primera visita al laboratorio del procesamiento de muestras del Hospital Nacional Carlos Alberto Seguin Escobedo. Donde se identificaron cinco áreas para la toma de muestras en cuanto al nivel de iluminación: Área de producción, microbiología, citometría de flujo, uroanálisis y parasitología e inmunología, así también se tomaron las medidas de cada área como: largo, ancho y altura; datos que fueron incluidos en la plantilla de recolección de datos.

B. Identificación de puntos de medición

1) *Determinar el número de puntos de medición:* El método de medición utilizado fue “Metodología de la cuadrícula”, que es una técnica para la toma de nivel de iluminación, que está detallada de acuerdo con el Procedimiento de identificación de puntos de medición de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008 [14]. Donde explica también cómo identificar la cantidad de puntos de medición mediante fórmulas. Esta técnica se fundamenta en una cuadrícula de puntos de medición que cubre toda la zona analizada. La base de esta técnica es la división del interior en varias áreas iguales, cada una de ellas idealmente cuadrada. Se mide la iluminancia existente en el centro de cada área a la altura de 0.8m sobre el nivel del suelo y se calcula un valor medio de iluminancia. Para calcular el número mínimo de puntos de medición, en primer lugar, se necesita una fórmula para hallar el índice de local o también llamado constante de salón (K).

$$\text{Constante K} = \frac{\text{Largo} \times \text{Ancho}}{\text{Altura de montaje (Largo + Ancho)}} \tag{1}$$

Aquí el largo y el ancho son las dimensiones del recinto y la altura de montaje es la distancia vertical entre el centro de la fuente de luz y el plano de trabajo, la relación mencionada se expresa de la siguiente forma.

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (K+2)^2 \tag{2}$$

El valor del índice de local es redondeado al entero superior, excepto para todos los valores de iguales o mayores que 3, el

valo de K es 4. Esta información se utilizó para el desarrollo de la tabla I que se presenta a continuación:

TABLA I
IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN

Áreas Evaluadas	Constante (K)	K(redondeado)	Número mínimo de puntos de medición
Área de producción	1.48	2	16
Microbiología	0.81	1	9
Citometría de Flujo	0.76	1	9
Uroanálisis y parasitología	0.88	1	9
Inmunología	0.79	1	9

Una vez calculado el número mínimo de puntos de medición a evaluar de cada área, se procedió a la toma de medidas correspondiente en el centro de cada área identificada. En este caso se realizó una medida por cada punto, puesto que el estudio fue realizado con influencia de luz natural y según el diagnóstico inicial presenta condiciones críticas de iluminación, el estudio es realizado en turno diurno, esto en consideración que el horario de trabajo del laboratorio de procesamiento de muestras es exclusivamente de 9:00 a.m. a 13:00 p.m.

2) *Toma de medidas de niveles de iluminación:* Se realizó una segunda visita al laboratorio de procesamiento de muestras donde se tomaron las medidas del nivel de iluminación en cada área, donde se realizaron 16 tomas en el área de producción y 9 tomas de las áreas de microbiología, citometría de flujo, uroanálisis – parasitología e inmunología; puntos que fueron determinados después del cálculo. Los puntos evaluados se distribuyeron de manera equitativa y se realizaron las medidas en el centro geométrico de cada cuadrícula. Esto se realizó con un equipo llamado “luxómetro”, previamente calibrado y con las siguientes características marca EXTECH, modelo 407026, Número de serie L920803, que se presentan en la Fig.1.



Fig. 1 Luxómetro.

Además, se tomaron los siguientes datos de cada área: tipo de iluminación, cantidad, tipo, marca, potencia y el estado de luminarias, el color de las paredes, techo y piso, cantidad de ventadas y puertas, medidas del área, si presenta contraste y sombras; por último, observaciones adicionales que presente cada área. Ver Fig. 2



Fig. 2 Toma de medidas del nivel de iluminación

Para la recolección y distribución adecuada de datos generales se elaboró una planilla de parámetros de campo. Los cuales fueron elaborados por cada área evaluada.

C. Evaluación el confort visual de los trabajadores respecto a la iluminación del laboratorio

En conjunto con la toma de niveles de iluminación; se realizó la toma de encuesta de percepción visual a 62 trabajadores del laboratorio. La encuesta consta de 7 preguntas donde se le explicó a cada trabajador la finalidad del trabajo de investigación y se les indicó que tenían un tiempo promedio de diez minutos para el desarrollo de la encuesta.

Para una mejor interpretación y organización de las tablas de la encuesta, se colocó número a cada pregunta, y también se proporcionó un número a la escala de respuestas, con el fin de poder referirnos a cada pregunta por un número.

D. Implementación el sistema de control de iluminación eficiente, mediante la aplicación del software DIALux.

1) Simulación en software DIALux:

En primer lugar, como datos generales presentamos las medidas de los ambientes a simular, como es el largo, ancho y alto. A continuación, presentamos las vistas de las áreas con sus respectivas medidas del área de producción. Ver Fig. 3 y Fig. 4.

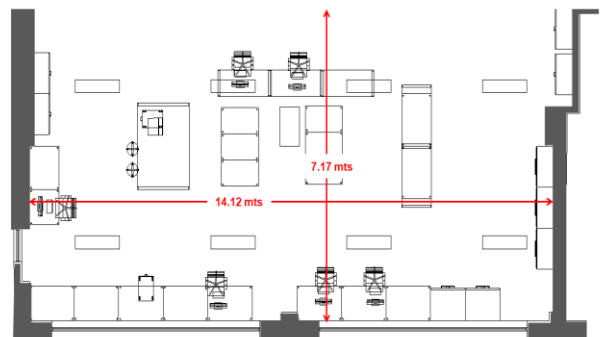


Fig. 3 Vista en planta del espacio del área de producción

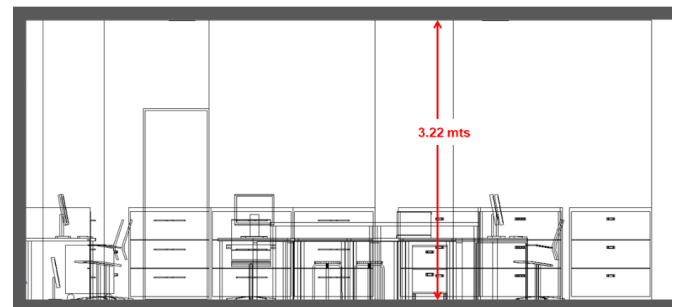


Fig. 4 Vista en corte del espacio del área de producción

Las siguientes figuras nos muestran las medidas de las áreas en vistas en plano y en corte del área de uroanálisis y parasitología. Ver Fig. 5 y Fig. 6.

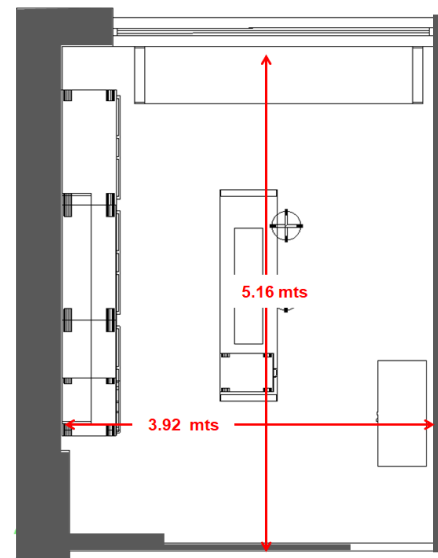


Fig. 5 Vista en planta del espacio del área de Uroanálisis y parasitología

Para iniciar con la simulación, se importó en el caso de cada ambiente, el plano desde AutoCAD al software DIALux. A continuación, se realizó el levantamiento de muros, ventanas, puertas, así como del mobiliario existente y

materiales de las superficies en piso, techo y paredes; con el fin de generar mayor semejanza a las áreas para el resultado en la simulación 3D como se muestra en la siguiente figura del área de producción y del área de Uroanálisis y parasitología.

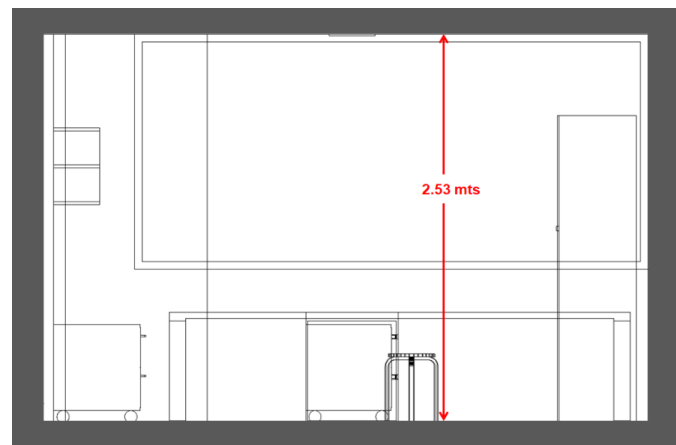


Fig.6 Vista en corte del espacio del área de Uroanálisis y parasitología

Se configuraron los siguientes parámetros: valor nominal de luxes, que fue 500 luxes según normativa y ubicación geográfica del espacio con zona horaria y norte.

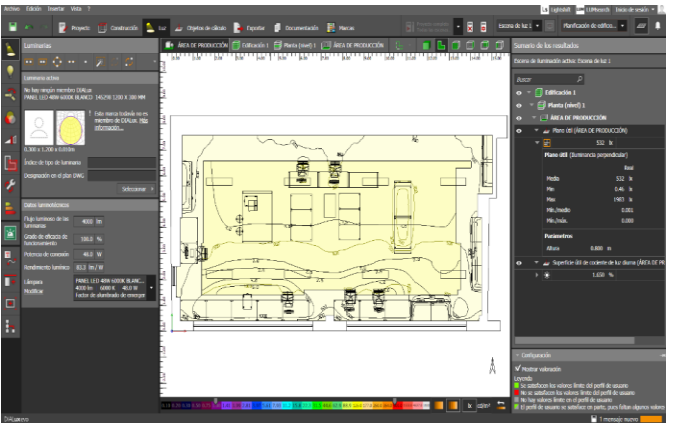


Fig.7 Cálculo de iluminancia

En cuanto al diseño de iluminación se consideró la cantidad de centros de luz existentes, así como el flujo luminoso de las luminarias existentes, de esta forma se propuso nuevas luminarias con un flujo luminoso mayor. Con el nuevo tipo de luminaria se realizó su ubicación dentro del espacio. Con el proyecto levantado y la iluminación ubicada se procede a la simulación con el cálculo de iluminancia del espacio. Por último, podemos visualizar en la siguiente figura Ver Fig. 7 y Fig. 8. que la propuesta de nuevas luminarias cumple son el requisito mínimo de iluminación.

2) Implementación de sistema de control de iluminación: Una vez establecido los cambios a realizar en cuanto al número y características de las luminarias gracias al resultado de la simulación en 3D del software DIALux, se

procedió a la implementación en las áreas de producción, uroanálisis y parasitología. con ayuda del personal eléctrico calificado que fue brindado por ESSALUD, se colocaron las 8 luminarias en el área de producción y 1 luminaria en el área de uroanálisis – parasitología con las características establecidas en la simulación 3D.

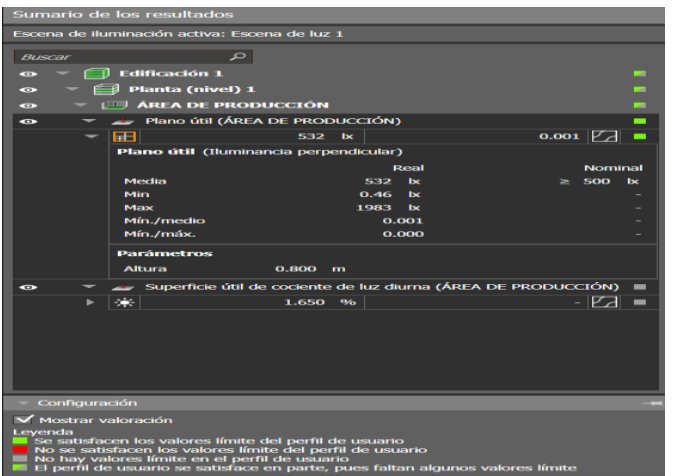


Fig.8 Luminarias propuestas

Después de la implementación del sistema de control, se procedió a realizar una última visita al HNCASE, con el fin de realizar las medidas del nivel de iluminación que presentan las áreas implementadas. Se realizaron las medidas con el equipo “luxómetro” en los mismos puntos evaluados inicialmente. Donde revela a simple vista la mejora de los niveles de iluminación del área de producción área de uroanálisis y parasitología.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Resultados de la medición del nivel de iluminación antes de la implementación del sistema de control de iluminación

Los resultados de las mediciones del nivel de iluminación antes de la implementación del sistema de control de iluminación se presentan en la tabla II. Los niveles de iluminación del área de producción (PR) que se tomaron se encuentran muy por debajo de los niveles que estipula la NTP EM.010. Obteniendo como resultado que los dos niveles más altos de iluminación son 132 y 128 lux, reflejando que esta área está alejada de los 500 lux que debería tener. Es importante mencionar que esta área cuenta con luz mixta. Además, que los puntos más altos de iluminación que se obtuvieron son los que están más cercanos hacia las ventanas.

La segunda área estudiada, fue la de microbiología (MI), donde se realizó la toma de nueve puntos según el cálculo realizado que necesita esta área. Los niveles de iluminación del área de microbiología, cumple con los niveles que estipula la NTP EM.010. Siendo su mayor nivel la cantidad de 1504 lux; donde se goza de una buena iluminación natural y el menor nivel es 619 lux; que a pesar de que es el lugar que

tiene menor cantidad de luz natural, cumple con el rango mínimo de la norma. Cabe mencionar que esta área cuenta con una ventana que, por el ingreso de luz natural, le proporciona al lugar una iluminación adecuada en la totalidad del día por la dirección del sol.

La tercera área evaluada, fue la de citometría (CI) de flujo, Como se puede evidenciar, los niveles de iluminación del área de citometría de flujo están por debajo de la NTP EM.010. Obteniendo como su mayor nivel de iluminación la cantidad de 223 lux, y el menor es de 115 lux. Esta iluminación es proporcionada únicamente por luz artificial; y según la información proporcionada por el laboratorio; esta área no necesita de mayor iluminación, puesto que se realizan muestras con reactivos que pueden dañarse por niveles mayores a los que presenta actualmente.

La cuarta área es de uroanálisis y parasitología (UP), El nivel de iluminación que presenta el área de uroanálisis y parasitología es inadecuada; es decir que no llega a cumplir con los niveles mínimos que establece la NTP EM.010 (500 lux). Obteniendo de sus nueve puntos de medición las cantidades de 240 y 231 lux como sus mayores niveles de iluminación. Es importante mencionar, que esta área cuenta con un tipo de iluminación mixta; que es la combinación de luz natural y artificial; no siendo suficiente para llegar a un nivel mínimo.

TABLA II
RESULTADOS DEL NIVELES DE ILUMINACIÓN EN LAS ÁREAS DE
EVALUACIÓN PRE-IMPLEMENTACIÓN

Punto de Medición	Nivel de Iluminación por Área (Lux)				
	PR	MI	CI	UP	IN
P1	105	1221	223	222	554
P2	94	1504	121	240	825
P3	103	630	115	155	581
P4	121	619	220	231	570
P5	125	1244	140	154	648
P6	112	950	210	215	560
P7	132	780	190	228	830
P8	95	650	130	165	575
P9	115	1112	220	179	572
P10	120				
P11	118				
P12	98				
P13	125				
P14	105				
P15	128				
P16	126				
Promedio	114	968	174	199	635

La última área evaluada es la de inmunología (IN), obtuvo en las nueve tomas realizadas, niveles adecuados de iluminación, según la NTP EM.010. Obteniendo un rango entre los 500 a 1000 lux que establece la norma. Siendo el mayor nivel de iluminación la cantidad de 830 lux y la menor

de 554 lux. Esta área cuenta con un tipo de iluminación mixta; siendo la natural la que aporta mayor iluminación.

B. Resultados de la simulación en 3D del software DIALUX
El software DIALUX, nos brindó imágenes en 3D de la propuesta que realiza según su simulación. En la Fig. 9, se puede visualizar la cantidad y detalles de las luminarias propuestas al aérea de producción. También nos indica en la verificación que, al tener un aspa verde, el nivel de iluminación estará igual o mejor de la norma. En este caso indica la implementación de 8 luminarias.

Edificación 1 - Planta (nivel) 1 - ÁREA DE PRODUCCIÓN (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Luz diurna	D	1.650 %	-	-	DF1
Plano útil	E _{perpendicular}	532 lx	≥ 500 lx	✓	WP1
	g ₁	0.001	-	-	WP1
Valores de consumo	Consumo	[670 - 1050] kWh/a	máx. 3600 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	3.76 W/m²	-	-	
		0.71 W/m²/100 lx	-	-	

Perfil de uso: Configuración DIALux predeterminada, Estándar (oficina)

Indicaciones para planificación:
Proporción de luz diurna para Cielo cubierto el 21/08/2022 a las 12:00 (hora de Colombia). Las condiciones del entorno para "ÁREA DE PRODUCCIÓN" son limpio.

Lista de luminarias

Un.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
8	No hay ningún miembro DIALux		PANEL LED 48W 6000K BLANCO 145298 1200 X 300 MM	48.0 W	4000 lm	83.3 lm/W

Fig.9 Datos de la simulación 3D en Dialux del área de producción

En la Fig.10, podemos observar la simulación en 3D del software DIALUX realizada en el área de producción, donde permite ver las 8 luminarias propuestas y la zona inferior amarilla, indica la curva constante de los niveles de iluminación que presenta el área al realizar la implementación de las luminarias propuestas



Fig.10 Simulación 3D del software DIALUX del área de producción

Y en la Fig. 11 podemos observar el diagrama de temperatura de color, donde el color rojo indica que el valor de 500 lux. Se observa en las zonas naranjas y rojas las áreas que están siendo mayor iluminadas.

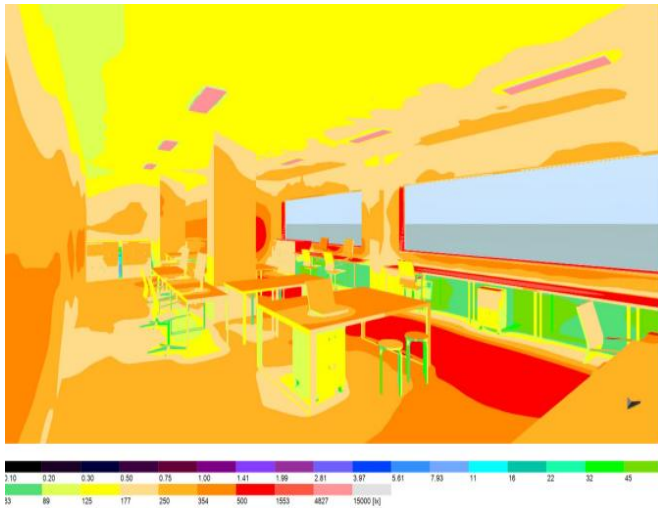


Fig.11 Diagrama de temperatura de color del área de producción

De igual manera se planteó para el área de uroanálisis y parasitología, es la implementación de una luminaria de 1.20m por 33cm, LED, de 48 W y 4000lm. Ya que, con este cambio de luminaria, estaríamos llegando a un nivel de iluminación adecuado. En la Fig. 12, podemos observar la simulación en 3D del software DIALUX realizada en el área de uroanálisis y parasitología, donde permite ver la luminaria propuestas y también nos muestra la curva constante de los niveles de iluminación que presenta el área al realizar la implementación de la luminaria propuesta y en la Fig. 13 podemos observar la temperatura de color que genera el software Dialux en la simulación, donde el tono rojo es donde se obtendrán niveles iguales o mayores a 500 lux.

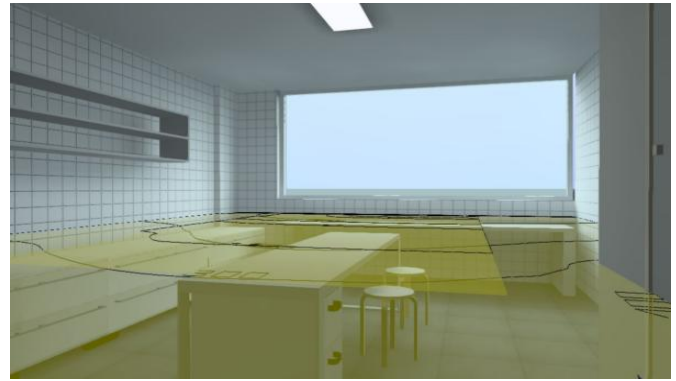


Fig.12 Simulación 3D del software DIALUX del área de uroanálisis y parasitología

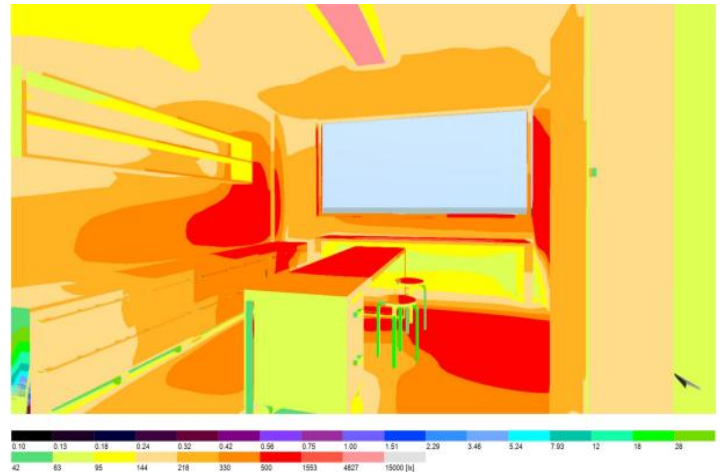


Fig.13 Diagrama de temperatura de color del área de uroanálisis y parasitología

C. Resultados de la medición del nivel de iluminación después de la implementación del sistema de control de iluminación

En la presenta tabla III, se puede evidenciar que los resultados del nivel de iluminación tomados en el área de producción, después de la implementación del sistema de control de iluminación, mejoraron considerablemente sus niveles. Identificando que las 16 tomas que establece el cálculo superan los 500 Lux que establece la NTP EM.010. Siendo el mayor valor de 832 lux y el menor 518 lux. En el área de uroanálisis y parasitología, podemos observar que los niveles presentados después de la implementación del sistema de control de iluminación cumplen también con la NTP EM.010, que indica que el nivel mínimo de lux debe ser 500 lux. Teniendo como resultado valores mayores a 500 lux en los nueve puntos establecidos para la toma.

TABLA III
RESULTADOS DEL NIVELES DE ILUMINACIÓN EN LAS ÁREAS DE
EVALUACIÓN POST-IMPLEMENTACIÓN

Punto de Medición	Nivel de Iluminación por Área (Lux)		Valor Mínimo Requerido (VMR-NTP)
	PR	UP	
P1	789	835	500
P2	533	845	
P3	518	651	
P4	816	725	
P5	535	748	
P6	540	750	
P7	832	850	
P8	825	670	
P9	743	723	
P10	538		
P11	535		
P12	743		
P13	820		
P14	810		
P15	538		
P16	541		
Promedio	647	755	

Se puede observar una comparación del promedio de iluminación de las áreas trabajadas, antes y después de la implementación del sistema de control ver Fig.14. El área de uroanálisis – parasitología presento inicialmente un promedio de 199 lux y después de la implementación del sistema de control de iluminación presentó un promedio de 755 lux de las 9 tomas que se realizaron en ambas ocasiones. En el caso del área de producción también se obtuvo una considerable mejora, puesto que su promedio inicial de nivel de iluminación fue de 114 lux y después de la implementación presentó 647 lux.

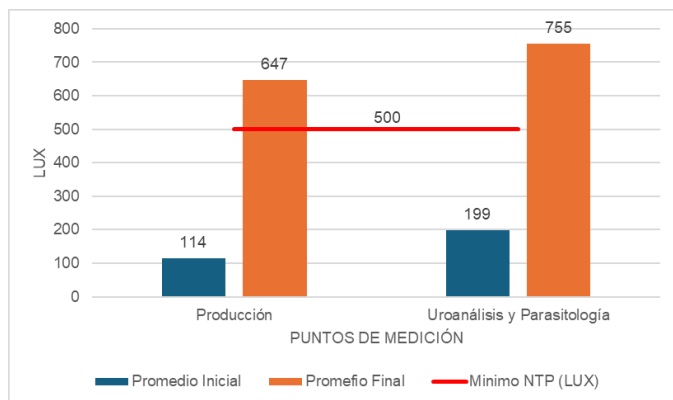


Fig.14 Promedio del nivel de iluminación de las áreas trabajadas antes y después de la implementación

Así también en la prueba T de Student para los niveles de iluminación se pudo encontrar una diferencia significativa entre la prueba pretest y la prueba post test. Esto nos indica que los niveles de iluminación se han visto mejorados en las dos áreas del laboratorio del centro de salud HNCASE, donde se implementó el sistema de control de iluminación, ver Tabla IV.

TABLA IV
PRUEBA T PARA LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN

Diferencias relacionadas								
	Media	Desv. Tip	Error Tip.	95% Intervalo de confianza para la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Pre test – Post test	-541,6	110,8	22,1	-587,4	-495,9	-24,4	24	,00

D. Resultados de la encuesta de percepción visual a trabajadores

En la evaluación del confort lumínico de los trabajadores, después de la implementación del sistema de control de iluminación, podemos evidenciar claramente la mejora de la percepción de los trabajadores, ver Fig.15.

En la pregunta 1.1, el 82.26% indican que la cantidad de luz en sus puestos de trabajos si les permite desarrollar sus actividades cómodamente, eligiendo la puntuación 4, el cual indica estar muy de acuerdo.

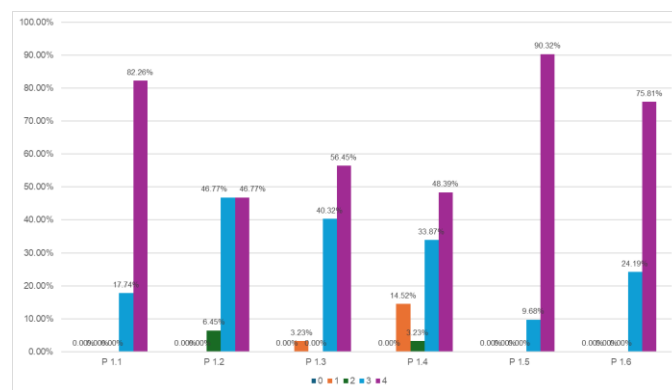


Fig.15 Valoración del confort lumínico

En la pregunta 1.2, el 46.77% comparte resultado en indicar que están muy acuerdo y moderadamente de acuerdo en que sus puestos de trabajo estén libres de sombras. En la pregunta 1.3, el 56.45% de los trabajadores indican que sus puestos de trabajo están libres de brillo y reflejos molestos, eligiendo la puntuación número 4.

En la pregunta número 1.4, el 48.39% refiere estar muy de acuerdo con que pueden trabajar cómodamente con las luces eléctricas apagadas. En la pregunta 1.5, el 90.32% de los trabajadores menciona que las luces no son demasiados brillantes, esto significa que les genera comodidad para trabajar. Y por último en la pregunta 1.6, en cuanto a la evaluación del confort visual, podemos ver que el 75.81% no presenta algún síntoma de molestia o fatiga visual al finalizar su jornada laboral.

En cuanto a la calidad de iluminación, la gran mayoría de los trabajadores, representado por el 96.77% considera que la iluminación en su puesto de trabajo es adecuada y tan solo el

3.23% indica que es algo molesta. El 98.39% de los trabajadores del laboratorio de procesamiento de muestras, si pudieran regular la iluminación para mayor comodidad de su trabajo, mencionan que no necesitan cambios. Por el contrario, tan solo el 1.61% indica que preferiría más luz. La gran mayoría de los trabajadores del laboratorio de procesamiento de muestras, representada por el 96.77%, no desea modificar las condiciones de luz artificial en sus puestos de trabajo. Lo que corrobora la comodidad que presenta con el nuevo sistema de iluminación implementado. El 90.32% de los trabajadores indica que una mejor iluminación no les proporcionaría mejor o mayor desempeño en sus actividades. Esto indica la conformidad que presentan con la iluminación implementada en sus áreas de trabajo.

IV. CONCLUSIONES

La presente investigación permitió evidenciar que la implementación de un sistema de control de iluminación inteligente constituye una estrategia efectiva para optimizar el confort visual en el laboratorio de procesamiento de muestras hospitalarias. Los resultados demuestran aumentos estadísticamente significativos en los niveles lumínicos y en la percepción de bienestar visual del personal técnico tras la intervención, alineándose con estudios previos que destacan la incidencia positiva de la iluminación adecuada en la salud ocular, la precisión y la productividad en entornos hospitalarios. La disminución de la fatiga visual reportada y el elevado índice de satisfacción de los usuarios confirman la relevancia ergonómica y ocupacional del control lumínico inteligente, en concordancia con los lineamientos de confort visual y eficiencia energética documentados en la literatura.

A nivel regional, este estudio responde a necesidades detectadas en instalaciones hospitalarias que frecuentemente incumplen normativas técnicas de iluminación, proponiendo evidencias y recomendaciones técnicas aplicables a laboratorios clínicos con requerimientos visuales críticos. Asimismo, la investigación ratifica que la adecuada gestión de la luz artificial en espacios especializados no sólo mejora la seguridad y precisión analítica, sino que puede influir favorablemente en la salud ocupacional y en la sostenibilidad de las infraestructuras hospitalarias.

No obstante, la limitación temporal y geográfica del estudio señala la necesidad de investigaciones multicéntricas y evaluaciones a largo plazo que consideren variables adicionales, como el rendimiento energético global y el impacto en la productividad clínica, para consolidar estándares óptimos a nivel nacional e internacional.

En síntesis, la adopción de sistemas inteligentes de control de iluminación en laboratorios hospitalarios representa un aporte significativo a la ergonomía visual, la eficiencia operativa y la calidad del entorno laboral, constituyéndose en una recomendación clave para la modernización y mejora continua en el sector salud.

AGRADECIMIENTO

Se agradece la colaboración y participación de del laboratorio de procesamiento de muestras del HNCASE – ESSALUD, que contribuyeron con el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

- [1] “Importancia del laboratorio clínico: descúbrelo ya,” Exámenes Médicos Ocupacionales, 2024. [En línea]. Disponible: <https://examenesmedicosocupacionales.com.pe>
- [2] “Funcionamiento de los laboratorios clínicos: una visión general,” Sanitco, 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.sanitco.com>
- [3] “¿Cuál es el impacto del laboratorio clínico en la prevención de enfermedades?,” Blog Clínica Internacional, 2024. [En línea]. Disponible: <https://blog.clinicainternacional.com.pe>
- [4] “Laboratorio clínico: ¿Qué es?, ¿Cuál es su función?,” Medvidasalud, 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.medvidasalud.com>
- [5] K. Boyce, C. Hunter, y T. Howlett, “The benefits of daylight through windows,” *Lighting Research & Technology*, vol. 35, n.º 2, pp. 152–160, 2003.
- [6] K. Boyce, C. Hunter, and T. Howlett, “The benefits of daylight through windows,” *Lighting Research & Technology*, vol. 35, no. 2, pp. 152–160, 2003.
- [7] M. Cheung and G. Wong, “Visual ergonomics in laboratory work: Implications for performance and health,” *Applied Ergonomics*, vol. 70, pp. 320–327, 2018.
- [8] R. Patel et al., “Impact of lighting conditions in hospital laboratories on workers’ productivity and error rates,” *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 14, no. 5, pp. 370–377, 2017.
- [9] D. Herschong Mahone Group, “Innovative lighting control systems for energy efficiency and worker wellbeing,” *ASHRAE Journal*, vol. 61, no. 9, pp. 38–45, 2019.
- [10] E. Mills, C. Hurt, and K. Y. Herr, “Review of lighting controls and occupant health and comfort,” *Energy Efficiency*, vol. 7, pp. 53–64, 2014.
- [11] H. Li and Z. Lian, “Intelligent lighting and adaptive control for enhanced visual comfort in workplaces,” *Building and Environment*, vol. 167, 2020.
- [12] Ministerio de Salud del Perú, *Plan Nacional de Inversión en Salud, 2020–2030*, Lima, 2020.
- [13] ESSALUD, «Nuestra Institución. Organigrama estructural seguro social de salud - ESSALUD,» 2022. [En línea]. Available: <http://www.ESSALUD.gob.pe/nuestra-institucion/>.
- [14] Secretaría del Trabajo y Prevención Social - México, «NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo,» 2008. [En línea]. Available: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3581/stps/stps.htm#:~:text=Condiciones%20de%20iluminaci%C3%B3n%20de%20trabajo,del%20trabajador%20o%20provocar%20deslumbramiento>.