

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Trabajo de titulación previo a
la obtención del título de Ingeniera
Eléctrica e Ingeniero Eléctrico*

**PROYECTO TÉCNICO CON ENFOQUE EXPERIMENTAL E
INVESTIGATIVO:**

**“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LOS NIVELES DE
ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA DEL COLOR EN LA ATENCIÓN
A CLASES, APLICADO EN UN CASO EN LA UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA”**

AUTORES:

MÓNICA PATRICIA GUALLPA BAJAÑA

OMAR LEONEL JIMENÉZ CAJAMARCA

TUTOR:

ING. FREDDY FERNANDO CAMPOVERDE ARMIJOS, Mgs.

CUENCA – ECUADOR

2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Mónica Patricia Guallpa Bajaña con documento de identificación N° 0302618491 y Omar Leonel Jiménez Cajamarca con documento de identificación 0107436909, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA DEL COLOR EN LA ATENCIÓN A CLASES, APLICADO EN UN CASO EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera Eléctrica e Ingeniero Eléctrico* en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre del 2019



Mónica Patricia Guallpa Bajaña

C.I.: 0302618491



Omar Leonel Jiménez Cajamarca

C.I.: 010746909

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA DEL COLOR EN LA ATENCIÓN A CLASES, APLICADO EN UN CASO EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA”**, realizado por Mónica Patricia Guallpa Bajaña y Omar Leonel Jiménez Cajamarca, obteniendo el *Proyecto Técnico con Enfoque Experimental e Investigativo*, que cumple con todos los requerimientos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre del 2019



Ing. Freddy Campoverde, Mgs.

C.I. 0102339470

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Mónica patricia Gualpa Bajaña con documento de identificación N° 0302618491 y Omar Leonel Jiménez Cajamarca con documento de identificación N° 0107436909, autores del trabajo de titulación: “**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA DEL COLOR EN LA ATENCIÓN A CLASES, APLICADO EN UN CASO EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA**”, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico con Enfoque Experimental e Investigativo* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, noviembre del 2019



Mónica Patricia Gualpa Bajaña

C.I.: 0302618491



Omar Leonel Jiménez Cajamarca

C.I.: 010746909

AGRADECIMIENTO

A Dios por todas sus bendiciones, a mis padres que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria.

Agradezco a mis hermanas por ser parte importante de mi vida, a mi tío Klever Gonzalez y a mi tía Nube Morquecho por todos los consejos brindados y por su apoyo incondicional.

A Carlos Buele por su apoyo, su paciencia y por motivarme a seguir adelante en los momentos de desesperación y a todos mis amigos por confiar y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidare.

De igual forma, agradezco a mi Director de Tesis Ing. Freddy Campoverde quien con su experiencia, conocimiento y motivación hoy puedo culminar este trabajo. A los profesores que me han visto crecer como persona y gracias a sus conocimientos y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Politécnica Salesiana.

Mónica Patricia Gualpa Bajaña

Le agradezco Dios por permitirme culminar mi carrera universitaria, por brindarme sabiduría y fuerza para poder superar con éxito los momentos más difíciles, por brindarme la oportunidad de conocer personas maravillosas y presentarme múltiples oportunidades.

A mis padres, Rodrigo Jiménez y Mariana Cajamarca por ser un pilar fundamental en vida, que gracias a su apoyo y enseñanzas han sabido incúlcame valores que me permiten crecer como ser humano. A mi hermana Sandra Jiménez por estar presente en cada momento especial y brindarme un asesoramiento para cumplir con éxito cada proyecto que la vida me presenta.

Agradezco la confianza, el apoyo brindado por el Ing. Freddy Campoverde, que ha dedicado su tiempo, conocimientos y sobre todo su amistad.

Omar Leonel Jiménez Cajamarca

DEDICATORIA DE RESPONSABILIDAD

A Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Remigio e Isabel, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño, y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional, a mis hermanas Jessica y Gladys y a mis sobrinas Estefany y Scarlett por brindarme su tiempo y apoyo incondicional.

Mónica Patricia Guallpa Bajaña

Dedico este trabajo con todo cariño a mis padres que son el motor de mi vida, por enseñarme el verdadero valor del trabajo duro, ellos son para mí un ejemplo de vida y perseverancia que han sabido superar con éxito cada momento difícil.

A mi hermana que siempre ha estado pendiente de mis proyectos, que gracias a su ayuda se los pudo ir convirtiendo en realidad.

A mis profesores que me supieron compartir sus conocimientos y un acompañamiento permanente durante mi vida universitaria.

A mis compañeros con los cuales he compartido alegrías, tristezas, malas noches, pero sobre todo hemos compartido amistad.

Omar Leonel Jiménez Cajamarca

“Sé el cambio que quieres ver en el mundo”

Mahatma Gandhi

RESUMEN

El proyecto, abarca el estudio de la iluminación en un tipo de aula, y los factores que afectan la atención y concentración en una hora de clase aplicado en un caso específico de la Universidad Politécnica Salesiana. Existen factores que influyen, como: niveles de iluminación, temperatura del color, sensación térmica, especialmente en lugares relacionados con el desenvolvimiento académico ya que se requiere brindar un ambiente adecuado para el desarrollo de tareas, aprendizaje y estudio, en jornadas de larga duración. Los factores antes mencionados producen un efecto considerable en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, los cuales son complejos de analizar, ya que no solo influye en la visión, sino que puede cambiar el comportamiento emocional de una persona afectando directamente en su rendimiento académico. Estos efectos alteran también los niveles de actividad de las personas partiendo desde su estado anímico hasta producir fatiga por las horas de clases percibidas durante el día, esto hace que la luz se convierta en un factor condicional para el rendimiento académico de los estudiantes.

La determinación de la influencia de la temperatura del color y niveles de iluminación en los estudiantes es una tarea compleja, sin embargo, es posible realizar mediante el desarrollo de una metodología cuantitativa basada en encuestas. El ambiente lumínico influye sobre la información que percibe nuestro cerebro a través de la vista, otros factores son: la incomodidad que causa resplandor en las paredes, piso pupitres, el efecto del proyector sobre la pizarra y los reflejos que este produce.

Todo lo mencionado afecta el rendimiento de los estudiantes, se necesita analizar que exista un adecuado equilibrio entre temperatura del color y nivel de iluminación. Por otra parte, hay que garantizar y mantener un nivel de lumínico por encima del nivel mínimo que exige la NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN[1], y disminuir los efectos que causa una mala luminosidad, además es necesario realizar un mantenimiento preventivo periódico a las lámparas para un correcto funcionamiento.

Para hacer esto posible se recurrió a herramientas como: luxómetro, para la realización de medidas de nivel de iluminación en los diferentes puestos de trabajo, encuestas para determinar el nivel de aceptación de los estudiantes y la utilización del software DIALux, para la edificación del aula y la simulación a las diferentes temperaturas de color, el cual permite analizar y comparar los resultados de niveles de iluminación y grado de aceptación de los estudiantes, para garantizar un adecuado ambiente de estudio.

ABSTRACT

This project addresses the study of lightning in a specific classroom type as well as those factors that affect the attention and concentration in an hour class. It is applied to a specific case of the Universidad Politecnica Salesiana. Those existing factors are: lighting levels, color temperature, and thermal sensation. Such factors are found especially in areas related to the academic development because it is sought to provide a suitable environment to work long periods of time on performing tasks, learning and studying. The just mentioned factors produce a considerable effect in the students learning process, which are complex to analyze, as they not only affect the sight but also it might change a person's emotional behavior, thus affecting directly academic performance. This effects also disturb people activity levels, such as mood. As a consequence, it produces fatigue due to the class hours covered during the day. Light becomes a conditional factor to the students' academic performance.

The detection of the color temperature influence and the lightning levels present in the students is complex, nevertheless, it is possible to carry it out through the development of a quantitative methodology based on surveys. The light environment influence on the information perceived by our brain through the sight. Other factors are the following: discomfort caused by the glare of the walls, the floor, desks and the reflections produced by the projector on the board.

All above mentioned affects the students' performance. It is necessary to analyze the existence of an adequate equilibrium between the color temperature and lightning levels. By the other hand, it is necessary to guarantee and maintain a level of luminosity above the minimum level demanded by the NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCION (1), and decrease the effects caused by a poor lightning. It is also necessary to execute a periodic preventive maintenance to the lamps in order to get a proper operation.

In order to make this possible the following tools were used: a lux meter to measure the levels of lighting in the different working areas, surveys to analyze the acceptance level of the students, and the use of the DIALux software. The last, used to the simulation of the classroom as well as the different color temperatures, which allow analyzing and comparing the results between the lighting levels and the acceptance of the students. This in order to guarantee an adequate study environment.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA DE RESPONSABILIDAD	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
GLOSARIO DE TÉRMINOS	XIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE Y FUNDAMENTO TEÓRICO REFERENCIAL	2
1.1. ESTADO DEL ARTE	2
1.2. AMBIENTES DESTINADOS PARA ACTIVIDADES ACADÉMICAS.....	8
1.3. REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE LAS SUPERFICIES	8
1.4. DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA INTERIORES	9
1.4.1. CÁLCULO DE LA CAVIDAD LOCAL (K)	9
1.4.2. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN (CU).....	11
1.4.3. FACTOR DE MANTENIMIENTO (FM).....	11
1.4.4. FLUJO LUMINOSO TOTAL NECESARIO.....	12
1.4.5. NÚMERO DE LUMINARIAS REQUERIDAS	13
1.4.6. UNIFORMIDAD DE LUMINARIAS	13
1.5. LA LUZ Y EL COLOR	14
1.6. TIPOS DE ILUMINACIÓN	14
1.7. TIPOS DE LÁMPARAS.....	15
1.7.1. LÁMPARAS FLUORESCENTES	16
1.7.2. TECNOLOGÍA LED	16
1.8. EL CEREBRO Y LA VISIÓN HUMANA.....	17
1.8.1. LA VISIÓN DE LOS SERES HUMANOS.....	18
CAPÍTULO 2: CAMBIO DE LUMINARIAS EN EL AULA N°20 DEL EDIFICIO MARIO RIZZINI, MEDICIÓN DE ILUMINANCIA Y REALIZACIÓN DE ENCUESTAS A LOS ESTUDIANTES.	20
2.2. CAMBIO DE TUBOS LED.....	21
2.3. ILUMINACIÓN DENTRO DEL AULA	22
2.4. LUXÓMETRO.....	23
2.4.1. MEDICIÓN DE ILUMINANCIA EN EL AULA	24
2.5. CÁLCULO DE LA UNIFORMIDAD DEL AULA.....	26
2.5.1. CÁLCULO DE UNIFORMIDAD EN EL DÍA SE TIENE LO SIGUIENTE:	26

2.5.2.	CÁLCULO DE UNIFORMIDAD PARA LA NOCHE SE TIENE LO SIGUIENTE: ..	26
2.6.	TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	27
2.7.	ELABORACIÓN DE LA ENCUESTA Y RESULTADOS	28
2.7.1.	ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°1.....	28
2.7.2.	ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°2 A LAS LÁMPARAS CON TEMPERATURA DE COLOR DE 6500K, 4000 Y 3000K	30
2.7.3.	ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°3.....	31
2.7.4.	ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°4.....	32
2.7.5.	ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°5.....	33
2.7.6.	ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°6.....	34
2.7.7.	ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°7.....	35
2.7.8.	ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°8.....	36
2.7.9.	ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°9.....	37
2.7.10.	ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°10.....	38
2.7.11.	APLICACIÓN DE LA ESCALA DE LIKERT EN EL SOFTWARE SPSS.....	39
2.7.11.1.	RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL GRUPO DE LA MAÑANA	43
2.7.11.2.	RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL GRUPO DE LA NOCHE	44
CAPÍTULO 3: SIMULACIÓN DEL AULA N°20 DEL EDIFICIO MARIO RIZZINI		47
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DIALUX	47
3.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE LA CONSTRUCCIÓN DEL AULA N°20 PARA LA SIMULACIÓN EN DIALUX	47
3.2.1.	SIMULACIÓN CON UNA TEMPERATURA DE COLOR DE 6500K.....	49
3.2.1.1.	ESCENARIO CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR APAGADO	49
3.2.1.2.	ESCENARIO CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR ENCENDIDO	50
3.2.2.	SIMULACIÓN CON UNA TEMPERATURA DE COLOR DE 4000K.....	52
3.2.2.1.	ESCENARIO CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR APAGADO	52
3.2.2.2.	ESCENARIO CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR ENCENDIDO	53
3.2.3.	SIMULACIÓN CON UNA TEMPERATURA DE COLOR DE 3000K.....	54
3.2.3.1.	ESCENARIO CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR APAGADO	54
3.2.3.2.	ESCENARIO CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR ENCENDIDO	55
3.2.4.	DETERMINACIÓN Y SIMULACIÓN DE LUMINARIAS ADECUADA PARA EL AULA N°20.....	56
3.2.4.1.	ESCENARIO 1 CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR APAGADO	57
3.2.4.2.	ESCENARIO 1 CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR ENCENDIDO	59

3.2.4.3. ESCENARIO 2 CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR ENCENDIDO Y CIRCUITOS DIVIDIDOS.....	60
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON EL LUXÓMETRO, SOFTWARE SPSS Y DIALUX.....	62
4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON EL LUXÓMETRO	62
4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SOFTWARE SPSS.....	64
4.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SOFTWARE DIALUX	64
4.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PUNTOS ANTERIORES	65
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
5.1. CONCLUSIONES	67
5.2. RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Cavidad del local. Fuente: [15].....	10
Figura 1.2 Espectro Visible por el hombre. Fuente: [21].....	14
Figura 1.3 Tipos de iluminación según su flujo luminoso. Fuente:[22]	15
Figura 1.4 Partes de una lámpara fluorescente. Fuente: [23].....	16
Figura 1.5 Partes de un diodo LED. Fuente:[23]	16
Figura 1.6 Cerebro Humano. Fuente: [25]	18
Figura 1.7 Partes del ojo. Fuente:[30].....	19
Figura 2. 1 Plano del aula N° 20 del edificio Mario Rizzini en metros en AUTOCAD. Fuente: Autores	21
Figura 2.2 Cambio de lámparas en el aula N°20 del edificio Mario Rizzini. Fuente: Autores	22
Figura 2.3 Combinación entre la luz del día y la luz artificial. Fuente:[16]	22
Figura 2.4 Circuito de iluminación del aula N° 20 del edificio Mario Rizzini. Fuente: Autores	23
Figura 2.5 Luxómetro utilizado en la medición del aula N°20. Fuente: Autores.....	23
Figura 2. 6 Puntos en los que se empleó el Luxómetro. Fuente: Autores.....	24
Figura 2.7 Datos básicos de SPSS. Fuente: Autores.....	28
Figura 2.8 Comportamiento de la luz en dos medios diferentes. Fuente:[21]	29
Figura 2. 9 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores	30
Figura 2.10 Dimensiones físicas de la pizarra. Fuente: Autores.....	31
Figura 2. 11 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores	32
Figura 2.12 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores	33
Figura 2.13 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores	34
Figura 2.14 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores	35
Figura 2.15 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores	36
Figura 2.16 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores	37
Figura 2.17 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores	38
Figura 2.18 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores	39
Figura 2.19 Declaración de variables en el software SPSS. Fuente: Autores.....	41
Figura 2.20 Valoración de las opciones de las preguntas en el Software SPSS. Fuente: Autores	41
Figura 2.21 Hoja de datos. Fuente: Autores.....	42
Figura 2.22 Resultado final del análisis de la escala de Likert para lámparas con temperatura de color de 6500K. Fuente: Autores	43

Figura 2.23 Resultado final del análisis de la escala de Likert. Fuente: Autores	44
Figura 2.24 Resultado final del análisis de la escala de Likert. Fuente: Autores	45
Figura 3. 1 Recreación final del Aula N° 20 -Perspectiva 1. Fuente: Autores	48
Figura 3.2 Recreación final del Aula N° 20 – Perspectiva 2. Fuente: Autores.....	48
Figura 3.3 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 6500K DIALux con proyector apagado. Fuente: Autores.....	49
Figura 3.4 Curva IsoLux del Aula con una temperatura de 6500K con proyector apagado. Fuente: Autores.....	50
Figura 3.5 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 6500K DIALux con proyector encendido. Fuente: Autores	51
Figura 3.6 Curva IsoLux del Aula N° 20 con proyector encendido. Fuente: Autores	51
Figura 3.7 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 4000K DIALux con proyector apagado. Fuente: Autores	52
Figura 3. 8 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 4000K DIALux con proyector encendido. Fuente: Autores	53
Figura 3. 9 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 3000K DIALux con proyector apagado. Fuente: Autores	54
Figura 3. 10 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 3000K DIALux con proyector encendido. Fuente: Autores	55
Figura 3. 11 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 6500K DIALux con proyector apagado. Fuente: Autores	58
Figura 3. 12 Curva IsoLux del Aula con una temperatura de 6500K con proyector apagado. Fuente: Autores.....	58
Figura 3. 13 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 6500K DIALux con proyector encendido. Fuente: Autores	59
Figura 3. 14 Curva IsoLux del Aula con una temperatura de 6500K con proyector encendido. Fuente: Autores	60
Figura 3. 15 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 6500K DIALux con dos circuitos independientes. Fuente: Autores	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Niveles de iluminación para ambientes de estudio Fuente:[1]	8
Tabla 1.2 Reflectancias efectivas para diferentes colores y texturas (Valores presentados en %). Fuente:[15].....	9
Tabla 1.3 Factor de utilización. Fuente:[15]	11
Tabla 1.4 Factor de mantenimiento. Fuente:[15]	12
Tabla 1.5 Temperatura del color Fuente:[24]	15
Tabla 1.6 Luminosidad vs consumo en watts. Fuente: [23].....	17
Tabla 2. 1 Número mínimo de puntos de medición. Fuente: [18].....	24
Tabla 2.2 Mediciones obtenidas en el día dentro del aula. Fuente: Autores.....	25
Tabla 2.3 Mediciones obtenidas en la noche dentro del aula . Fuente: Autores	25
Tabla 2.4 Nivel de confianza. Fuente:	27
Tabla 2.5 Resultado de la pregunta N °1. Fuente: Autores	29
Tabla 2.6 Clasificación de las preguntas en afirmativa o negativa. Fuente: Autores	40
Tabla 2.7 Valoración de los ítems de respuesta. Fuente: Autores	40
Tabla 2.8 Rangos para el nivel de aceptación. Fuente: Autores	42
Tabla 2.9 Valoración final de la escala de Likert para lámparas con temperatura de color de 6500K, 4000K y 3000K. Fuente: Autores	43
Tabla 2.10 Valoración final de la escala de Likert del grupo de la mañana. Fuente: Autores	44
Tabla 2.11 Valoración final de la escala de Likert para lámparas con temperatura de color de 6500K,4000K y 3000K. Fuente: Autores	45
Tabla 2.12 Valoración final de la escala de Likert del grupo de la noche. Fuente: Autores	46
Tabla 3. 1 Especificaciones técnicas del Tubo Led T8 Sylvania. Fuente: Autores	49
Tabla 3. 2 Hoja de Resumen del proyecto con una temperatura de 6500K con proyector apagado. Fuente: Autores	50
Tabla 3. 3 Hoja de Resumen del proyecto con una temperatura de 6500K con proyector encendido. Fuente: Autores	51
Tabla 3.4 Especificaciones técnicas del Tubo Led T8 Sylvania. Fuente: Autores ...	52
Tabla 3. 5 Hoja de Resumen del proyecto con una temperatura de 4000K con proyector apagado. Fuente: Autores	53
Tabla 3. 6 Hoja de Resumen del proyecto con una temperatura de 4000K con proyector encendido. Fuente: Autores	53
Tabla 3. 7 Especificaciones técnicas del Tubo Led T8 Maviju. Fuente: Autores.....	54
Tabla 3. 8 Hoja de Resumen del proyecto con una temperatura de 3000K con proyector apagado. Fuente: Autores	55
Tabla 3. 9 Hoja de Resumen del proyecto con una temperatura de 3000K con proyector encendido. Fuente: Autores	55
Tabla 3. 10 Hoja de Resumen con 12 lámparas de 6500K con proyector apagado. Fuente: Autores	59
Tabla 3. 11 Hoja de Resumen, con 12 lámparas de 6500K con proyector encendido. Fuente: Autores	60
Tabla 3. 12 Hoja de Resumen con 12 lámparas de 6500K y circuitos divididos. Fuente: Autores	61

GLOSARIO DE TÉRMINOS

cd/m²	Candela por metro cuadrado
SPSS	Software of Statistical Product and Service Solutions
Lx	Unidad de medida del sistema internacional para la iluminancia
DIALux	Software para simulación luminotécnico de edificios, hogares, etc.
K	Kelvin unidad de medida de la temperatura del color.
V	Voltio
I	Corriente
W	Vatio
Luxómetro	Instrumento de medición que permite medir la iluminancia real
Lumen(lm)	Unidad de medida del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI)
Luminaria	aparato de iluminación que distribuye la luz emitida por fuentes luminosas.
Lumínica	Es la energía que se transporta a través de las ondas luminosas
Coefficiente de relación (CU)	Relación entre el flujo luminoso que llega a la calzada y el flujo total emitido por la luminaria.
Flujo luminoso	Es la cantidad de luz emitida en todas las direcciones.
Plano de trabajo	Es la superficie horizontal, vertical en la cual es usualmente realizado y los niveles de iluminación deben ser medidos y especificados.
Ángulo de apertura	Es la intersección entre dos líneas que parten del mismo punto o vértice y se mide en grados.
Deslumbramiento	Pérdida momentánea de la visión producida por una luz o un resplandor muy intenso.
Factor de Mantenimiento (FM)	<i>Asegura que se mantenga la iluminación necesaria durante un determinado periodo de tiempo.</i>
Intensidad Luminosa	<i>Relación entre el flujo emitido por una fuente luminosa y un ángulo sólido en el que se emite.</i>
Confort Visual	<i>Estado generado por el equilibrio de una cantidad de iluminación.</i>
NEC	<i>Norma Ecuatoriana de la Construcción</i>

INTRODUCCIÓN

Una correcta distribución de iluminación permite generar un buen espacio de estudio, en donde los estudiantes puedan maximizar su aprendizaje. Un sobre dimensionamiento en la iluminación genera resultados negativos.

Para lograr una buena iluminación para el caso del presente estudio, se requiere analizar los efectos que resultan de los cambios de las lámparas de las luminarias existentes por otras de diferente temperatura del color, y el impacto que causa en los estudiantes la sobre o baja iluminación, resultando en ambos casos un esfuerzo visual de los discentes, causando fatiga visual, dolores de la cabeza, estrés, y con tendencia a prestar menor atención a las clases

Es importante considerar que no existan reflejos en los pizarrones, pisos, paredes y pupitres. La temperatura del color juega un papel importante en la psicología de los estudiantes. Por tal motivo es necesario dar un tratamiento diferente a la iluminación artificial esta debe ser un complemento en el día y una fuente principal en la noche, el saber aprovechar la iluminación natural permite hacer un uso eficiente de la energía eléctrica.

Para salas de educación superior se recomienda un nivel lumínico mínimo de 300 Lux [2], pero esta iluminación está sujeta a las dimensiones físicas del aula.

En este trabajo se maneja una metodología basada en la investigación que permite determinar parámetros necesarios para salas de estudio, se complementa con una parte experimental que consiste en medir y analizar los niveles lumínicos antes y después del cambio de las lámparas de diferentes temperaturas de color. Los resultantes sirven de insumos para cuantificar la influencia en los estudiantes. Las herramientas empleadas para este proceso son la escala de Likert, software SPPSS y DIALux.

La hipótesis que se maneja para un adecuado equilibrio entre el nivel de iluminación, uniformidad, contraste, deslumbramiento, sombras y temperatura de color; puede ayudar a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana a tener un mejor rendimiento académico.

CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE Y FUNDAMENTO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. ESTADO DEL ARTE

La temperatura del color es una característica muy significativa en la luz porque influye en la eficiencia laboral, percepción visual y emociones. En la actualidad la iluminación se ve mezclada por diferentes niveles de iluminación y colores de luz, sin tomar en cuenta el consumo de energía, espectro y flujo luminoso. Para ello, en la Universidad Tecnológica de Delft se desarrolló un algoritmo de optimización para una buena cromaticidad y control de la tecnología LED basado en programación lineal. Pero es necesario comprender algunos aspectos de la luz en los seres humanos por ejemplo las temperaturas de color con tonalidad azulada, produce la secreción de cortisol hormona relacionada al estrés, mientras que disminuye la producción de melatonina causando daños en la retina debido a un exceso en la iluminación.

Para ello desarrollaron un algoritmo de optimización emplearon restricciones como: GB/t 20145 (China) que restringen el uso excesivo de la luz azul, las especificaciones de cromaticidad en productos de iluminación en estado sólido (SSL) establecidos en la norma (ANSI C 78.377) y las coordenadas de SSL conjuntamente con la temperatura de color correlacionada (CCT) con un rango de 2700 K a 6500 K, con este algoritmo pidieron encontrar un color óptimo, con buen flujo luminoso y bajo consumo de energía.

Esta investigación concluyó que la iluminación de estado sólido (LED) es la que mejor rendimiento tiene, mientras que una temperatura de color muy azulada (temperaturas superiores a 6500 K) produce efectos negativos en las personas[3]. Jianqi Cai del Instituto Nacional de Normalización de China, (Beijing) plantea que la temperatura del color también influye en la función ocular, para ello realizó una investigación sobre las variaciones en la visión de los seres humanos y medición de parámetros como: i) Aberraciones ópticas del ojo en donde analizó el polinomio de Zernike del sexto al noveno término para identificar la distorsión de la imagen en la retina, ii) La función de transferencia de modulación (FTM) para describir el contraste

visual y iii) La relación de convergencia – acomodación AC/A que permite describir la fuerza del musculo ciliar.

El grupo de estudio estuvo integrado por personas con una edad promedio de 30 años, el lugar de estudio estaba totalmente aislado de la luz del sol, las personas tenían que realizar una tarea de lectura con una iluminación de 550 lux y un plano de trabajo de 0.75 m, esta actividad se repitió para temperaturas de color correlacionadas de 4000K, 5000K y 6000K. Los resultados indicaron que las personas tienen una correcta función fisiológica ocular con una temperatura de color de aproximadamente 5000K[4].

En la Universidad de Leeds (Reino Unido) se investigó sobre el impacto de la luz dinámica con diferentes rangos y frecuencias de CCT en el nivel de alerta de los seres humanos para ello se llevó a cabo una investigación con un grupo de estudio integrado por 7 hombres y 3 mujeres estas personas estuvieron expuestas a seis sesiones experimentales en las cuales se variaba la temperatura del color entre 4000 K hasta 10000K con tiempos de 2, 1 y 0.5 horas de duración. Para evaluar los efectos se emplearon cuestionarios, análisis de las ondas Alfa y Beta a través de EEG (electroencefalografía), estas ondas se originan en el lóbulo occipital cuando existe una intensa actividad cerebral, permitiendo conectar las neuronas mejorando la capacidad de concentración y memoria.

Otro examen al que debían someterse los participantes fue EOG (electroculograma) este mide el movimiento de los músculos del ojo. El experimento fue realizado en un periodo de dos meses, los participantes debían someterse a exámenes de EEG, EOG realizar tareas escritas y en la computadora. Los datos fueron recolectados en horarios de 2 a 5 de la tarde, la somnolencia subjetiva fue cuantificada por los participantes entre 1 a 6 en donde: 1 (Muy Cansado), 2 (Cansado), 3 (Poco Cansado), 4 (Poco Alerta), 5 (Alerta) y 6 (Muy Alerta).

Toda la información fue analizada en el software SPSS. Concluyeron que la luz dinámica influye en las ondas alfa y son más altas con temperaturas superiores a 6000 K permitiendo a los participantes estar más alertas. También observaron que después de 4 horas de exposición a luz dinámica con una alta temperatura de color (<6500K) se pierde significativamente el rango de ondas beta esto se debe al cansancio de la

persona y la reproducción cíclica de actividades. Estos resultados pueden ser usados para mejorar la somnolencia después de comer y mejorar la eficiencia en el trabajo[5].

El consumo de energía eléctrica destinado a iluminación en instituciones educativas representa entre el 20 y 30 % del consumo total. Pero es necesario reducir los costos de operación mediante un uso eficiente de la energía esto no significa comprometer los niveles de iluminación, para ello en la Universidad de Manipal se realizó una auditoria del consumo de energía eléctrica destinada a iluminación en una aula, la cual se tomó en cuenta la altura de montaje, número, tamaño, ubicación de las luminarias existentes y la posibilidad para un cambio en la reflectancia que rodea para mejorar la calidad del contraste el plano de trabajo del aula es de 0.85 m, los niveles de iluminación en fueron medidos en diferentes horas del día, la luminarias analizadas fueron fluorescentes T5 de 66 W con una eficiencia luminosa de 35 LM/W, la instalación cuenta con 14 luminarias obteniendo una media de 400 lux, en la india la iluminación media requerida para ambientes destinado a tareas visuales es de 300 lux, por lo que existe un sobredimensionamiento del 25% para cumplir con la iluminación requerida se necesita de 9 luminarias, esto permite reducir los costos y ahorro de energía eléctrica.

Esta investigación recomienda que el aula debe tener iluminación directa e indirecta realizando una integración entre la luz del día y luz artificial esto permite que los estudiantes se desempeñen mejor que los que no tienen acceso a la luz el día. Concluyen que para evitar el cansancio y la fatiga no debe existir una gran diferencia entre los niveles de iluminación de pupitres y otros puntos del aula. La auditoría energética permito bajar el consumo garantizando un entorno visual adecuado para estudiantes[6].

Mientras que, en el instituto Tecnológico de Hermosillo, México se realizó una comparación del consumo de energía del sistema de iluminación fluorescente vs LED de un edificio académico. Para ello se basaron en la norma oficial NOM-025 que establece 300 lx para aulas y en mediciones de luxes en el plano de trabajo ubicado a 0.75 metros, se dividió el aula en 26 Zonas e iluminadas con lámparas fluorescentes para evitar errores se manejó 2 conjuntos el primero con las luces apagadas y la persianas cerradas mientras que la segunda con las luces encendidas, por ejemplo; Zona 1 con luces apagadas se mide 8 lx, mientras que con luces encendidas se tiene

una lectura de 122 lx obteniendo una diferencia de 114 lx. Posteriormente se cambió las lámparas fluorescentes por tecnología LED y se aplicó el mismo procediendo anterior, los resultados mostraron que la iluminación fluorescente consume una potencia de 342 w obtenido una iluminación promedio de 290.45 lx mientras que la tecnología LED consume 155 w y se obtiene 304.97 lx, esto se tradujo en una reducción en el consumo de energía eléctrica en aproximadamente 55%[7].

La iluminación producida por tecnología LED tiene una mayor aceptación que las lámparas convencionales, la investigación sobre los efectos de la iluminancia, temperatura de color, y reproducción cromática de tecnología LED sobre preferencia subjetiva y rendimiento en Indonesia plantea que es necesario estudiar sobre los efectos fotométricos y colorimétricos en la percepción visual de los estudiantes para ello se empleó el método de análisis (ANOVA), en donde se manejó dos escenarios el primero consistía en variar la Temperatura del Color Correlacionada (CCT), y la segunda es variar el Índice de Reproducción Cromática (CRI).

Las personas tenían que realizar una lectura de letras de diferentes tamaños y contrastes en escala de grises, éstas deben puntuar entre 1 a 6 en la escala de Likert el nivel de iluminación, claridad del color, aspecto del color y confort visual. En la investigación se empleó lámparas de 3000K, 6500K y 8000K mientras que los valores de CRI se fueron cambiando entre 72 a 88. Pero también se fue variando la iluminación entre 250 lx, 350 lx y 450 lx. Las personas que participaron fueron estudiantes entre 18 y 24 años, siendo un total de 44. La conclusión del experimento fue que las personas se sienten visualmente más cómodas con una temperatura del color de 6500 K y una iluminación promedio de 350 lux, una variación de la temperatura del color produce un efecto significativo sobre la claridad y el confort visual, mientras que una pequeña variación de lúmenes por metro cuadrado (entre 10-50 lux) no afecta de manera significativa[8].

Existen aparatos eléctricos que influyen en el confort visual como el uso de proyectores dentro de las aulas que sea venido popularizando, sin tomar en cuenta cómo influye en la visibilidad e iluminación, para analizar estos efectos en la Universidad Técnica de Eindhoven se realizó un experimento con tres niveles de iluminación 0 lux, 300 lux, luz del día y cinco diferentes niveles de iluminancia del proyector 150, 200 260 candelas por metro cuadrado, con el objetivo de recabar

información sobre la iluminación y visibilidad de 8 escuelas en 4 diferentes ciudades de China, para el método experimental escogieron 5 posiciones diferentes de pupitres, con una temperatura de color de 4000K, los resultados fueron analizados en el software SPSS, determinaron que la luz del día provoca una mayor interferencia en la visibilidad mientras que la luz artificial de 300 lux permite tener un mejor umbral en la visión cuando el proyector esta encendido, cuando más alto es la iluminancia del proyector el umbral se disminuye y se necesita un mayor contraste para identificar las imágenes del proyector cuando el fondo es blanco [9].

Según Hisanori Ikegami de la Universidad Doshisha de Japón para lograr un buen ambiente de trabajo se debe encontrar un equilibrio entre la temperatura del color y el nivel de iluminación. Para ello realizó un experimento que consistió en proporcionar un nivel de iluminación y temperatura de color a través de un sensor de croma en donde 10 personas con una edad promedio de 22 años pudieron variar la iluminancia y temperatura de color según su necesidad el experimento se realizó en horario de 11:00, 14:00 y 18:00 se inició con valores fijados de 1200 lux y 5500K, se analizó tres relaciones: iluminancia y hora del día, temperatura del color y hora del día, iluminancia y temperatura del color.

Los resultados mostraron que la iluminancia preferida por los participantes varía por la mañana, tarde y noche esto se repite con la temperatura del color manifiesta que la iluminancia es más importante que la temperatura del color al momento de realiza una tarea determinada. La temperatura de color más aceptada fue la de 5000K y una iluminancia durante el día de 700 lux. Mediante esta investigación se pudo determinar la siguiente ecuación: $t = \alpha \log(i) + \beta$ en donde: t = temperatura del color, i = Iluminancia, y los coeficiente de aproximación: mañana $\alpha = 587.26$, $\beta = 770.33$ tarde $\alpha = 637.47$, $\beta = 480.82$ y noche $\alpha = 1014.52$, $\beta = 1578.52$ esto permite tener una aproximación de la temperatura de color en base al nivel de iluminancia en el transcurso del día[10].

De igual manera Yuka Taniguchi realizó una investigación sobre la preferencia de iluminación y temperatura del color para ambientes dedicados a trabajos creativos (manualidades, elaboración de productos) las personas prefieren una iluminación relativamente baja (250 a 500 lux) y no desean una alta iluminación con temperaturas del color bajas (3000K), también indica que los colores rojizos tienden a crear

ambientes de relajación mientras que los colores azulados crean espacios de alerta y están relacionados con el estado de ánimo de las personas. Yuka Taniguchi fue variando la temperatura del color pudiendo establecer que ambientes destinados a tareas creativas la temperatura de 4600 K tiene mayor aceptación. Pero esto puede variar según el estado de salud de las personas por ejemplo una persona enferma prefiere una luz cálida. Esta investigación fue un complemento al trabajo ya realizado por Hisanori Ikegami [11].

Hasta el momento se las investigaciones se han centrado en la temperatura de color y niveles de iluminación pero es necesario hacer un análisis sobre el índice de reproducción de color para ello Mitsunori Miki indica que según la fuente de luz el matiz del color es percibido de diferente manera en los seres humanos [12]. Ming Ronnier realizó un experimento psicológico este se lo realizó con 10 personas las cuales evaluaron las muestras de color bajo diferentes fuentes de iluminación (fluorescentes, led) empleando el método de la escala de grises, Mitsunori determinó que existe una mejor identificación de los colores cuando el índice de reproducción cromática es 0.92 con tecnología led [13].

Dentro de la iluminación el confort lumínico hace referencia al sentido de la vista mediante la percepción de aspectos psicológicos, fisiológicos y físicos relacionados con la luz. Es necesario establecer una diferencia con el confort visual, ya que éste hace referencia a los aspectos psicológicos de objetos y el espacio que nos rodean [14]. Dentro del confort lumínico se involucra tres aspectos: La iluminancia, el índice de reproducción cromática sobre cualquier superficie y el deslumbramiento, [8].

Se sostiene que el ser humano es capaz de identificar iluminancias desde 3 hasta 100000 lux, aunque para desarrollar cualquier tipo de actividad se necesita entre 100 y 1000 lux, en cuanto a la iluminación para salas o aulas de estudio se maneja un rango entre 200 hasta 500 lux en diferentes países. En Ecuador la Normativa Ecuatoriana de Construcción NEC en su capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas establece un mínimo de 300 luxes para aulas de clase, este valor puede variar y está sujeto a las necesidades del lugar [1].

1.2. AMBIENTES DESTINADOS PARA ACTIVIDADES ACADÉMICAS

Los lugares destinados para actividades académicas, tales como laboratorios, salas de profesores, aulas, oficinas administrativas, requieren un nivel de iluminación adecuado que permita que las personas tengan un buen desempeño laboral o académico. En aulas de educación superior, los estudiantes están sujetos al uso de elementos que pueden producir un brillo, tales como calculadoras, computadoras portátiles [4][5][6], la ubicación de las fuentes de luz artificiales debe considerar factores como: ubicación de pupitres, la influencia de la luz natural, plano de trabajo, etc.

El desarrollo de este trabajo se basa en el cumplimiento de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) [1], donde hace referencia a los niveles de iluminación según el local y tarea que en él se desarrolle. En la Tabla 1. 1 se presenta los niveles de iluminación promedio que se necesita garantizar dentro de las edificaciones destinadas a centros educativos. [4][5][7]

Tabla 1. 1 Niveles de iluminación para ambientes de estudio Fuente:[1]

Niveles de Iluminación (lx)			
Tipo de Actividad	Mínimo	Medio	Máximo
Salones de Clases			
Iluminación General	300	500	750
Pizarrones	300	500	750
Elaboración de planos	500	750	1000
Salas de Conferencias			
Iluminación General	300	500	500
Tableros	500	750	1000
Bancos de demostración	500	750	1000
Laboratorios	300	500	750
Salas de arte	300	500	750
Talleres	300	500	750
Salas de asamblea	150	200	300

1.3. REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE LAS SUPERFICIES

La reflectancia es una relación entre el porcentaje de luz que incide sobre una determinada superficie, aquí influye los materiales, el color y textura de los que esté

compuesta la superficie, en la Tabla 1.2 se indican las reflectancias en porcentaje para diferentes colores y texturas. [15]

Tabla 1.2 Reflectancias efectivas para diferentes colores y texturas (Valores presentados en %). Fuente:[15]

Tono	Color	%	Superficies	%	Acabados de construcción	
Muy Claro	Blanco nuevo	88	Maple	43	Cemento	27
	Blanco viejo	76	Nogal	16	Concreto	40
	Azul Crema	76	Caoba	12	Mármol blanco	45
	Crema	81	Pino	48	Vegetación	25
	Azul Crema	65	Madera clara	30-50	Asfalto limpio	7
	Miel	76	Madera oscura	10-25		
	Gris	83				
	Azul Verde	72				

1.4. DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA INTERIORES

Para diseñar una buena iluminación en interiores se emplea el método de las cavidades zonales que consiste en dividir un local en tres cavidades: techo, local y piso. El diseño debe ser eficiente y cumplir con una iluminación promedio que garantice uniformidad en toda el área, optimizando las fuentes de iluminación artificial con un bajo consumo de energía eléctrica, es necesario tener en cuenta las fuentes complementarias de iluminación natural para aprovechar la mayor cantidad de lúmenes posibles. A continuación, se emplea este método para diseñar la iluminación interior del aula N°20 en el edificio Mario Rizzini. [5]

1.4.1. CÁLCULO DE LA CAVIDAD LOCAL (K)

La cavidad local es un factor que ayuda a determinar el coeficiente de utilización (CU), y se lo puede calcular en función de la geometría del lugar en la Figura 1. 1, se presenta las variables que se ven involucradas en el cálculo de la cavidad local.[15]

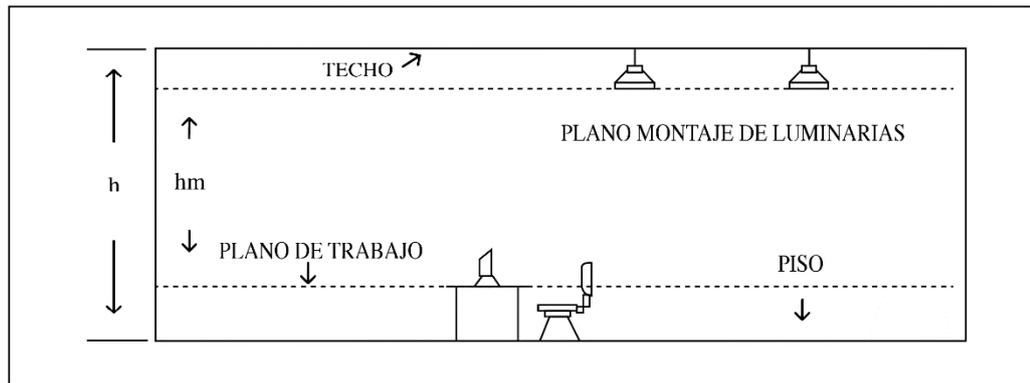


Figura 1. 1 Cavidad del local. Fuente: [15]

La distancia entre la altura de montaje de las lámparas y el plano de trabajo se la conoce como altura de la cavidad del local [hm], y se la puede calcular con la ecuación (1), los valores corresponden a la geometría del aula N° 20 del edificio Mario Rizzini.

$$hm = h - (PT + PML) \text{ [m]} \quad (1)$$

Dónde:

hm: Altura de la cavidad del local [m]

h: Altura del local [m]

PT: Plano de trabajo [m]

PML: Plano de montaje de luminarias [m]

Para continuar con el diseño de las cavidades locales es necesario determinar el índice de la cavidad para ello se emplea la ecuación (2).

$$K = \frac{l * a}{hm(l + a)} \quad (2)$$

Dónde:

K: Índice de la cavidad local

l: Largo del aula N°20 [m]

a: Ancho del aula N°20 [m]

hm: Altura de la cavidad del local [m]

1.4.2. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN (CU)

Se calcula con el índice de la cavidad local [K] del lugar y los factores de reflexión, del piso y de las paredes, este coeficiente representa la relación entre el flujo luminoso entregado por la lámpara y el flujo luminoso incidente en el plano de trabajo. [15]

Tabla 1.3 Factor de utilización. Fuente:[15]

Índice del local K	Factor de utilización									
	Factor de reflexión del techo									
	0.70			0.50			0.30			
	Factor de reflexión de las paredes									
	0.50	0.30	0.10	0.50	0.30	0.10	0.50	0.30	0.10	
1	0.28	0.22	0.16	0.25	0.22	0.16	0.26	0.22	0.16	
1.2	0.31	0.27	0.20	0.30	0.27	0.20	0.30	0.27	0.20	
1.5	<u>0.39</u>	0.33	0.26	0.36	0.33	0.26	0.36	0.33	0.26	
2	0.45	0.40	0.35	0.44	0.40	0.35	0.44	0.40	0.35	
2.5	0.52	0.46	0.41	0.49	0.46	0.41	0.49	0.46	0.42	
3	0.54	0.50	0.45	0.53	0.50	0.45	0.53	0.50	0.45	
4	0.61	0.56	0.52	0.59	0.56	0.52	0.58	0.56	0.52	
5	0.63	0.60	0.56	0.63	0.60	0.56	0.62	0.60	0.56	
6	0.68	0.63	0.60	0.66	0.63	0.60	0.65	0.63	0.60	
8	0.71	0.67	0.64	0.69	0.67	0.64	0.68	0.67	0.64	
10	0.72	0.70	0.67	0.71	0.70	0.67	0.71	0.70	0.67	

1.4.3. FACTOR DE MANTENIMIENTO (FM)

El factor de mantenimiento es un parámetro necesario para el cálculo del flujo luminoso total, para determinar este valor se emplea la Tabla 1.4 que está elaborada por la comisión internacional de iluminación CIE. Para hacer uso de esta tabla se necesita conocer la frecuencia con que se realiza el mantenimiento y el tipo de luminarias empleadas en el lugar. [15]

Tabla 1.4 Factor de mantenimiento. Fuente:[15]

Frecuencia de limpieza en años	1 año				2 años			
	P	C	N	D	P	C	N	D
Condiciones Ambientales								
Luminarias abiertas	0.96	0.93	0.89	0.83	0.93	0.89	0.84	0.78
Reflector parte superior abierta	0.96	0.90	0.86	0.83	0.89	0.84	0.80	0.75
Reflector parte superior cerrados	0.94	0.89	0.82	0.72	0.88	0.80	0.69	0.59
Reflector cerrados	0.94	0.88	0.82	0.77	0.89	0.83	0.77	0.71
Luminarias a prueba de polvo	0.98	0.94	0.90	0.86	0.95	0.91	0.86	0.81
Luminarias con emisión indirecta	0.91	0.86	0.81	0.74	0.86	0.77	0.66	0.57

En donde:

P: Pure – Puro o muy Limpio

C: Clean – Limpio

N: Normal

D: Dirty – Sucio

1.4.4. FLUJO LUMINOSO TOTAL NECESARIO

Este valor permite cuantificar la potencia luminosa percibida por los seres humanos. En función de iluminancia media previamente especificada, el flujo luminoso se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$\varphi_{tot} = \frac{E_{medio} * A}{CU * FM} \quad [lm] \quad (3)$$

En donde:

φ_{tot} : Flujo Luminoso total [lm]

E_{medio} : Iluminancia media requerida [lx]

A : Área del local [m²]

CU : Coeficiente de utilización

FM : Factor de mantenimiento

1.4.5. NÚMERO DE LUMINARIAS REQUERIDAS

El número de lámparas requerido se lo puede determinar a partir del flujo luminoso producido por cada lámpara y se calcula con la siguiente ecuación. [15]

$$N = \frac{\varphi_{tot}}{\varphi_l * n} \quad (4)$$

En donde:

N : Número de luminarias necesarias

n : Número de bombillas por luminaria

φ_{tot} : Flujo luminoso requerido [lm]

φ_l : Flujo por bombilla [lm]

Al tratarse de áreas rectangulares, las luminarias se instalarán de forma equidistante con el fin de obtener una distribución luminosa uniforme, siguiendo para este el uso de las siguientes formulas. [15]

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{Total}}{largo} * ancho} \quad (5)$$

$$N_{largo} = N_{ancho} * \frac{largo}{ancho} \quad (6)$$

1.4.6. UNIFORMIDAD DE LUMINARIAS

Este es substancial para el confort y visión del aula, se calcula una vez obtenida la iluminancia media, para asegurar una uniformidad moderada de iluminancia sobre cualquier área de trabajo y su entorno inmediato, se exigirá para una iluminancia de

tarea una uniformidad mayor o igual a 0.7 y 0,5 para iluminancia de áreas circundantes inmediatas entre sus valores mínimos y medio [16][17][18][19].

$$U_m = \frac{E_{mínima}}{E_{media}} \quad (7)$$

Donde:

U_m : uniformidad media

$E_{mínima}$: es el menor valor detectado en la medición

E_{media} : es el promedio de los valores obtenidos en la medición

Si se cumple la relación, indica que la uniformidad de la iluminación.

1.5. LA LUZ Y EL COLOR

La luz es solo una parte del espectro electromagnético a la que el ojo puede responder, el color de la luz está en función de la longitud de onda, aun que el ser humano solo es capaz de percibir longitudes entre 380 nm a 770 nm, a continuación se presenta el espectro visible de los seres humanos. [16] [20] [21]

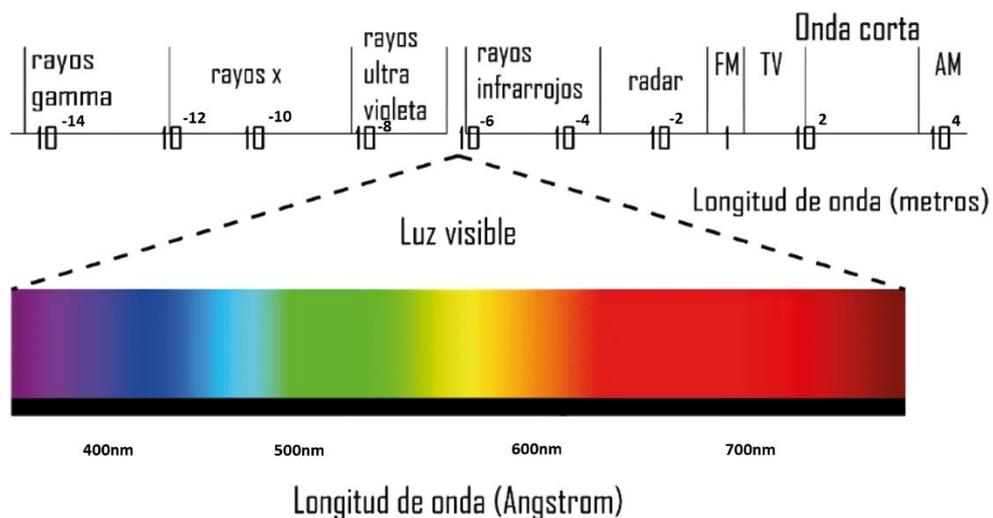


Figura 1.2 Espectro Visible por el hombre. Fuente: [21]

1.6. TIPOS DE ILUMINACIÓN

La iluminación puede tener dos fuentes principales natural y artificial, esta iluminación se puede clasificar en directa, semi-directa, difusa indirecta, etc. Para tener una buena iluminación debemos considerar el uso que se va a dar al lugar, plano de trabajo, ángulo de apertura de las lámparas. Esto permite que el flujo luminoso sea

correcto disminuyendo el deslumbramiento. En la Figura 1.3, se presenta la clasificación del flujo luminoso.[22][23][21]

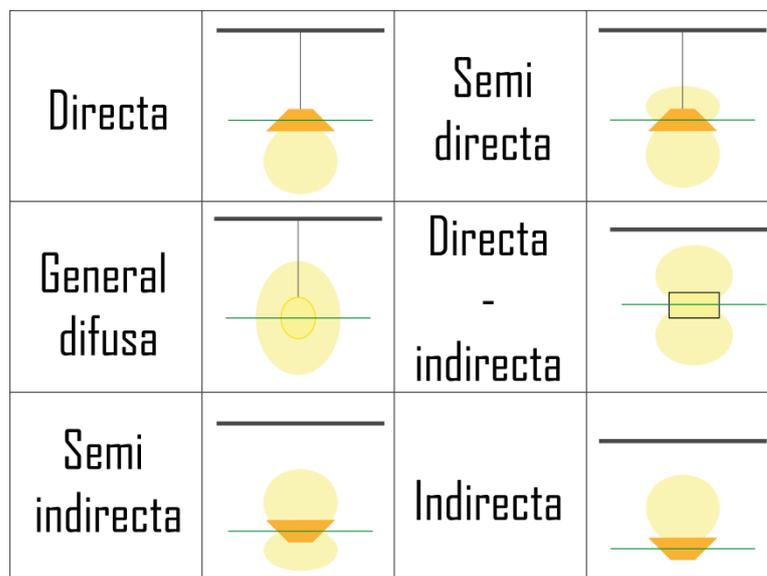


Figura 1.3 Tipos de iluminación según su flujo luminoso. Fuente:[22]

1.7. TIPOS DE LÁMPARAS

Dentro del mercado eléctrico existe diferentes tipos de lámparas de diversas temperaturas de color y forma, dependiendo el uso y el lugar en la que se vaya a instalar, en la Tabla 1.5 se presenta un a clasificación de la temperatura del color, a su vez este factor influye en el rendimiento y estado de ánimo de los seres humanos. Adicional a esto, las lámparas deben proporcionar una buena relación entre cantidad de luz y flujo luminoso, por lo tanto, debe ser constante a lo largo de la vida útil de la lámpara, con esto se garantiza una buena iluminación y un uso eficiente de la energía eléctrica. [24]

Tabla 1.5 Temperatura del color Fuente:[24]

Color Aparente	Temperatura de Color en K	Se recomienda en:
Cálido	< 3300	Lugares sociales
Luz del día	3300 a 5300	Áreas de trabajo y estudio
Frio	>5.300	Altos niveles de iluminación Lugares calurosos

1.7.1. LÁMPARAS FLUORESCENTES

Son tubos de vidrio que poseen electrodos en sus extremos, en el interior de estos tubos se deposita pequeñas cantidades de argón y vapor de mercurio. Consumen menor cantidad de energía eléctrica a diferencia de las lámparas incandescentes, éstas lámparas no se calientan considerablemente, y su vida útil es de aproximadamente 7500 horas. Además, permiten diseñar ambientes homogéneos con bajos niveles de deslumbramiento. En la Figura 1.4 se puede apreciar las partes que conforman una lámpara fluorescente. [23][22]

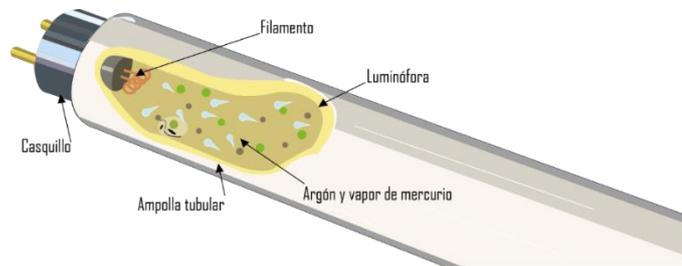


Figura 1.4 Partes de una lámpara fluorescente. Fuente: [23]

1.7.2. TECNOLOGÍA LED

La tecnología led permite tener nuevas y mejores soluciones dentro de los sistemas de iluminación, son dispositivos semiconductores capaces de emitir luz al polarizarse a través de una corriente eléctrica. Su consumo de energía eléctrica es muy bajo y su vida útil es prolongada, sus principales ventajas son: tamaño de lámparas reducidas, muy resistentes a fenómenos climáticos, rápida respuesta al encendido y un alto nivel de eficiencia. En la Figura 1.5 se presenta las partes de un led.[23]

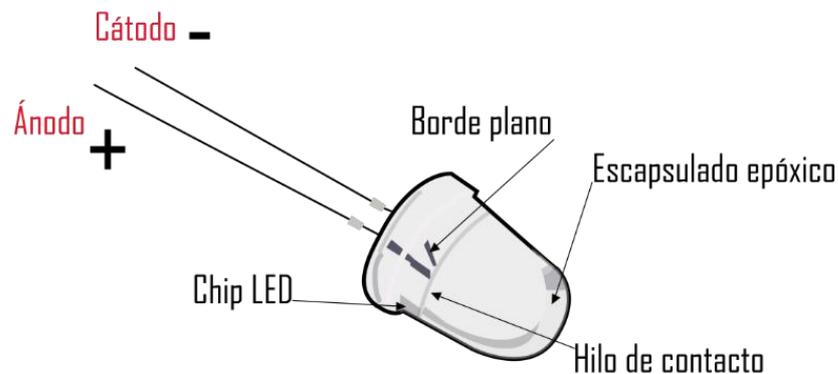


Figura 1.5 Partes de un diodo LED. Fuente:[23]

La tecnología LED tiene amplias ventajas frente a la iluminación tradicional, su eficiencia es superior, lo que permite tener una potencia lumínica alta con un bajo consumo de energía, esta tecnología es amigable con el medio ambiente ya que no poseen metales pesados ni mercurio. En la Tabla 1.6 se muestra una equivalencia entre lúmenes y el consumo aproximado en watts de diferentes tecnologías de iluminación.

Tabla 1.6 Luminosidad vs consumo en watts. Fuente: [23]

Valores en lúmenes (lm)	Consumo aproximado en watts (w)		
	LED	Incandescentes	Fluorescentes
50 - 80	1.3	10	---
110 - 220	3.5	15	6
250 - 440	5	25	7
550 - 650	9	40	9
650 - 800	11	60	11
800 - 1500	15	75	18
1600 - 1800	18	100	20
2500 - 2600	25	150	30
2600 - 2800	30	200	40

1.8. EL CEREBRO Y LA VISIÓN HUMANA

Es un órgano muy complejo que tiene la tarea de regular y controlar la mayor parte de funciones del cuerpo, como: funciones vitales, procesamiento de información recibida desde los sentidos, permite razonar, además es responsable de nuestras conductas y emociones. El cerebro consta de las siguientes partes: lóbulo frontal, lóbulo parietal, lóbulo occipital, cerebelo, lóbulo temporal, médula espinal, que son los encargados de controlar las diferentes actividades que desarrollan los seres humanos. En la Figura 1.6 se presenta las áreas que maneja el cerebro.

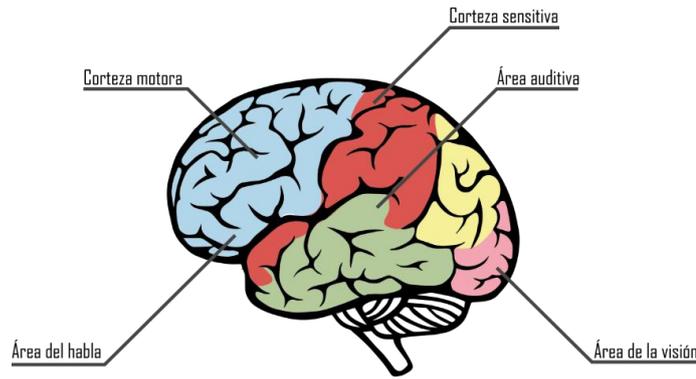


Figura 1.6 Cerebro Humano. Fuente: [25]

1.8.1. LA VISIÓN DE LOS SERES HUMANOS.

Para determinar una buena iluminación dentro de las aulas de estudio de la UPS se debe estudiar los factores que se involucran en la vista, en donde el ojo es el órgano que cuenta con la capacidad de reaccionar a diferentes estímulos sean estos colores, distancias, movimientos, formas, etc.[26]

El acomodamiento del ojo permite tener un buen enfoque sobre cualquier objeto sin importar la distancia a la que este se encuentre, es similar a una cámara fotográfica, el ojo puede adaptarse diferentes niveles de iluminación, responde a diferentes longitudes de onda, el tiempo que requiere el ojo para ver apropiadamente un objeto depende del nivel de detalle que se necesite, el tiempo es un factor muy importante. En la visión se debe tener en cuenta algunos aspectos personales del individuo como su agudeza visual, la sensibilidad del ojo y el campo visual. [26] [27]

El proceso de la visión humana comprende el paso de la luz a través de la córnea, el humor acuoso, la pupila, el lente y el cuerpo vítreo, después llegan a las células nerviosas sensibles a la luz en la retina y viaja por los nervios ópticos hasta el lóbulo occipital que es el encargado de procesar la información e interpretar el color y otros aspectos importantes de la visión.[28] [29]

Cuando existe una iluminación inadecuada en el área de trabajo, este puede causar efectos negativos como, dolor de cabeza, fatiga visual o general, disminución de la agudeza visual y pérdida paulatina de la visión, no solo afecta en la salud de los estudiantes, también en la eficiencia y productividad de los mismo, afectando así en el rendimiento académico de los estudiantes durante las horas de clases.[27]

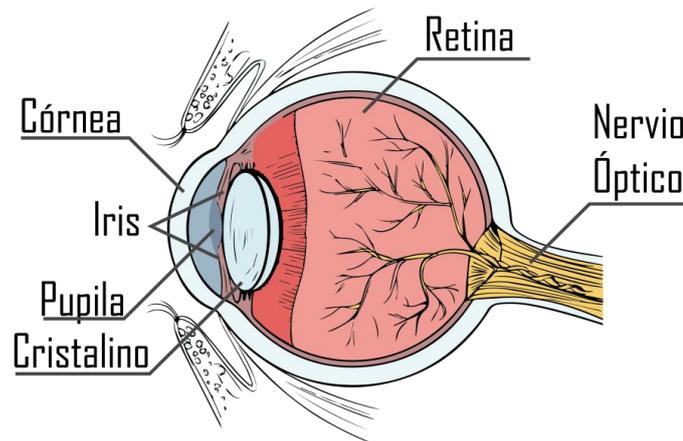


Figura 1.7 Partes del ojo. Fuente:[30]

El iris regula la cantidad de luz que alcanza el ojo, haciendo que la pupila se ajuste automáticamente a los cambios de luz, sin embargo, cuando existe cambios bruscos en los niveles de iluminación puede causar sensaciones muy desagradables provocando lesiones de la vista transitorias o permanentes, por lo tanto es importante proteger la retina contra el daño de la luz ya que se ajusta automáticamente con las variaciones de las condiciones luminosas [20][31]

En la retina es donde ocurre el mayor proceso de adaptación, la energía luminosa produce cambios químicos en las células de la membrana que es sensibles a la luz y estas células producen una señal eléctrica y las envía por el nervio óptico al cerebro. [28] [31]

CAPÍTULO 2: CAMBIO DE LUMINARIAS EN EL AULA N°20 DEL EDIFICIO MARIO RIZZINI, MEDICIÓN DE ILUMINANCIA Y REALIZACIÓN DE ENCUESTAS A LOS ESTUDIANTES.

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se la hizo en el aula N°20 del edificio Mario Rizzini de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Sus dimensiones físicas son 7.81 metros de largo por 5.80 metros de ancho y una altura de 3.16 metros, cuenta con una capacidad para 35 estudiantes. La pared frontal tiene un color azul lo que tiene una reflectancia de luz de 76 %, mientras que las paredes laterales, pared trasera y tumbado cuentan con un color blanco que posee un reflectancia de 82%, el piso del aula está construido con baldosa de color café claro lo que representa una reflectancia de 35% [31]. En la Figura 2. 1 se muestra el plano del aula y sus respectivas mediciones.

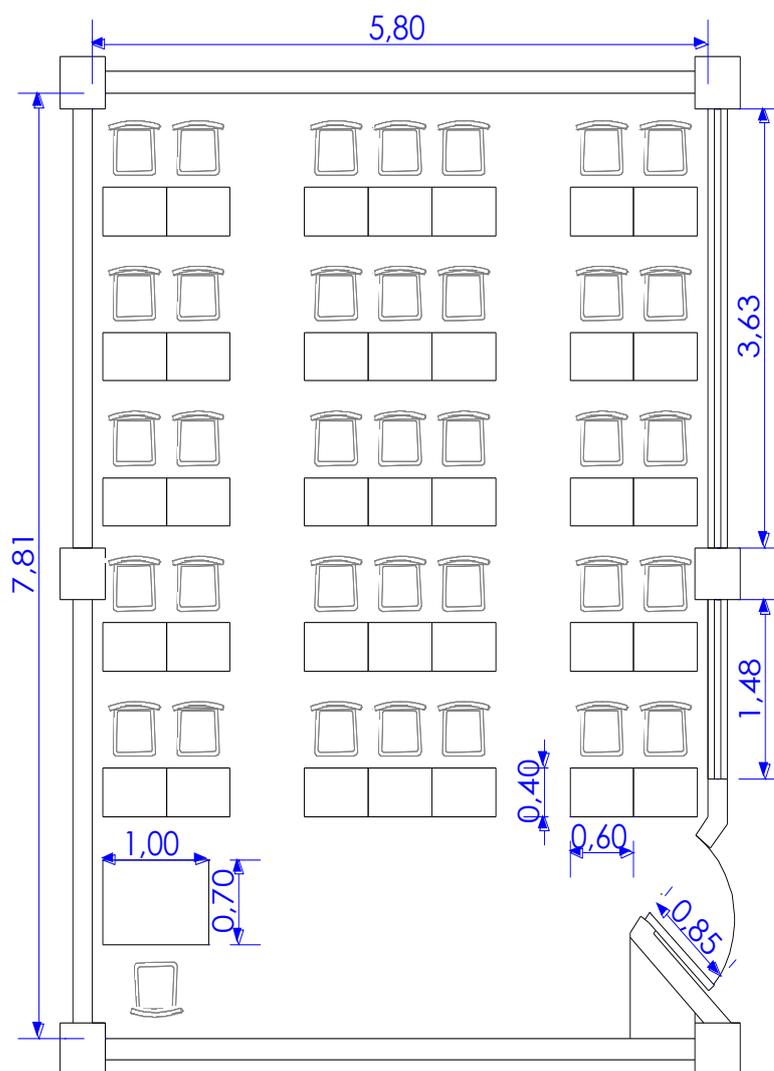


Figura 2. 1 Plano del aula N° 20 del edificio Mario Rizzini en metros en AUTOCAD. Fuente: Autores

2.2. CAMBIO DE TUBOS LED

Es necesario realizar un cambio de los tubos led por otros con diferente temperatura de color para determinar las variaciones de reflectancia, contrastes, iluminancia, y poder establecer cómo influye la temperatura de color en los estudiantes y en el rendimiento académico. Se pretende establecer un uso adecuado de la iluminación artificial para que esta se convierta en un complemento durante el día y una fuente principal de iluminación en las noches.

Las especificaciones técnicas de los tubos led que emplea para este análisis son: base G13, potencia de 18w, 1.2 metros de largo, ángulo de apertura de 170°, el índice de reproducción cromática de 80 y una temperatura de color de 6500 K, 4000K y 3000K, en la Figura 2.2 se presenta el cambio de los tubos led.



Figura 2.2 Cambio de lámparas en el aula N°20 del edificio Mario Rizzini. Fuente: Autores

Un problema común en las aulas se presenta cuando solo ingresa la luz del día, generando de esta manera sombras que son molestas para los estudiantes. El circuito de iluminación actual se debe acoplar de manera adecuada con la luz del día para no presentar dichas sombras como se presenta en la Figura 2.3.

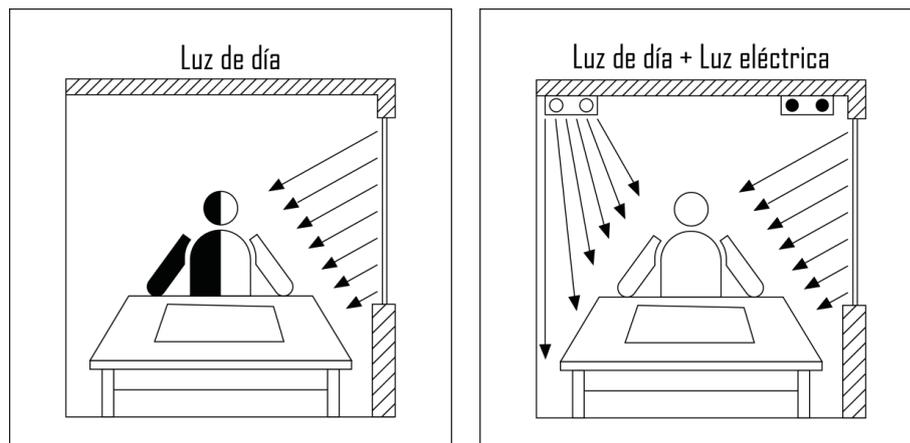


Figura 2.3 Combinación entre la luz del día y la luz artificial. Fuente:[16]

2.3. ILUMINACIÓN DENTRO DEL AULA

El aula cuenta con dos fuentes de iluminación, la primera es la natural que ingresa por dos ventanas con las siguientes medidas 3.63x2.14 metros y 1.48x3.63 metros. La segunda es la iluminación artificial, dentro del aula se encuentran instaladas seis luminarias, cada una contiene dos tubos led con las siguientes especificaciones técnicas: base G13, potencia de 18w, 1.2 metros de largo, ángulo de apertura de 170°, el índice de reproducción cromática de 80 y una temperatura de color de 6500K, en la Figura 2.4 se muestra el circuito de iluminación.

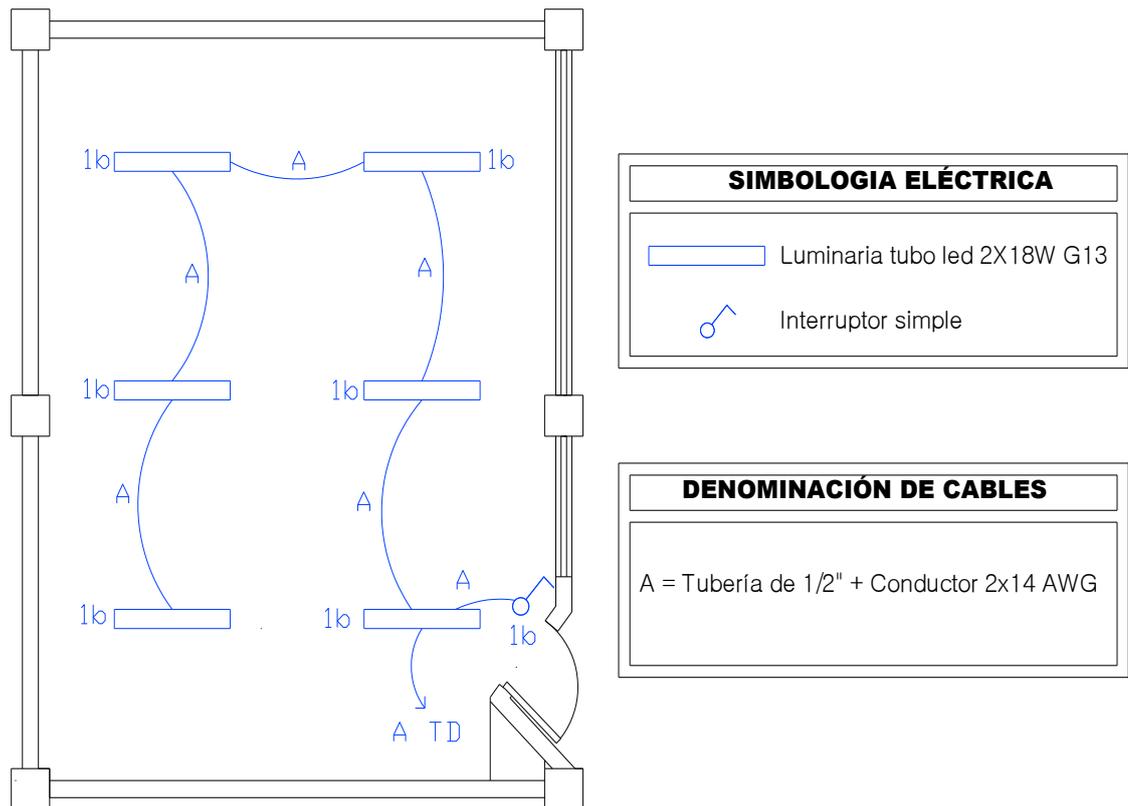


Figura 2.4 Circuito de iluminación del aula N° 20 del edificio Mario Rizzini. Fuente: Autores

2.4. LUXÓMETRO

Este permite medir la cantidad de iluminancia real que producen las lámparas instaladas en el aula sobre el área de trabajo. Para la medición del aula N°20 se usa el luxómetro Lx/Fc Light Meter TM-204. Véase la Figura 2.5



Figura 2.5 Luxómetro utilizado en la medición del aula N°20. Fuente: Autores

2.4.1. MEDICIÓN DE ILUMINANCIA EN EL AULA

Se requiere que el aula tenga los mismos niveles de iluminación, por lo tanto, se utiliza el método de la cuadrícula para tener el número mínimo de puntos de medición, este valor se obtiene a partir del valor del índice local K, en la siguiente Tabla 2. 1 se presente la cantidad de puntos a evaluar [18].

Tabla 2. 1 Número mínimo de puntos de medición. Fuente: [18]

Índice del local (K)	X	N (Número mínimo de puntos a evaluar)
≤ 1	0	4
$1 < K \leq 2$	1	9
$2 < K \leq 3$	2	16
$K > 3$	3	25

Dado que nuestro valor de K es 1.5, el número mínimo de puntos a evaluar es 9, por lo tanto, en el plano del aula se divide en sectores cuadrangulares para requerir el mismo nivel de iluminación, este punto de muestreo por lo menos se fragmentará en 10 cuadrículas como se puede observar en la Figura 2. 6

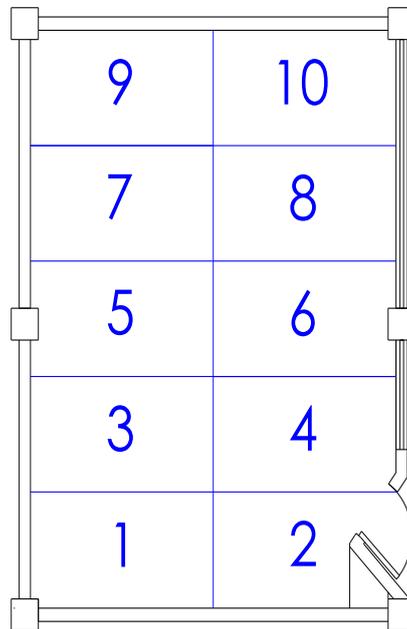


Figura 2. 6 Puntos en los que se empleó el Luxómetro. Fuente: Autores

Las mediciones realizadas durante el día para las lámparas con una temperatura de color de 6500K, 4000K y 3000K se presentan en la Tabla 2.2

Tabla 2.2 Mediciones obtenidas en el día dentro del aula. Fuente: Autores

Temperatura	6500K		4000K		3000K		Unidad
	Luz artificial + luz del día	Luz artificial	Luz artificial + luz del día	Luz artificial	Luz artificial + luz del día	Luz artificial	
1	520	350	490	290	470	274	L U X
2	1320	420	1100	330	1050	305	
3	1490	405	1180	340	1120	310	
4	1700	360	1405	310	1205	295	
5	1200	304	1155	290	1075	280	
6	700	310	600	270	570	265	
7	890	370	750	330	690	320	
8	910	365	880	310	835	298	
9	880	330	790	305	720	287	
10	710	295	659	250	580	239	
Promedio	1032	350,9	900,9	302,5	831,5	287,3	

En la tabla antes mencionadas se puede observar que existe una variación en las mediciones realizadas durante el día para las lámparas con diferentes temperaturas de color, esto se da a las condiciones climáticas que afecta en la toma de mediciones.

Dado que, los valores obtenidos de la luz artificial más la luz natural, hay una iluminancia excesiva, la cual sumado a los elementos reflectivos del aula, produce deslumbramientos indirectos que causan incomodidad en la vista, por tanto, genera cierta dificultad para concluir la tarea que se estaba realizando y provoca a los estudiantes mirar a otro lado. Por lo que es necesario el cierre de las persianas y optar por la luz artificial para evitar este tipo de deslumbramientos.

Las mediciones realizadas durante la noche para las lámparas con una temperatura de color de 6500K,4000K y 3000K se presentan en la Tabla 2.3

Tabla 2.3 Mediciones obtenidas en la noche dentro del aula . Fuente: Autores

Temperatura	6500K	4000K	3000K	Unidad
	Luz artificial	Luz artificial	Luz artificial	
1	250	240	215	L U X
2	301	265	240	
3	328	285	243	
4	305	270	250	
5	260	241	220	
6	300	255	232	
7	315	305	270	
8	330	290	267	
9	285	265	240	
10	268	230	209	
Promedio	294,2	264,6	238,6	

2.5. CÁLCULO DE LA UNIFORMIDAD DEL AULA

Para el cálculo de la uniformidad de luminarias dentro del aula se realiza a partir de la ecuación (7):

2.5.1. CÁLCULO DE UNIFORMIDAD EN EL DÍA SE TIENE LO SIGUIENTE:

- Para lámparas de temperatura de color de 6500K

$$U_m = \frac{295}{350,9}$$

$$U_m = 0.84$$

- Para lámparas de temperatura de color de 4000K

$$U_m = \frac{250}{302,5}$$

$$U_m = 0.82$$

- Para lámparas de temperatura de color de 3000K

$$U_m = \frac{239}{287,3}$$

$$U_m = 0.83$$

2.5.2. CÁLCULO DE UNIFORMIDAD PARA LA NOCHE SE TIENE LO SIGUIENTE:

- Para lámparas de temperatura de color de 6500K

$$U_m = \frac{250}{294.2}$$

$$U_m = 0.84$$

- Para lámparas de temperatura de color de 4000K

$$U_m = \frac{230}{264.6}$$

$$U_m = 0.86$$

- Para lámparas de temperatura de color de 3000K

$$U_m = \frac{209}{238,6}$$

$$U_m = 0.87$$

Como se puede observar los valores obtenidos en los cálculos de uniformidad para las lámparas de diferentes temperaturas de color durante el día como para la noche son mayores a 0.7, por lo tanto, cumplen con la uniformidad dentro del aula.

2.6. TAMAÑO DE LA MUESTRA.

Para analizar el comportamiento de los estudiantes ante diferentes temperaturas del color es necesario establecer el tamaño de la muestra, para ello se utilizará la fórmula para el cálculo de la muestra poblaciones finitas.[32]

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 N p q}{e^2 (N - 1) + Z_{\alpha}^2 p q} \quad (8)$$

En donde:

- N: Tamaño de la población o universo
- Z_{α} : Constante para el nivel de confianza deseado ver Tabla 2.2
- e: Valor porcentual del error muestral deseado
- p: Proporción de individuos dentro de la población que cuentan con las características de estudio, la opción más segura es $p=q=0.5$.
- q: Proporción de individuos que no poseen características de estudio.

En la siguiente tabla se muestra los valores para Z_{α} en función del nivel de confianza deseado.

Tabla 2.4 Nivel de confianza. Fuente:

Valor de Z_{α}	1.28	1.65	1.69	1.75	1.81	1.88	1.96
Nivel de Confianza	80%	90%	91%	92%	93%	94%	95%

El aula tiene una capacidad para 35 estudiantes, se manejan una jornada en la mañana de 7 am a 1 pm y otra jornada de 3 pm a 9 pm, lo que nos representa un tamaño de la población de 70 personas.

Para un nivel de confianza del 95% $Z_{\alpha} = 1.96$, $e = 0.05$, $p = 0.5$, $q = 0.5$ con estos datos es posible calcular el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{1.69^2 * 71 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 (70 - 1) + 1.69^2 * 0.5 * 0.5} = 59.34$$

El tamaño de la muestra para el estudio será de **60 estudiantes**.

2.7. ELABORACIÓN DE LA ENCUESTA Y RESULTADOS

Para poder determinar cómo impacta la temperatura de color y niveles de iluminación en los estudiantes se desarrolla una encuesta que está conformada por 10 preguntas, la cual está dirigida a los estudiantes de educación superior, por lo tanto, son de género y edades diferentes.

El análisis de los resultados está desarrollado en el software SPSS que permite manejar un sistema amplio y flexible de análisis estadísticos y gestión de información, los datos básicos de este software se presentan en la Figura 2.7. [33]



Figura 2.7 Datos básicos de SPSS. Fuente: Autores

Los estudiantes tuvieron que responder las encuestas formuladas anteriormente al finalizar cada semana, debido al cambio de luminarias que se realizó dentro del aula. Un total de 71 alumnos fueron encuestados, 29 del grupo de la mañana y 31 del grupo de la noche, de donde resulta que, 11 de éstas fueron separadas por falta de información. A partir del cálculo realizado del tamaño de la muestra, son necesarias 60 encuestas para validar el estudio.

2.7.1. ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°1

La luz, sea esta de origen natural o artificial llega al ojo del ser humano a través de varias direcciones. Esto hace que en superficies planas un haz de luz se refleje produciendo cansancio visual y deslumbramientos. Una onda de luz es en parte

refractada y en parte reflejada cuando atraviesa dos medios diferentes por ejemplo aire y vidrio. En la Figura 2.8 se puede observar una ilustración de cómo se comporta un conjunto de rayos cuando atraviesa dos medios.

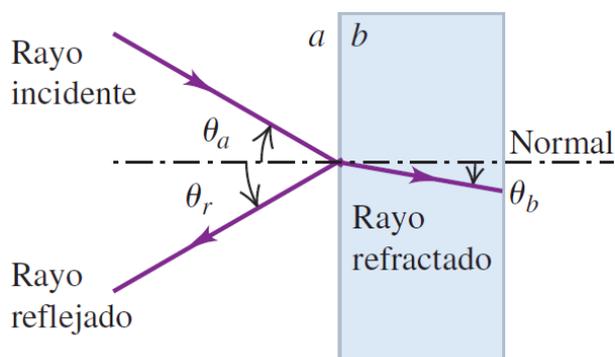


Figura 2.8 Comportamiento de la luz en dos medios diferentes. Fuente:[21]

Las personas dependen de dos factores para la visión los cuales son: distancia focal y el ángulo de visión, esto permite que la retina de una persona concentre los rayos de luz, en algunas personas la retina no hace un buen enfoque, para corregir este problema se emplea el uso de anteojos que ayuda a cambiar la trayectoria de la luz permitiendo corregir el ángulo de visión.

1. ¿Usted usa anteojos?

- Sí No

En la Tabla 2.5 se puede apreciar los resultados de la pregunta.

Tabla 2.5 Resultado de la pregunta N°1. Fuente: Autores

¿Usted usa anteojos?		
	Frecuencia	Porcentaje
Sí	23	38,3
No	37	61,7
Total	60	100,0

El 38.3% de los estudiantes usan lentes, la cual, es una cantidad considerable que puede influir en las respuestas de la encuesta, el uso de estos ayuda a compensar defectos visuales, además de reducir la fatiga ocular, por el contrario, existen personas que tiene deficiencias visuales a las cuales les resulta incómodo el uso de lentes afectando de este modo su rendimiento académico.

2.7.2. ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°2 A LAS LÁMPARAS CON TEMPERATURA DE COLOR DE 6500K, 4000 Y 3000K

La presencia de objetos conjuntamente con su color juega un papel importante en el estado anímico de los estudiantes, éste ayuda a crear ambientes adecuados. Conocer si los estudiantes pueden identificar claramente los colores, permite tener indicadores para establecer una temperatura de color adecuada dentro del aula.

2. ¿Durante la clase, la iluminación existente permite diferenciar los colores?

- Totalmente de acuerdo
- Acuerdo
- Desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

En la Figura 2. 9 se presenta los resultados de las lámparas de diferentes temperatura de color en dos horarios diferentes.

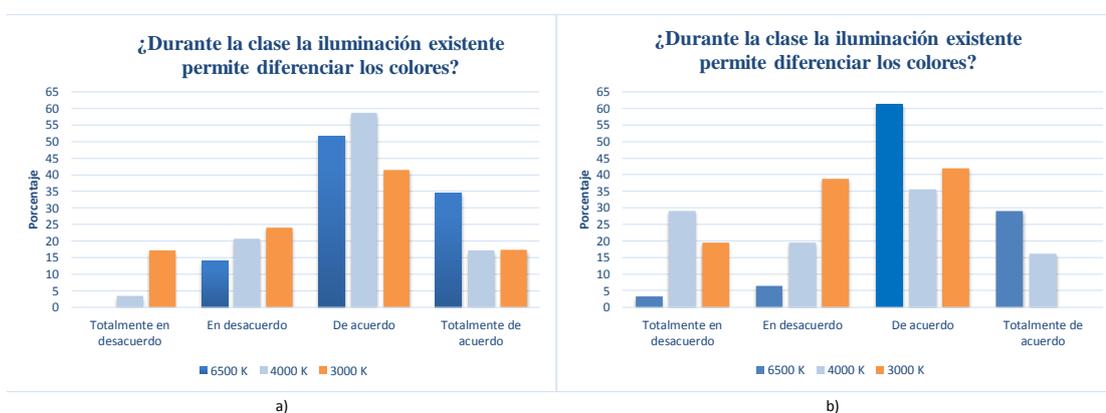


Figura 2. 9 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores

De la información obtenida en el gráfico a) y b), se obtuvo los siguientes resultados: en el grupo de la mañana el 58.6% están de acuerdo con las lámparas de 4000K lo cual permite diferenciar los colores, sin embargo, el 20.7% están en desacuerdo con éstas, por lo contrario, en el grupo que tienen clases en la tarde el 61.3% están de acuerdo con las lámparas de 6500K y un 6.5% están en desacuerdo con estas lámparas.

2.7.3. ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°3

La pizarra es una herramienta de enseñanza que facilita la comprensión y aprendizaje en los estudiantes, actualmente esta va perdiendo aceptación por parte de los estudiantes, lo que lleva a un mal uso de esta herramienta, ésta tiene 2.45 metros de largo por 1.22 metros de ancho y está colocada a una altura de 0.95 metros del piso terminado como podremos apreciar en la siguiente figura.

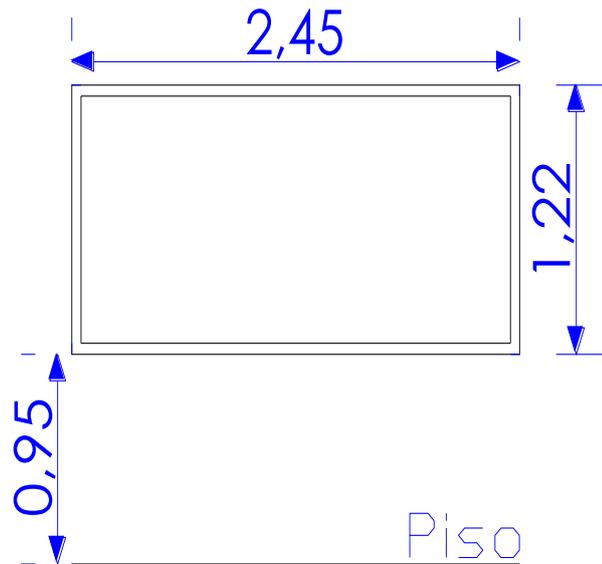


Figura 2.10 Dimensiones físicas de la pizarra. Fuente: Autores

3. ¿La iluminación sobre el pizarrón permite identificar con claridad los textos allí expuestos?
- Totalmente de acuerdo
 - Acuerdo
 - Desacuerdo
 - Totalmente en desacuerdo

En la Figura 2. 11 se presenta los resultados de las lámparas de diferentes temperatura de color en dos horarios diferentes.

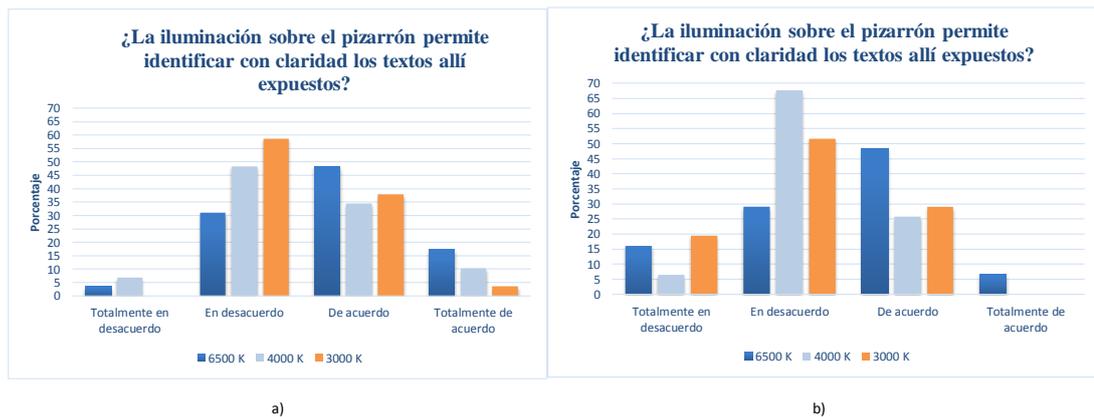


Figura 2. 11 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores

De la información obtenida en el gráfico a) y b), se obtuvo los siguientes resultados: en el grupo de la mañana y el de la tarde se tiene el 48.3% y 48.4% respectivamente de los estudiantes están de acuerdo con las lámparas de 6500K, ya que les permite identificar con claridad los textos, sin embargo, el 31% y 29% están en desacuerdo con éstas, esto es por la luz que emite cada una de las lámparas.

2.7.4. ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°4

El deslumbramiento es un factor que produce fatiga visual, disminuyendo la capacidad de concentración, todo material tiene un índice de reflectancia que puede resultar benéfico si se busca crear ambientes altamente iluminados, pero el ojo humano tiene la capacidad de apreciar una alta combinación de colores que son reflejados por los diferentes objetos que se encuentran dentro del aula, en cuanto al piso tiene una reflectancia de 68%, pupitres 50% y paredes 83%.

4. ¿El brillo del piso, pupitres y paredes no producen malestar?

- Totalmente de acuerdo
- Acuerdo
- Desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

En la Figura 2.12 se presenta los resultados de las lámparas de diferentes temperatura de color en dos horarios diferentes.

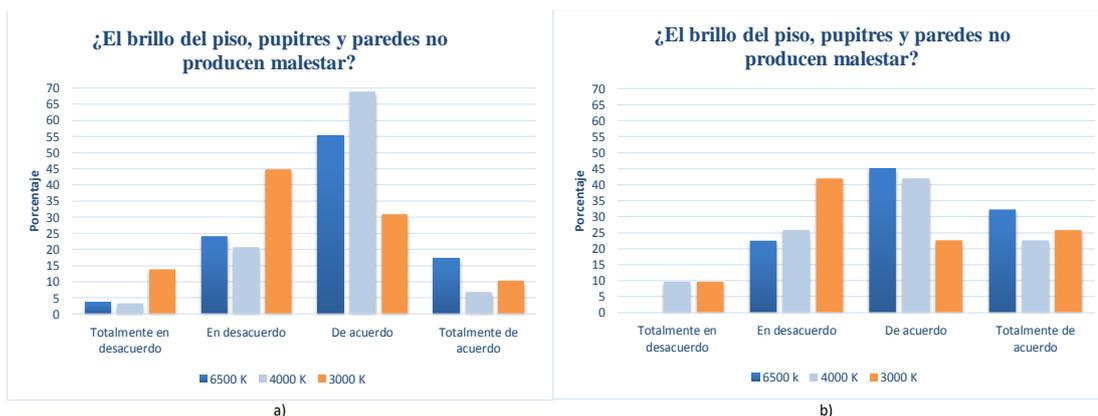


Figura 2.12 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores

De la información obtenida en el gráfico a) y b), se obtuvo los siguientes resultados: en el grupo de la mañana el 69% están de acuerdo con las lámparas de 4000K, ya que no producen malestar al momento de recibir clases, sin embargo, el 20.7% están en desacuerdo con éstas, por lo contrario, en el grupo que tienen clases en la tarde el 45.2% están de acuerdo con las lámparas de 6500K y un 22.5% están en desacuerdo con las lámparas antes mencionadas.

2.7.5. ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°5

El uso del proyector dentro del aula, permite que los estudiantes puedan visualizar la información suministrada por los docentes, pero existen ciertas desventajas que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes por ejemplo: dejar el aula en oscuridad lo cual produce que se pierda la relación entre docente-alumno, el proyector también es una fuente artificial de luz que actualmente se proyecta sobre la pizarra, este tiene un índice de reflectancia de 0.9 generando un alto brillo, ocasionando de tal manera que los estudiantes pierdan el interés a la clase debido al deslumbramiento que genera la proyección del proyector.

5. ¿La proyección del proyector sobre la pizarra resulta incómodo para la vista?

- Totalmente de acuerdo
- Acuerdo
- Desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

En la Figura 2.13 se puede apreciar los resultados para las lámparas de diferentes temperatura de color en diferentes horarios.

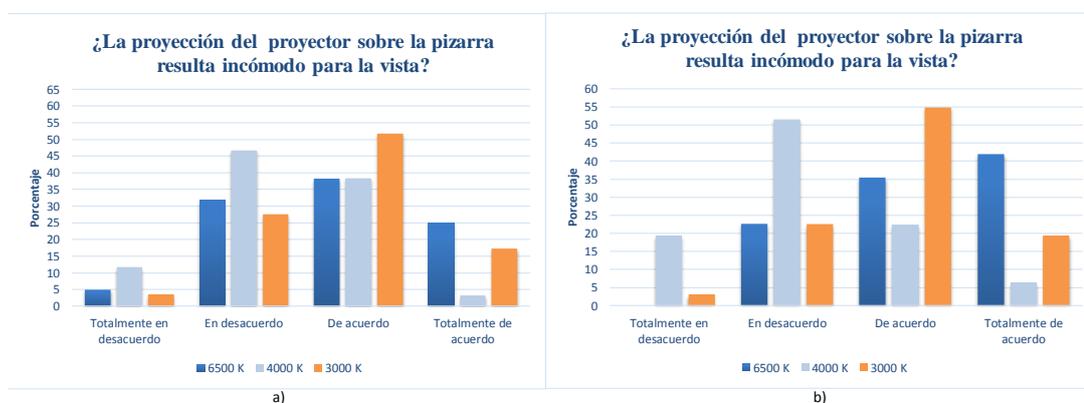


Figura 2.13 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores

De la información obtenida en el gráfico a) y b), se obtuvo como resultado: en el grupo de la mañana y en la tarde el 51.7% y el 54.8 respectivamente de los estudiantes están de acuerdo que la luz que emiten las lámparas de 3000K son incómodas para la vista.

2.7.6. ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°6

Para salas de educación superior se recomienda 300 lx como mínimo y un máximo de 750 lx, pero al exponer a los estudiantes a diferentes escenarios de iluminación su percepción sobre la iluminación también será diferente. El comparar los luxes medidos en el aula y la percepción de los estudiantes genera una directriz para establecer un adecuado nivel de iluminación.

6. ¿La iluminación actual del aula es suficiente para tener un buen rendimiento académico?
- Totalmente de acuerdo
 - Acuerdo
 - Desacuerdo
 - Totalmente en desacuerdo

En la Figura 2.14 se puede apreciar los resultados para las lámparas de diferentes temperatura de color en diferentes horarios.

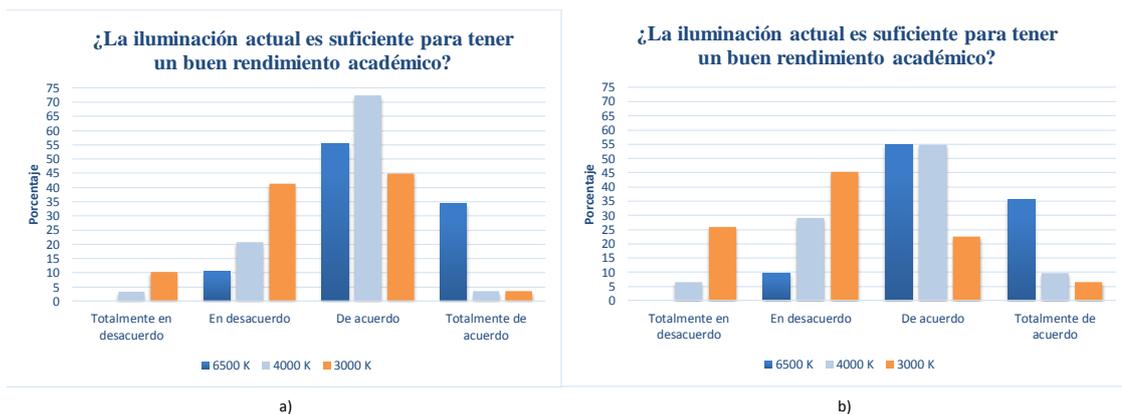


Figura 2.14 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores

De la información obtenida en el gráfico a) y b), dio como resultado: en el grupo de la mañana el 72.4% están de acuerdo con las lámparas de 4000K, sin embargo, el 20.7% están en desacuerdo con éstas, por lo contrario, en el grupo que tienen clases en la tarde el 54.8% están de acuerdo con las lámparas de 4000K y 6500K es suficiente para tener un buen rendimiento académico, no obstante, un 29% están en desacuerdo con las lámparas de 4000K y un 9.7% con las lámparas de 6500K.

2.7.7. ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°7

La temperatura del color influye en el ser humano ya sea en su estado anímico o nivel de atención, saber si la temperatura del color a la que están expuestos los estudiantes permite que se establezca un equilibrio entre luz cálida, fría o neutra que ayude a maximizar el nivel de atención que prestan los estudiantes a clases.

7. ¿El color de luz que emiten las lámparas es adecuada para recibir clases?

- Totalmente de acuerdo
- Acuerdo
- Desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

En la Figura 2.15 se puede apreciar los resultados para las lámparas de diferentes temperatura de color en diferentes horarios.

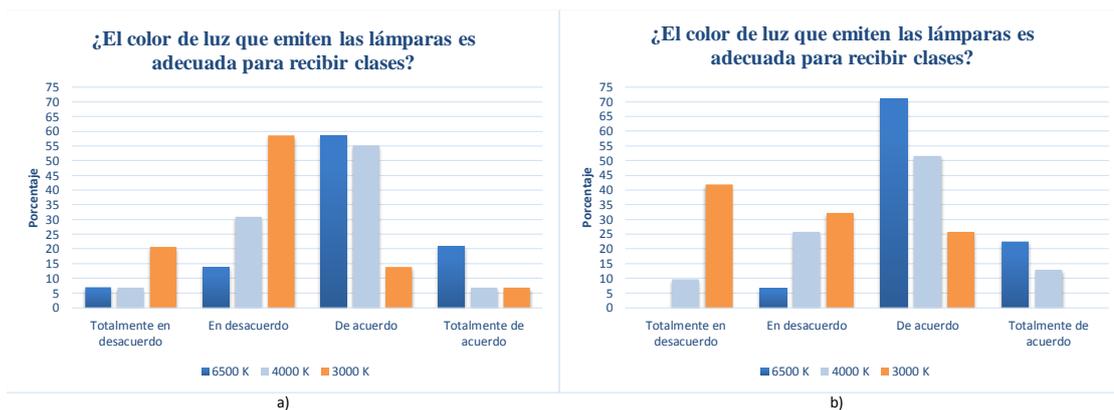


Figura 2.15 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores

De la información obtenida en el gráfico a) y b) se obtuvo como resultado: en el grupo de la mañana y en la tarde el 58,6 y el 71% respectivamente de estudiantes están de acuerdo que las lámparas de 6500K son adecuadas para recibir clases, sin embargo, el 13.8% y el 6.5 están en desacuerdo con éstas.

2.7.8. ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°8

El aula N°20 del edificio Mario Rizzini cuenta con dos ventanas por donde ingresa la luz natural, por eso se debe analizar esta cantidad de luz y su impacto para que el análisis sea completo.

8. ¿La Iluminación natural y la iluminación artificial del aula producen deslumbramientos o brillos excesivos?

- Totalmente de acuerdo
- Acuerdo
- Desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

En Figura 2.16 se puede apreciar los resultados para las lámparas de diferentes temperatura de color en horarios distintos.

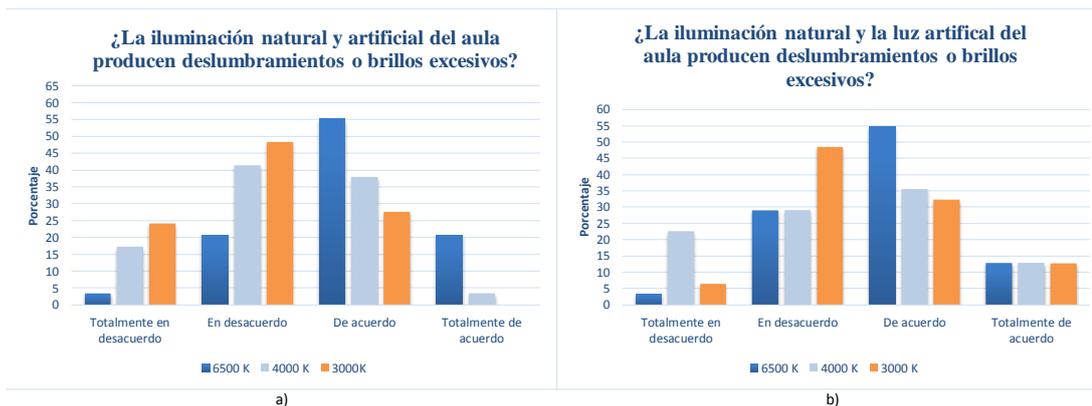


Figura 2.16 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores

De la información obtenida en el gráfico a) y b), se obtuvo como resultado: en el grupo de la mañana y de la tarde el 55.2% y el 54.8% respectivamente de estudiantes están de acuerdo que existe deslumbramiento con las lámparas de 6500K, sin embargo, el 20.7% y el 29% están en desacuerdo.

2.7.9. ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°9

El estado anímico de los estudiantes durante la clase es un factor que repercute de manera directa en el rendimiento académico, esto también está relacionado con la temperatura de color a la que estén expuestos.

9. ¿Cuál fue su estado de ánimo durante la clase?

- Fatigado
- Animado
- Con sueño
- Relajado

En la Figura 2.17 se puede apreciar los resultados de la pregunta para las lámparas de diferentes temperatura de color.

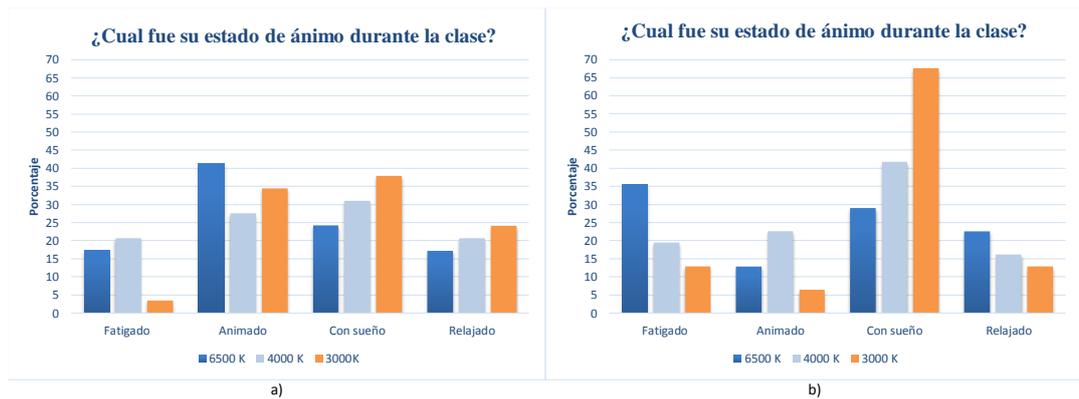


Figura 2.17 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores

De la información obtenida en el gráfico a) y b) se obtuvo como resultado: en el grupo de la mañana el 41.1% de los estudiantes se sienten animados con las lámparas de 6500K, por lo contrario, en el grupo que tienen clases en la tarde el 67.7% los estudiantes entran en un estado de somnolencia con las lámparas 3000K.

2.7.10. ANÁLISIS Y RESULTADO DE LA PREGUNTA N°10

En la temperatura del color las luces cálidas son más llamativas y dinámicas mientras que las luces frías causan un efecto pasivo, y de tranquilidad. Dependiendo de la temperatura del color a la que estén expuestos los seres humanos experimentan diferentes sensaciones térmicas.

10. ¿Cuál es la sensación térmica que le produce la iluminación actual del aula?

- Calor
- Frio
- Neutral

En la Figura 2.18 se puede apreciar los resultados de la pregunta para las lámparas de diferentes temperatura de color.

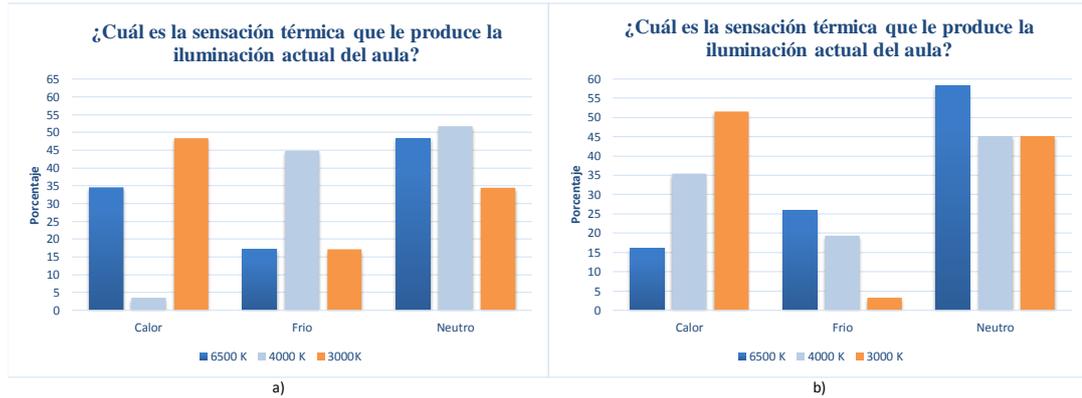


Figura 2.18 Resultados de las encuestas realizada en la: a) mañana y b) tarde. Fuente: Autores

De la información obtenida en el gráfico a) y b) se obtuvo como resultado: en el grupo de la mañana el 48.3% de los estudiantes manifiestan su conformidad neutral con las lámparas de 4000K y en el grupo que tienen clases en la tarde el 58.1% manifiestan sensación térmica neutral con las lámparas de 6500K, por lo tanto, los estudiantes tienden a producir diferentes sensaciones térmicas, influyendo de esta manera en el aprendizaje de los estudiantes.

2.7.11. APLICACIÓN DE LA ESCALA DE LIKERT EN EL SOFTWARE SPSS

La escala de Likert es un instrumento de medición o recolección de datos, es decir cuantifica actitudes, sentimientos, opiniones y otras experiencias subjetivas, donde el encuestado debe indicar su acuerdo o desacuerdo sobre una afirmación, ítem o reactivo. A cada uno de las opciones se les debe asignar un valor numérico que llevará al sujeto a una puntuación total de la totalidad de los ítems. Dicha puntuación final indica los niveles de aceptación sobre el entorno donde se realizó la encuesta, este tipo de escala es aditiva que corresponde a una medición ordinal [34][35][36].

Con las encuestas realizadas a los estudiantes del aula, se procede a utilizar la escala de valoración de Likert, sin embargo, este análisis se realiza desde el ítem 2 hasta el 8 debido a que son las únicas que cumplen con las condiciones de esta escala. Primeramente, se emplea una clasificación de las preguntas para determinar si estas son: afirmativas o negativas. La cual se presenta en la Tabla 2.6

Tabla 2.6 Clasificación de las preguntas en afirmativa o negativa. Fuente: Autores

N°	Enunciado	Clasificación
2	¿Durante la clase la iluminación existente permite diferenciar los colores?	Afirmativa
3	¿La iluminación sobre el pizarrón permite identificar con claridad los textos allí expuestos?	Afirmativa
4	¿El brillo del piso, pupitres y paredes no producen malestar?	Afirmativa
5	¿La proyección del proyector sobre la pizarra resulta incómodo para la vista?	Afirmativa
6	¿La iluminación actual del aula es suficiente para tener un buen rendimiento académico?	Afirmativa
7	¿El color de luz que emiten las lámparas es adecuada para recibir clases?	Afirmativa
8	¿La Iluminación natural y artificial del aula produce deslumbramientos o brillos excesivos?	Afirmativa

Cada uno de las preguntas tiene cuatro opciones donde los estudiantes pueden indicar su grado de aceptación según sea el caso para ello se les presenta cuatro opciones:

- Totalmente de acuerdo
- Acuerdo
- Desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

Para trabajar con la escala de valoración de Likert es necesario asignar puntajes, dependiendo de la redacción de la pregunta siendo esta positiva o negativa. A continuación, en la Tabla 2.7 se establece las valoraciones antes mencionadas.

Tabla 2.7 Valoración de los ítems de respuesta. Fuente: Autores

Valoración de cada Ítem		
Ítems de respuesta	Afirmativas	Negativas
Totalmente de acuerdo	4	1
Acuerdo	3	2
Desacuerdo	2	3
Totalmente en desacuerdo	1	4

En este caso se realiza la encuesta a los estudiantes, es necesario recalcar que 11 de las encuestas no se apreciaron para el análisis debido a la falta de información proporcionada por los mismos. Para realizar la escala de Likert en el software SPSS se procede a insertar la información necesaria.

Primeramente, se inserta las variables en el software SPSS, como se puede apreciar en la Figura 2.19

Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
Pregunta1	Númérico	8	0	¿Usted usa ant...	{1, Si}...	Ninguno	8	Izquierda	Nominal	Entrada
Pregunta2	Númérico	8	0	¿Durante la cla...	{1, Totalme...	Ninguno	16	Izquierda	Nominal	Entrada
Pregunta3	Númérico	8	0	¿La iluminación...	{1, Totalme...	Ninguno	18	Izquierda	Nominal	Entrada
Pregunta4	Númérico	8	0	¿El brillo del pi...	{1, Totalme...	Ninguno	20	Izquierda	Nominal	Entrada
Pregunta5	Númérico	8	0	¿La proyección...	{1, Totalme...	Ninguno	14	Izquierda	Nominal	Entrada
Pregunta6	Númérico	8	0	¿La iluminación...	{1, Totalme...	Ninguno	13	Izquierda	Nominal	Entrada
Pregunta7	Númérico	8	0	¿El color de la l...	{1, Totalme...	Ninguno	14	Izquierda	Nominal	Entrada
Pregunta8	Númérico	8	0	¿La iluminación...	{1, Totalme...	Ninguno	15	Izquierda	Nominal	Entrada
Pregunta9	Númérico	8	0	¿Cuál fue su es...	{1, Fatigado...	Ninguno	8	Izquierda	Nominal	Entrada
Pregunta10	Númérico	8	0	¿Cuál es la sen...	{1, Calor}...	Ninguno	8	Izquierda	Nominal	Entrada

Figura 2.19 Declaración de variables en el software SPSS. Fuente: Autores

Seguidamente, se procede con la valoración de los ítems, dependiendo si es afirmativa o negativa. En la Tabla 2.6 se puede observar que todas las preguntas son afirmativas, por lo tanto, la valoración de las opciones de las preguntas son las siguientes aplicando en el software SPSS. Véase la Figura 2.20

Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
Pregunta1	Númérico	8	0	¿Usted usa ant...	{1, Si}...	Ninguno	8	Izquierda	Nominal	Entrada
Pregunta2	Númérico	8	0						Nominal	Entrada
Pregunta3	Númérico	8	0						Nominal	Entrada
Pregunta4	Númérico	8	0						Nominal	Entrada
Pregunta5	Númérico	8	0						Nominal	Entrada
Pregunta6	Númérico	8	0						Nominal	Entrada
Pregunta7	Númérico	8	0						Nominal	Entrada
Pregunta8	Númérico	8	0						Nominal	Entrada
Pregunta9	Númérico	8	0						Nominal	Entrada
Pregunta10	Númérico	8	0						Nominal	Entrada
Puntaje	Númérico	8	2						Escala	Entrada
Puntaje1	Númérico	5	0						Ordinal	Entrada

Figura 2.20 Valoración de las opciones de las preguntas en el Software SPSS. Fuente: Autores

A continuación, se presenta la hoja de datos ingresados, valoración de cada una de las preguntas y el puntaje que sería el resultado de cada encuestados, como se puede observar en la Figura 2.21, de la misma manera, se realiza estos pasos para las diferentes lámparas con temperatura de color de 6500K, 4000K y 3000K para dos diferentes horarios.

Para el grupo de la mañana, se ingresa la información obtenida de las encuestas realizadas en el software, la cual para las lámparas de 6500K se obtiene un puntaje como se puede observar en la Figura 2.21, éste es la suma de todos los ítems, sin embargo, este valor no es una información concreta.

Pregunta2	Pregunta3	Pregunta4	Pregunta5	Pregunta6	Pregunta7	Pregunta8	Pregunta9	Pregunta10	Puntaje
Totalmente de acu...	En Desacuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	En Desacuerdo	Relajado	Frio	18,00
De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de ac...	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de...	Con sueño	Frio	23,00
De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acu...	De acuerdo	De acuerdo	Animado	Neutral	22,00
Totalmente de acu...	En Desacuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acu...	De acuerdo	De acuerdo	Animado	Calor	21,00
De acuerdo	En Desacuerdo	Totalmente de ac...	De acuerdo	En Desacuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	Con sueño	Calor	19,00
Totalmente de acu...	De acuerdo	En Desacuerdo	Totalmente en ...	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Relajado	Neutral	19,00
Totalmente de acu...	De acuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	Totalmente de acu...	De acuerdo	De acuerdo	Animado	Calor	22,00
De acuerdo	En Desacuerdo	Totalmente en de...	De acuerdo	Totalmente de acu...	Totalmente de ...	Totalmente en...	Relajado	Neutral	18,00
De acuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de ...	En Desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Con sueño	Neutral	20,00
En Desacuerdo	En Desacuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	Fatigado	Frio	16,00
De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	Totalmente de acu...	De acuerdo	De acuerdo	Relajado	Neutral	21,00
De acuerdo	Totalmente de ...	De acuerdo	En Desacuerdo	Totalmente de acu...	De acuerdo	Totalmente de...	Fatigado	Calor	23,00
De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de...	Fatigado	Calor	22,00
Totalmente de acu...	Totalmente en ...	En Desacuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	Animado	Calor	17,00
En Desacuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	Fatigado	Frio	17,00
De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de ...	En Desacuerdo	Con sueño	Calor	21,00
Totalmente de acu...	Totalmente de ...	Totalmente de ac...	Totalmente en ...	Totalmente de acu...	Totalmente de ...	Totalmente de...	Animado	Neutral	25,00
De acuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Animado	Neutral	19,00
En Desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Totalmente en ...	En Desacuerdo	Con sueño	Calor	17,00
Totalmente de acu...	Totalmente de ...	Totalmente de ac...	Totalmente en ...	Totalmente de acu...	Totalmente de ...	Totalmente de...	Animado	Neutral	25,00

Figura 2.21 Hoja de datos. Fuente: Autores

Llegado a este punto, se procede a recodificar este valor, para tener un puntaje más acertado, aplicando la escala de Likert, por lo tanto, para la nueva valoración partiendo del siguiente cálculo:

Se analiza 7 preguntas con un puntaje de valoración de 4 puntos como máximo, para ello se realiza la multiplicación de éstos que da como resultado un total de 28 puntos, siendo éste el rango de valoración establecido para obtener diferentes niveles de satisfacción de los encuestados; está distribuido de la siguiente manera como se puede observar en la Tabla 2.8

Tabla 2.8 Rangos para el nivel de aceptación. Fuente: Autores

Rango	Nivel de Aceptación
0-7	1 “Muy insatisfecho”
8-14	2 “Insatisfecho”
15-21	3 “Satisfecho”
21-28	4 “Muy satisfecho”

2.7.11.1. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL GRUPO DE LA MAÑANA

Con estos datos se puede saber la opinión de los estudiantes con respecto a las lámparas con una temperatura de color de 6500K. A continuación, se procede a realizar para el grupo de la mañana como se puede observar en la Figura 2.22

	Pregunta3	Pregunta4	Pregunta5	Pregunta6	Pregunta7	Pregunta8	Pregunta9	Pregunta10	Puntaje	Puntaje1
1	En Desacuerdo	En Desacuerdo	Totalmente de ...	Totalmente de acu...	De acuerdo	De acuerdo	Fatigado	Neutral	22,00	Muy Satisfecho
2	En Desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de ...	En Desacuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	Con sueño	Neutral	20,00	Satisfecho
3	De acuerdo	En Desacuerdo	Totalmente de ...	De acuerdo	Totalmente de ...	Totalmente de...	Fatigado	Frio	23,00	Muy Satisfecho
4	De acuerdo	Totalmente de ac...	De acuerdo	Totalmente de acu...	Totalmente de ...	En Desacuerdo	Animado	Calor	24,00	Muy Satisfecho
5	Totalmente en ...	De acuerdo	Totalmente de ...	Totalmente de acu...	De acuerdo	De acuerdo	Fatigado	Neutral	21,00	Satisfecho
6	Totalmente en ...	De acuerdo	Totalmente de ...	Totalmente de acu...	Totalmente de ...	De acuerdo	Con sueño	Frio	23,00	Muy Satisfecho
7	De acuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	En Desacuerdo	Con sueño	Calor	19,00	Satisfecho
8	Totalmente de ...	Totalmente de ac...	Totalmente de ...	Totalmente de acu...	Totalmente de ...	Totalmente de...	Animado	Neutral	27,00	Muy Satisfecho
9	De acuerdo	Totalmente de ac...	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Relajado	Calor	22,00	Muy Satisfecho
10	Totalmente de ...	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Con sueño	Frio	23,00	Muy Satisfecho
11	En Desacuerdo	En Desacuerdo	Totalmente de ...	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Con sueño	Frio	20,00	Satisfecho
12	En Desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Fatigado	Neutral	20,00	Satisfecho
13	Totalmente en ...	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Con sueño	Calor	18,00	Satisfecho
14	De acuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Con sueño	Neutral	21,00	Satisfecho
15	En Desacuerdo	Totalmente de ac...	Totalmente de ...	Totalmente de acu...	Totalmente de ...	Totalmente de...	Fatigado	Neutral	25,00	Muy Satisfecho
16	En Desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	En Desacuerdo	En Desacuerdo	Fatigado	Neutral	17,00	Satisfecho
17	En Desacuerdo	En Desacuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Con sueño	Neutral	19,00	Satisfecho
18	De acuerdo	Totalmente de ac...	En Desacuerdo	Totalmente de acu...	De acuerdo	En Desacuerdo	Fatigado	Neutral	20,00	Satisfecho
19	De acuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	En Desacuerdo	Fatigado	Neutral	19,00	Satisfecho
20	Totalmente en ...	Totalmente de ac...	Totalmente de ...	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Relajado	Frio	19,00	Satisfecho

Figura 2.22 Resultado final del análisis de la escala de Likert para lámparas con temperatura de color de 6500K. Fuente: Autores

Resumiendo, el proceso realizado anteriormente se obtuvo los resultados para cada una de las diferentes lámparas, como se lo puede observar en la Tabla 2.9

Tabla 2.9 Valoración final de la escala de Likert para lámparas con temperatura de color de 6500K, 4000K y 3000K. Fuente: Autores

Total Recodificado						
Válido	6500K		4000K		3000K	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Muy insatisfecho	0	0	0	0	0	0
Insatisfecho	0	0	3	10,3	6	20,7
Satisfecho	20	69	24	82,8	22	75,9
Muy Satisfecho	9	31	2	6,9	1	3,4
Total	29	100	29	100	29	100

En base a los resultados obtenidos en el software SPSS, bajo la escala de valoración de Likert presentada en la Tabla 2.9, se obtuvieron los siguientes niveles de aceptación como se puede observar en la Figura 2.23

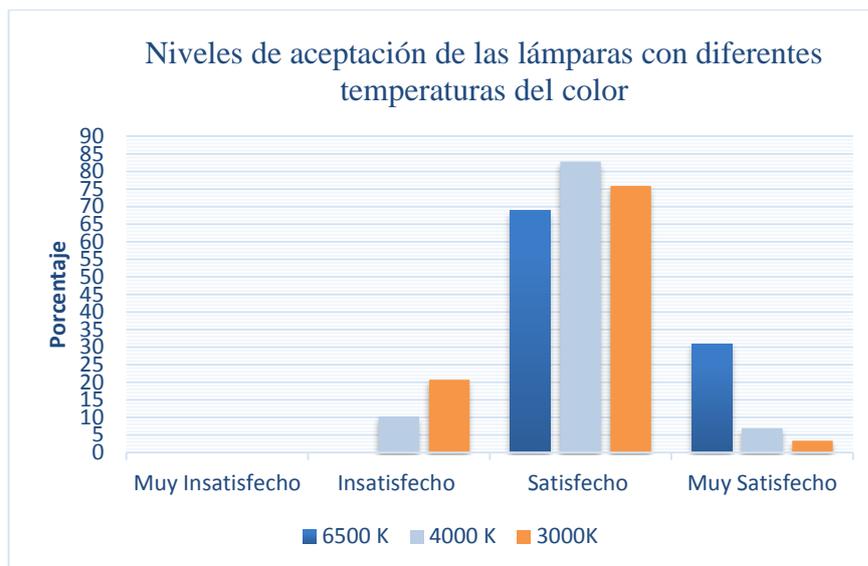


Figura 2.23 Resultado final del análisis de la escala de Likert. Fuente: Autores

Los resultados anteriores se esclarecerán en lo que sigue: De los encuestado realizado en el grupo de la mañana siendo este un total de 29 estudiante, el puntaje de 4 puntos es la mayor aceptación por los estudiantes, por lo tanto, el valor que se puede tener en su totalidad es de 116 puntos para el análisis y comparación de las lámparas de 6500K, 4000K y 3000K. En la se puede observar el valor que tiene cada una de las lámparas antes mencionadas

Tabla 2.10 Valoración final de la escala de Likert del grupo de la mañana. Fuente: Autores

TC [K]	Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy Insatisfecho	Puntaje/116
6500	36	60	0	0	96
4000	8	72	6	0	86
3000	4	66	12	0	82

2.7.11.2. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL GRUPO DE LA NOCHE

De la misma manera se realiza el procedimiento para las encuestas realizadas en la noche. Por consiguiente, para las lámparas de 6500K, 4000K Y 3000K se tiene los siguientes resultados:

Tabla 2.11 Valoración final de la escala de Likert para lámparas con temperatura de color de 6500K,4000K y 3000K. Fuente: Autores

Total Recodificado						
Válido	6500K		4000K		3000K	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Muy insatisfecho	0	0	0	0	0	0
Insatisfecho	0	0	6	19,4	12	38,7
Satisfecho	19	61,3	24	77,4	18	58,1
Muy Satisfecho	12	38,7	1	3,2	1	3,2
Total	31	100	31	100	31	100

En base a los resultados obtenidos en el software SPSS, bajo la escala de valoración de Likert presentada en la Tabla 2.11, se obtuvieron los niveles de aceptación para las lámparas de diferentes temperatura de color a lo que los estudiantes fueron expuestos, como se puede observar en la Figura 2.24

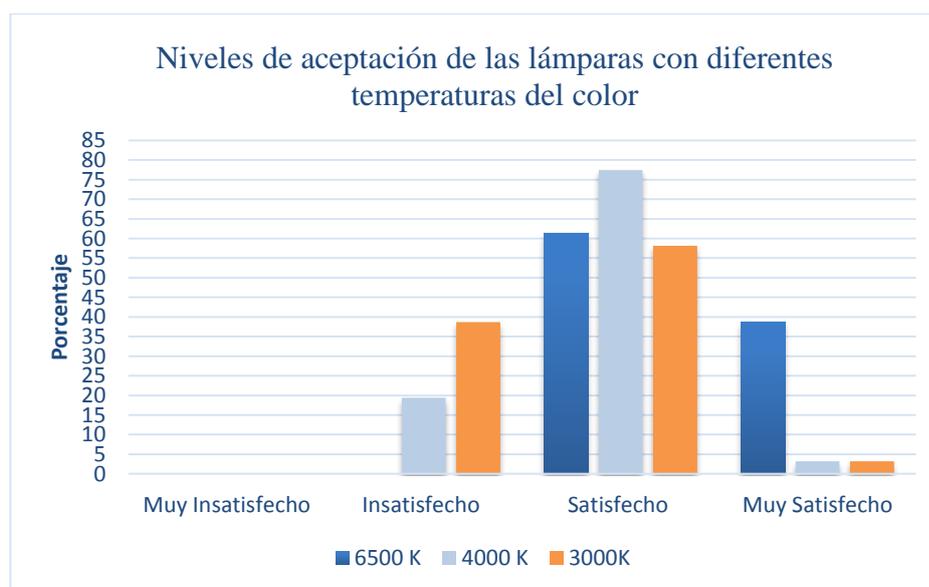


Figura 2.24 Resultado final del análisis de la escala de Likert. Fuente: Autores

Los resultados anteriores se esclarecerán en lo que sigue: De los encuestado realizado en el grupo de la noche siendo este un total de 31 estudiante, el puntaje de 4 puntos es la mayor aceptación por los estudiantes, por lo tanto, el valor que se puede tener en su totalidad es de 124 puntos para el análisis y comparación de las lámparas de 6500K, 4000K y 3000K. En la Tabla 2.12 se puede observar el valor que tiene cada una de las lámparas antes mencionadas.

Tabla 2.12 Valoración final de la escala de Likert del grupo de la noche. Fuente: Autores

TC [K]	Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy Insatisfecho	Puntaje/124
6500	48	57	0	0	105
4000	4	72	12	0	88
3000	4	54	24	0	82

CAPÍTULO 3: SIMULACIÓN DEL AULA N°20 DEL EDIFICIO MARIO RIZZINI

3.1. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DIALUX

El software DIALux permite realizar diseños de instalaciones de iluminación natural como artificial, ya sea exterior como interior, trabaja conjunto con el software AUTOCAD facilitando el proceso de diseño, utilizando esta opción solo se necesita cargar el diseño de la edificación en DIALux, trabaja con las luminarias y lámparas a través de catálogos interactivos que ofrecen los fabricantes. [15][37]

3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE LA CONSTRUCCIÓN DEL AULA N°20 PARA LA SIMULACIÓN EN DIALUX

El estudio se realizó en el aula N°20 la cual se encuentra en la segunda planta del edificio de Mario Rizzini, este consiste en mejorar el nivel de iluminación para un buen rendimiento académico en los estudiantes, por lo cual se realiza la simulación en DIALux para tres diferentes temperaturas del color.

El aula cuenta con 3 filas transversales de 2 luminarias cada una, haciendo un total de 6 luminarias de superficie de techo para iluminación general. Estas luminarias son de distribución directa y simétrica que se encuentran situadas en la superficie del techo a una altura aproximada de 3.16 m con respecto del nivel del suelo.

Para cada una de las simulaciones se realizó el cambio de los tubos led T8 1200mm con diferentes temperaturas de color (3000K, 4000K Y 6500K).

Para realizar la representación del aula se partió de los planos de situación en formato CAD detallado en la Figura 2. 1 para obtener las medidas generales y las áreas de cálculo, a partir de esto se construye la volumetría general del aula con sus correspondientes alturas, obteniendo una representación tridimensional que se puede observar en la Figura 3. 1



Figura 3. 1 Recreación final del Aula N° 20 -Perspectiva 1. Fuente: Autores

Centrándonos en el mobiliario, el aula cuenta con 5 filas y 7 columnas de mesas destinadas a estudiantes, haciendo una capacidad total de 35 estudiantes por aula. La altura de estas mesas es 0.78m, también dispone de una mesa para el profesor. La superficie de las mesas de los estudiantes será considerada como plano de trabajo y será el punto de partida para la toma de datos y recreación del escenario.

Una vez construido el modelo del aula, se procede a ajustar los parámetros para que los resultados de la simulación tengan mayor similitud a la real.



Figura 3.2 Recreación final del Aula N° 20 – Perspectiva 2. Fuente: Autores

Se realiza dos simulaciones para cada uno las lámparas utilizadas, los escenarios se plantean con un estado sin luz diurna y con el proyecto apagado y encendido respectivamente, en la que se podrá observar cómo afecta la luz que emite este al

momento de recibir clases. Además, se realiza cálculo para determinar la cantidad de luminarias necesarias para recibir clases, y su respectiva simulación.

3.2.1. SIMULACIÓN CON UNA TEMPERATURA DE COLOR DE 6500K

Actualmente el Aula N°20 se encuentra instalada las lámparas con Tubos LED T8 G13 de la marca Sylvania con las siguientes especificaciones detalladas en Tabla 3. 1

Tabla 3. 1 Especificaciones técnicas del Tubo Led T8 Sylvania. Fuente: Autores

Luminaria (Emisión Luz)	
<p>Sylvania-0052060 SLREF-EE-136 B2 PC + Sin accesorio Emisión de luz 1 Lámpara: 2x18W T8 Grado de eficacia de funcionamiento: 83.78% Flujo Luminoso de las lámparas: 3200 lm Rendimiento Lumínico: 62.3 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas 2x18W T8: CCT 6500K, CRI 79</p>	

3.2.1.1. ESCENARIO CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR APAGADO

Con los datos específicos de las lámparas, se realizar la simulación, sin embargo, esta temperatura de color es una luz fría que proporciona un ambiente similar al aire libre, estimula y evita la fatiga en los estudiantes en sus horas de clases, como se puede observar en la Figura 3.3



Figura 3.3 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 6500K DIALux con proyector apagado. Fuente: Autores

Seguidamente, terminada la simulación se obtendrán los resultados del nivel lumínico, en donde podemos observar cómo está distribuido la iluminancia en toda el aula. Véase en la Figura 3.4

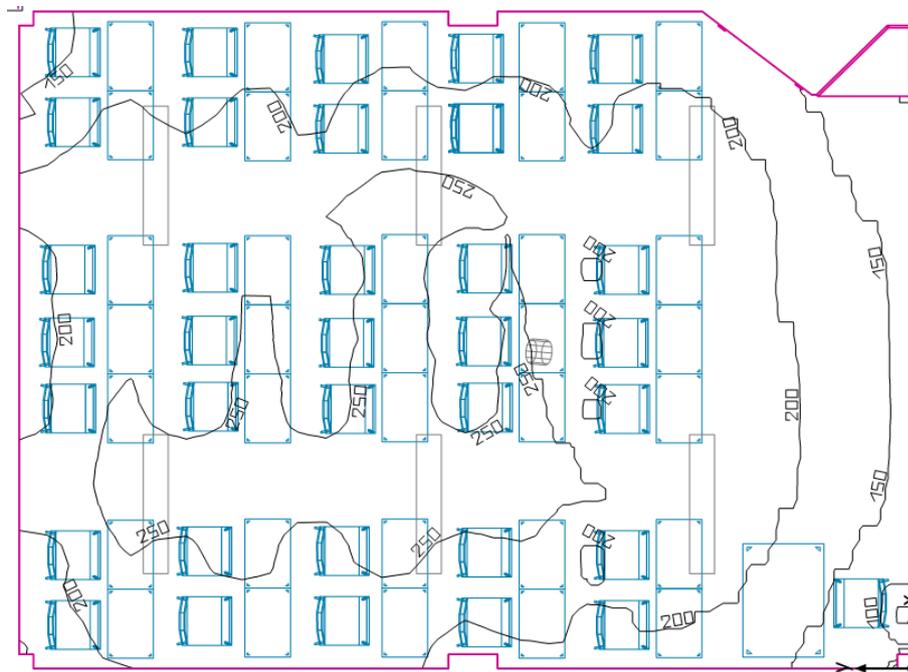


Figura 3.4 Curva IsoLux del Aula con una temperatura de 6500K con proyector apagado. Fuente: Autores

En la Tabla 3. 2 se puede apreciar el valor promedio de la iluminancia media.

Tabla 3. 2 Hoja de Resumen del proyecto con una temperatura de 6500K con proyector apagado. Fuente: Autores

Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio.	Min./máx.
Intensidad lumínica perpendicular [lx]	223 (≥ 300)	73.5	277	0.34	0.27

3.2.1.2. ESCENARIO CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR ENCENDIDO

Del mismo modo, se realiza la simulación con las lámparas de temperatura de color de 6500K, pero con el proyector encendido, de modo que, se puede observar la cantidad de luxes que varía al momento de encender las lámparas y el proyector simultáneamente. Véase la Figura 3.5



Figura 3.5 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 6500K DIALux con proyector encendido.
Fuente: Autores

De la misma manera, se presenta los datos del nivel lumínico. Véase la Figura 3.6



Figura 3.6 Curva IsoLux del Aula N° 20 con proyector encendido. Fuente: Autores

En la Tabla 3. 3 se puede apreciar el valor promedio de la iluminancia media.

Tabla 3. 3 Hoja de Resumen del proyecto con una temperatura de 6500K con proyector encendido. Fuente: Autores

Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio.	Min./máx.
Intensidad lumínica perpendicular [lx]	260 (≥ 300)	102	400	0.40	0.26

3.2.2. SIMULACIÓN CON UNA TEMPERATURA DE COLOR DE 4000K

De igual manera, se realiza el cambio del tubo Led T8 con una temperatura del color de 6500K por los tubos Led T8 1200mm con una temperatura del color de 4000K.

Las lámparas tienen las siguientes especificaciones:

Tabla 3.4 Especificaciones técnicas del Tubo Led T8 Sylvania. Fuente: Autores

Luminaria (Emisión Luz)	
Sylvania-P27899-36- Tubo LED Glass T8 G13 1200 mm	
18W 1400lm 4000K	
Emisión de luz 1	
Lámpara: 1xLED T8 G13	
Fotometría absoluta	
Flujo Luminoso de las lámparas: 1400 lm	
Potencia: 18.0 W	
Rendimiento Lumínico: 88.9 lm/W	
Indicaciones colorimétricas	
1x18W T8 G13 1200mm 18W	
4000K: CCT 4000K, CRI 80	

3.2.2.1. ESCENARIO CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR APAGADO

Por consiguiente, se realiza la simulación con los datos específicos obtenido de la lámpara, el siguiente resultado se puede observar en la Figura 3.7

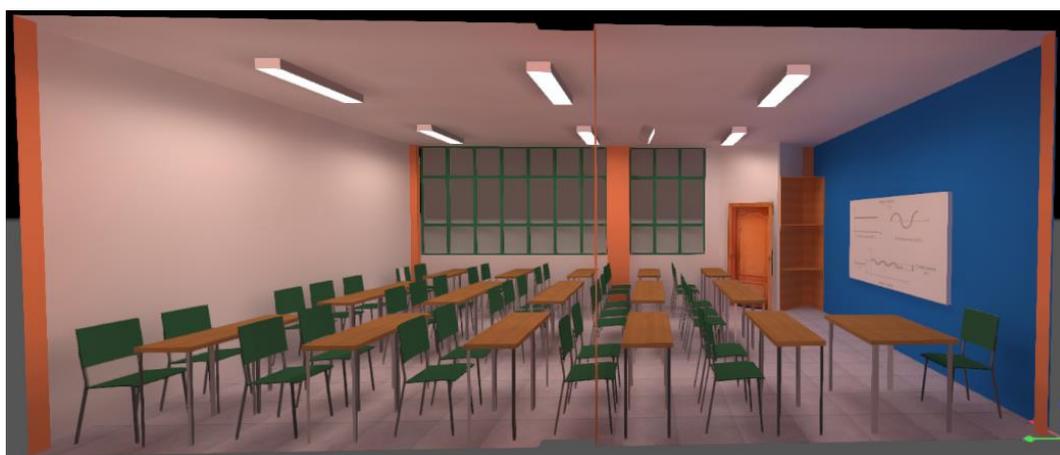


Figura 3.7 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 4000K DIALux con proyector apagado. Fuente: Autores

En la Tabla 3. 5 se puede apreciar la iluminación promedio del aula:

Tabla 3. 5 Hoja de Resumen del proyecto con una temperatura de 4000K con proyector apagado. Fuente: Autores

Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio.	Min./máx.
Intensidad lumínica perpendicular [lx]	217 (≥ 300)	72.6	279	0.33	0.26

3.2.2.2. ESCENARIO CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR ENCENDIDO

Del mismo modo, se realiza la simulación con las lámparas de temperatura de color de 4000K, pero con el proyector encendido, de modo que, se puede observar la cantidad de luxes que varía al momento de funcionamiento de los dos elementos. Véase Figura 3. 8



Figura 3. 8 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 4000K DIALux con proyector encendido. Fuente: Autores

En la Tabla 3. 6 se puede apreciar la iluminación promedia del aula, sin embargo, no cumple con la normativa establecida por el NEC.

Tabla 3. 6 Hoja de Resumen del proyecto con una temperatura de 4000K con proyector encendido. Fuente: Autores

Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio.	Min./máx.
Intensidad lumínica perpendicular [lx]	255 (≥ 300)	102	402	0.40	0.25

3.2.3. SIMULACIÓN CON UNA TEMPERATURA DE COLOR DE 3000K

En este caso se realiza el cambio de lámparas tubo led de 4000K por tubos Led T8 G13 de 1200mm con una temperatura del color de 3000K, los cuales tienen las especificaciones detalladas en la Tabla 3. 7.

Tabla 3. 7 Especificaciones técnicas del Tubo Led T8 Maviju. Fuente: Autores

Luminaria (Emisión Luz)	
Maviju-IL080047-Maviju LED Tube T8 G13 1200 mm 18W 300K	
Emisión de luz 1	
Lámpara: 1xLED T8 G13	
Fotometría absoluta	
Flujo Luminoso de las lámparas: 1600 lm	
Potencia: 18.0 W	
Rendimiento Lumínico: 88.9 lm/W	
Indicaciones colorimétricas	
1x18W T8 G13 1200mm 18W	
3000K: CCT 3000K, CRI 80	

3.2.3.1. ESCENARIO CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR APAGADO

Del mismo modo, los datos específicos de las lámparas, se realiza la simulación respectiva por lo tanto el resultado se puede observar en la Figura 3. 9

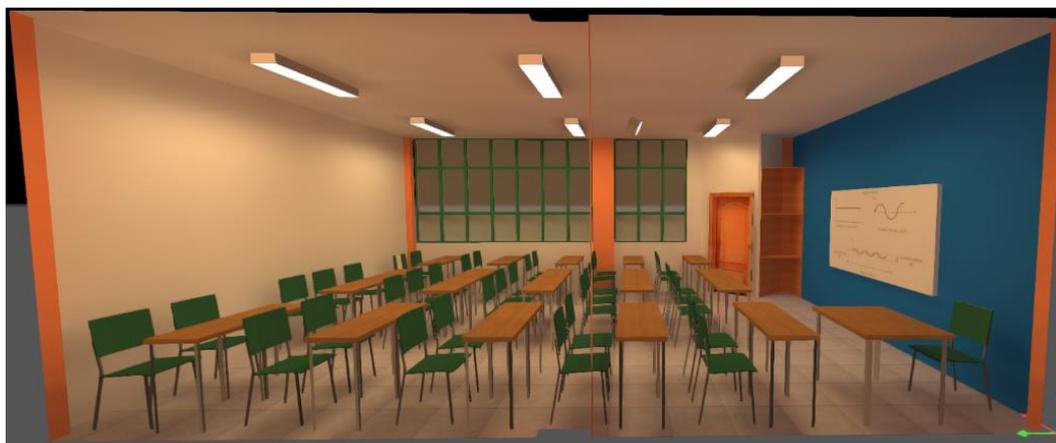


Figura 3. 9 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 3000K DIALux con proyector apagado.
Fuente: Autores

Como se puede observar la temperatura de color de estas lámparas de 3000K, es una luz cálida que nos da una sensación de relajación y a su vez hacernos sentir a gusto.

Los datos obtenidos por DIALux son los siguientes:

Tabla 3. 8 Hoja de Resumen del proyecto con una temperatura de 3000K con proyector apagado. Fuente: Autores

Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio.	Min./máx.
Intensidad lumínica perpendicular [lx]	216 (≥ 300)	74.6	287	0.33	0.26

Los resultados de DIALux, da una iluminancia media (E_m) de la zona de trabajo de 223 lx por lo que no cumple con la normativa del NEC.

3.2.3.2. ESCENARIO CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR ENCENDIDO

Del mismo modo, se realiza la simulación a una temperatura de color de 3000K, pero con el proyector encendido, de modo que, se puede observar la cantidad de luxes que varía al momento de encender las lámparas y el proyector simultáneamente. Véase la

la Figura 3. 10

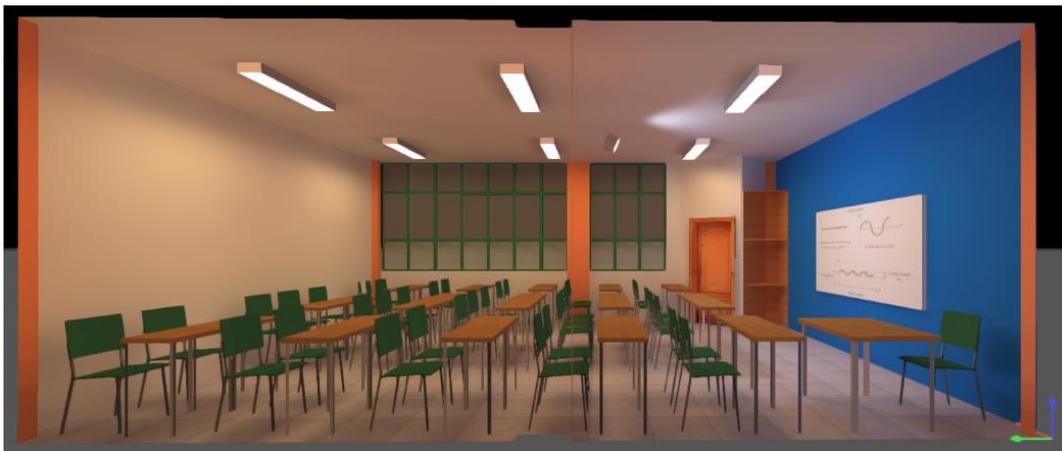


Figura 3. 10 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 3000K DIALux con proyector encendido. Fuente: Autores

En la Tabla 3. 9, se puede observar los datos obtenidos en DIALux, sin embargo, al igual que los otros casos, esta no cumple con la norma establecida por el NEC.

Tabla 3. 9 Hoja de Resumen del proyecto con una temperatura de 3000K con proyector encendido. Fuente: Autores

Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio.	Min./máx.
Intensidad lumínica perpendicular [lx]	253 (≥ 300)	103	406	0.40	0.25

3.2.4. DETERMINACIÓN Y SIMULACIÓN DE LUMINARIAS ADECUADA PARA EL AULA N°20

Para la determinación de luminarias adecuada para el aula N°20 del edificio Mario Rizzini, en primer lugar se realiza el cálculo de la cavidad local aplicando la ecuación (1).

Donde tenemos: $h = 3.16 \text{ m}$, $PT = 0.78 \text{ m}$, $PLM = 0.15 \text{ m}$, reemplazando estos valores en la ecuación tenemos:

$$hm = 3.16 - (0.78 + 0.15) = 2.23 \text{ m}$$

Seguidamente se procede a calcular el índice de la cavidad local, este se obtiene partiendo de la ecuación (2). Se tiene como dato el largo y ancho del aula respectivamente: $l = 7.81 \text{ m}$ y $a = 5.8 \text{ m}$

Al reemplazar estos valores en la ecuación (2) tenemos:

$$K = \frac{(7.81 * 5.8)}{2.23(7.81 + 5.8)} = 1.5$$

El factor de la cavidad local $K = 1.5$, la cual nos permite determinar el coeficiente de utilización.

A continuación, haciendo uso de la Tabla 1.2 se determina que la reflectancia del techo de color blanco en el aula N°20 es de 83%, mientras que la reflectancia del piso de color beige es de 70%.

Para un índice local $K=1.5$ que corresponde al valor calculado en la ecuación (2), se determina el coeficiente de utilización, se emplea interpolación en la Tabla 1.3 y se obtiene un coeficiente de 0.39.

Seguidamente haciendo uso de la Tabla 1.4 se determina el factor de mantenimiento, para el aula N°20, se tiene luminarias abiertas, en donde se realiza un mantenimiento cada año y el ambiente de trabajo es limpio, mediante interpolación se obtiene un factor de mantenimiento de 0.93

El nivel de iluminación mínima requerida para ambientes de estudio recomendado en la Tabla 1. 1, es de 300 lx, el área del aula N°20 es de 45.3 m^2 , el

coeficiente de utilización es de 0.39 mientras que el factor de mantenimiento es de 0.93, reemplazando estos valores en la ecuación (3) obtenemos el flujo luminoso total:

$$\varphi_{tot} = \frac{300 * 45.3}{0.39 * 0.93} = 37468.98 \text{ lm}$$

El flujo luminoso requerido es de 37468.98 *lm*, mientras que cada luminaria cuenta con 2 tubos led de 1.2m de largo y un flujo luminoso de 1600 *lm* por cada tubo, una vez calculado el número de luminarias requeridas es necesario tener en cuenta que N puede ser un número no entero, y se debe escoger el número de luminarias más apropiado considerando aspectos técnicos y económicos.

$$N_{Total} = \frac{37468.98}{1600 * 2} = 11.709 \approx 12$$

Para un flujo luminoso mínimo de 300lx es necesario la colocación de 12 luminarias, las cuales deben constar con dos tubos led de 1.2m de largo y 1600 lúmenes

Por último, para tener una iluminación más uniforme se calcula la cantidad de luminarias que va a lo largo y ancho del aula, esto se obtiene reemplazando los valores en las ecuaciones (5) y (6) como resultados se tiene:

Número de filas de luminarias que tiene a lo ancho del local:

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{11.709}{7.81} * 5.8} = 2.94 \approx 3$$

Número de columnas de luminarias que tiene a lo largo del local:

$$N_{largo} = 2.94 * \frac{7.81}{5.8} = 3.95 \approx 4$$

3.2.4.1. ESCENARIO 1 CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR APAGADO

Al realizar la adecuación calculada anteriormente, se tiene al encender las 12 luminarias con el proyector apagado se obtiene la representación tridimensional del aula N°20 observada de mejor manera en la Figura 3. 11



Figura 3. 11 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 6500K DIALux con proyector apagado.
Fuente: Autores

Las curvas Isolux presentadas en la Figura 3. 12, obtenidas mediante el software muestran claramente una uniformidad en la iluminación del aula, sin embargo, se presentan niveles inferiores a los recomendados en las esquinas del aula.



Figura 3. 12 Curva IsoLux del Aula con una temperatura de 6500K con proyector apagado. Fuente: Autores

La iluminancia media se presenta en la Tabla 3. 10 del aula, en donde está cumple la norma establecida por el NEC.

Tabla 3. 10 Hoja de Resumen con 12 lámparas de 6500K con proyector apagado. Fuente: Autores

Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio.	Min./máx.
Intensidad lumínica perpendicular [lx]	328 (≥ 300)	250	405	0.76	0.62

3.2.4.2. ESCENARIO 1 CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR ENCENDIDO

Una vez obtenido los resultado anteriores se procede a encender el proyector, para analizar los cambios producidos en los niveles de iluminación, con esto se obtiene la representación tridimensional presentada en la Figura 3. 13

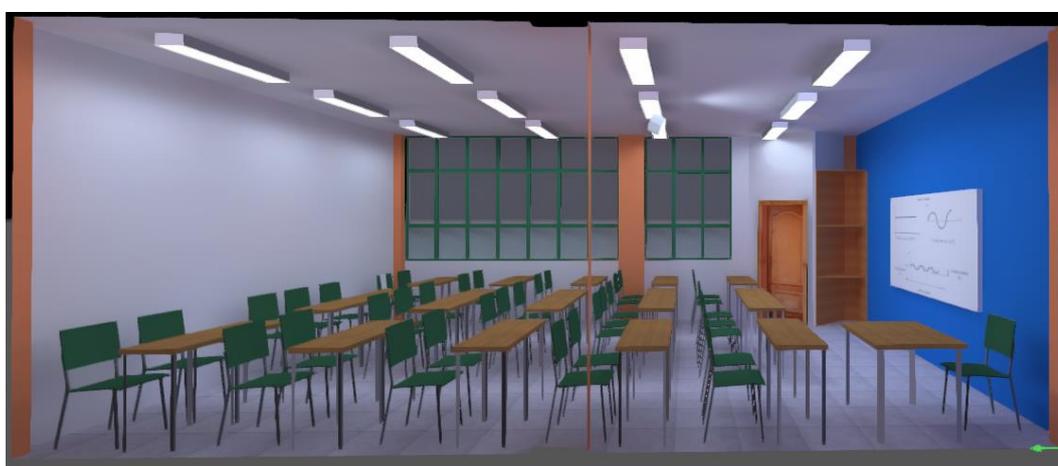


Figura 3. 13 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 6500K DIALux con proyector encendido. Fuente: Autores

Las curvas de Isolux presentada en la Figura 3. 14, muestra los resultados de esta simulación, en esta se observa un aumento considerable en la parte frontal del aula, llegando a un nivel de 500lx como máximo, cabe recalcar que los niveles de deslumbramientos producidos por la pizarra son reducidos debida a la correcta iluminación del aula.



Figura 3. 14 Curva IsoLux del Aula con una temperatura de 6500K con proyector encendido. Fuente: Autores

Con los resultados antes mencionados la iluminación media del aula, la cual está en el rango considerado por la norma establecida del NEC. Este se le puede observar de mejor manera en la Tabla 3. 11

Tabla 3. 11 Hoja de Resumen, con 12 lámparas de 6500K con proyector encendido. Fuente: Autores

Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio.	Min./máx.
Intensidad lumínica perpendicular [lx]	333 (≥ 300)	254	411	0.76	0.62

3.2.4.3. ESCENARIO 2 CON UN ESTADO SIN LUZ DIURNA CON EL PROYECTOR ENCENDIDO Y CIRCUITOS DIVIDIDOS.

Una segunda opción para una correcta iluminación del aula es realizar el circuito anterior mencionado con una diferencia mínima la cual es crear dos circuitos independientes. El primer circuito constara de 3 primeras luminarias más cercanas al pizarrón, mientras que el segundo circuito constaran las luminarias restantes.



Figura 3. 15 Simulación del Aula N° 20 con una temperatura de color 6500K DIALux con dos circuitos independientes. Fuente: Autores

Con los resultados antes mencionados la iluminación media del aula, la cual está en el rango considerado por la norma establecida del NEC. Este se le puede observar de mejor manera en la Tabla 3. 12

Tabla 3. 12 Hoja de Resumen con 12 lámparas de 6500K y circuitos divididos. Fuente: Autores

Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio.	Min./máx.
Intensidad lumínica perpendicular [lx]	312 (≥ 300)	235	386	0.75	0.61

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON EL LUXÓMETRO, SOFTWARE SPSS Y DIALUX

Existen diferentes maneras de evaluar la iluminación en los puestos de trabajo. Para ello hay que asegurarse del cumplimiento de la normativa de NEC, empleando el manejo de encuestas que permitan tener una idea clara de la percepción de la luz y los efectos que esto produce en los estudiantes.

Paralelo a las encuestas, se realiza la medición de iluminancia, y, la simulación del aula para establecer un equilibrio entre temperatura de color y nivel de iluminación para ambiente de estudio en el aula N° 20 del edificio Mario Rizzini.

En las encuestas realizadas a los estudiantes del aula N°20, se evaluó los criterios de la percepción de iluminación, estado de ánimo y otros parámetros que permiten establecer un buen nivel de iluminación. Las preguntas N° 1, 9 y 10 se analizan de manera subjetiva, mientras que los resultados obtenidos desde la pregunta N° 2 hasta la N° 8 emplean la escala de valoración de Likert, permitiendo un análisis objetivo y puntual de cada una de las respuestas.

El interés por establecer un adecuado equilibrio entre la temperatura del color y nivel de iluminación por metro cuadrado, lleva a considerar factores que influyen en la atención prestada a clases por parte de los estudiantes, estos pueden ser: dolor de cabeza, fatiga ocular, pesadez en los ojos, sensaciones térmicas de frío o calor. Estos efectos pueden estar asociados al uso de lentes, estado de ánimo de los estudiantes e incluso la forma en la que el docente explica la clase.

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON EL LUXÓMETRO

En base a los resultados obtenidos en la Tabla 2.2, es fácil apreciar que el nivel de iluminación en el aula es inferior a los recomendado en la norma del NEC (300 luxes) como mínimo para un salón de clases. Los niveles más bajos de iluminación se presentan con las lámparas de 3000K con 287.3lux durante el día, mientras que la más representativa son las lámparas de 6500K con 350.9lux.

Es importante mencionar la cantidad de luxes que se presentan en las dos primeras mediciones con respecto a la Tabla 2.2, por consiguiente las lámparas de 6500K y

4000K cumplen con la norma antes mencionada, esto se debe a la cantidad de luz del día adicionada.

Las mediciones con luz artificial y luz natural, las lámparas de 6500K, 4000K y 3000K, tienen una iluminancia media de 1032lx, 900.9lx y 831.5lx respectivamente, estas cifras son superiores a los 300luxes establecida por el NEC, por lo tanto, en este caso no son óptimas para recibir clases, debido a una iluminancia excesiva, la cual produce deslumbramientos que afectan en el rendimiento académico de los estudiantes.

La cantidad de luz y la uniformidad que se presentan en el área de trabajo dentro del aula por las mañanas entra en el rango de iluminación adecuado según la normativa antes mencionada, esto se debe a la presencia de iluminación natural, aumentando considerablemente el nivel, debido al aporte de las lámparas, hasta llegar a los niveles determinados por la normativa correspondiente. Por el contrario, en las noches sin la presencia de luz natural, los niveles de iluminación decaen hasta un nivel en donde los estudiantes empiezan a tener fatiga visual dificultando su estudio, este resultado se presenta con las diferentes lámparas estudiadas, ya sean estas las de 6500K, 4000K o 3000K, por otra parte, existe una iluminación uniforme dentro del aula.

Las lámparas de 3000K, son las menos aceptada por los estudiantes durante el día y en la noche, debido a que producen un malestar al momento de encender el proyector, ya que éste desprende una luz de tonalidad frío, el cual al mezclarse con la luz amarillenta de las lámparas dificulta la percepción de textos y figuras proyectadas.

Las mediciones realizadas en la noche para las lámparas antes mencionadas se tiene una iluminancia media de 294.2 lx, 264.6lx y 238.6lx, se puede apreciar que el nivel de iluminancia en el aula es inferior a la cantidad mínima que exige la normativa, sin embargo, se sigue teniendo una iluminación uniforme dentro de ésta, hay que mencionar además, que los niveles de luz más bajo se presentan en la parte posterior del aula, lo cual represente un problema para los estudiantes dado que, con una baja luminosidad les dificulta la percepción e identificación de los textos expuestos en la pizarra.

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SOFTWARE SPSS

En base a los resultados obtenidos en el software SPSS, bajo la escala de valoración de Likert presentada en la Tabla 2.10 y Tabla 2.12, se observó que se presenta una mayor aceptación por las lámparas de 6500K, esto se debe en gran medida a la tonalidad que emiten éstas, sin embargo, analizando las preguntas puntualmente se puede observar una aceptación mayoritaria por las lámparas de 4000K en las horas de la mañana, se da a causa de la luz natural proporcionada por el sol, la cual aumenta los niveles de iluminación sin producir tantos deslumbramientos, mientras que en la tarde sin la presencia de luz natural la lámpara con mayor aceptación son las de 6500K ya que proporciona mayor luminosidad, la cual se acerca a los niveles mínimos de iluminación adecuada para el aula.

De igual manera, la iluminación que se tiene en la pizarra no es la adecuada por lo que produce deslumbramiento y dificultad al momento de distinguir colores o gráficos que se presenten en ésta, esto dificulta en gran medida al encenderse el proyector puesto que por el alto brillo que produce y la mala iluminación en el aula los estudiantes pierden la percepción de los textos y lo proyectado. Al suceder esto ellos pierden el interés paulatinamente hasta dejar de prestar atención a la clase, reduciendo su rendimiento académico.

4.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SOFTWARE DIALUX

Al realizar el modelamiento del aula de clases con las especificaciones de esta, se obtuvo los resultados que se pueden apreciar en el capítulo cuatro, como son: las curvas Isolux, la recreación del aula en tres dimensiones y por último el plano útil.

Debido a la cantidad de lúmenes que emite el proyector afecta en los valores de luxes que hay dentro del aula, por este motivo se realiza dos simulaciones con las lámparas a diferentes temperaturas de color, siendo este con el proyector encendido y apagado respectivamente.

Sin embargo, en la simulación de las lámparas de 6500K, 4000K y 3500K, las cuales fueron realizadas en un ambiente sin luz diurna, se tienen la iluminancia media menor a 300lx que exige la normativa del NEC, este valor se puede apreciar en Tabla 3. 2, Tabla 3. 5 y Tabla 3. 8 con los valores de 223lx, 217lx y 216lx, respectivamente con el proyector apagado y en la Tabla 3. 3, Tabla 3. 6 y Tabla 3. 9, con los siguientes

resultados 260lx, 255lx y 253lx, correspondientemente, mientras el proyecto esta encendido.

4.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PUNTOS ANTERIORES

Al comprar los resultados del luxómetro y DIALux, son inferiores a la cantidad mínima exigida de 300luxes por la norma establecida por el NEC. Además, al poner en funcionamiento el proyector existe un aumento de luminosidad, en consecuencia, este solo alumbraba en la parte delantera del aula, produciendo deslumbramiento en la pizarra. Sin embargo, existe una variación entre los valores obtenidos, las cuales son producidas por efectos climatológicos, ya sea la temperatura o el nivel de radiación que esté llegando al aula mencionada. Con todos estos factores antes mencionados se procede a validar la simulación elaborada y se puede realizar propuestas para mejorar el nivel de iluminación y tener una adecuada temperatura de color, según los estándares establecidos en la norma del NEC.

Al observar los diferentes puntos antes mencionados, siendo estos: la cantidad de iluminación en el aula y el nivel de aceptación que presentan los estudiantes a las diferentes lámparas y la simulación en DIALux, se pudo observar que las lámparas de 6500K son las más aceptadas y adecuadas para recibir clases durante el día y la noche ya que les permite estar más activos, no obstante, con la cantidad de luminarias que se encuentran actualmente no cumplen con el valor mínimo exigido por la normativa, pero si cumplen con la uniformidad de iluminancia, a pesar de que las lámparas de 4000K tuvieron mayor aceptación en la visibilidad durante el día, éstas no son óptimas debido a la cantidad de lúmenes que estas emiten.

A continuación, con la recreación del aula y el respectivo cálculo se realizó dos escenarios, en la que consiste la primera, con el mismo circuito implementando más luminarias y la otra con un circuito dividido.

En cuanto al primer escenario creado, se puede observar en la Figura 3. 13, tiene una iluminancia media de 328lx, siendo este superior a los 300lx exigidos por la norma, y, con respecto a la uniformidad media de iluminación, el DIALux obtuvo el valor de 0.76, con lo que cumple la norma establecida.

En el segundo escenario, con circuito dividido, donde se controlara independientemente la primera fila con tres luminarias como se puede observar en la Figura 3. 15, se tiene una iluminancia media de 312 lx y una uniformidad de 0.75, cumple con la norma.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Es importante que los estudiantes tengan un buen confort visual, para ello se debe tener una iluminación uniforme, luz y color en cada uno de los puestos, distribución de luminarias adecuadas y ausencia de brillos deslumbrantes, ya que si estos son deficientes afecta en el estado mental y anímico, produciendo fatiga visual, lo cual dificulta la identificación de objetos, afectando de esta manera su rendimiento académico

Mediante la aplicación de encuestas a estudiantes que reciben clases en el aula N° 20 del edificio Mario Rizzini, se pudo recolectar información sobre, la temperatura de color, estado de ánimo, percepción del brillo, identificación de los colores y sensación térmica. Las encuestas tienen un $Z_{\alpha} = 95\%$, dado que, para la toma de decisiones que influye en un futuro de los estudiantes se debe tener un alto nivel de confiabilidad.

La luz cálida (3000K) es la que menor aceptación tiene para el aula de estudio, debido a que produce efectos negativos en los estudiantes como cansancio, somnolencia y pérdida de interés a la clase. La luz neutra (4000K) ayuda considerablemente a disminuir los efectos negativos del brillo, mientras que la luz del día (6500K) es la más aceptada por los estudiantes porque permite identificar correctamente los colores, mejora el estado anímico, consecuentemente el desempeño durante la clase.

Paralelo al cambio de los tubos led y elaboración de encuestas se realizó mediciones en la noche del nivel de iluminancia en diferentes puntos del aula y haciendo un cálculo de E_m se determinó que el aula N° 20 del edificio Mario Rizzini cuenta con aproximadamente 294.2 luxes para las lámparas de 6500K, por lo cual la iluminación no cumple con los 300 luxes mínimos establecidos por la NEC para aulas de estudio.

Con la recopilación de información a través de encuestas y la ejecución de la escala de valoración de Likert, la cual permite medir actitudes, opiniones y determinar el nivel de acuerdo o desacuerdo dependiendo la pregunta, se logró identificar cuáles son las lámparas que tienen mayor aceptación según sea el caso especificó, obteniendo de esta manera un tipo de temperatura de color diferente en cada una de éstas.

Con la aplicación del método de las cavidades locales se pudo determinar que para cumplir con la NEC se necesita de la instalación de 12 luminarias estas deben constar de 2 tubos Led de 18W con CCT de 6500K y un flujo luminoso de 1600 lúmenes cada una. Realizando la simulación en DIALux para los dos escenarios se estableció que las mediciones realizadas y el cálculo de E_m , son correctos.

De los resultados de los encuestados, se determinó que el 38,7% de los estudiantes usan anteojos, lo cual es un dato a considerar al momento de analizar las encuestas puesto que si algún estudiante no lleva consigo sus lentes por cualquier motivo, este resulta más afectado por el efecto del deslumbramiento en el aula, lo cual le impide distinguir textos y gráficas, provocando dificultad para atender a clases, consecuentemente desinterés en la clase.

Las lámparas de 6500K y las de 4000K fueron mayormente aceptadas por los estudiantes debido a su tonalidad. En las mañanas como se pudo observar en las encuestas, la mayor aceptación son las lámparas de 6500K, sin embargo, las lámparas de 4000K estuvieron con porcentajes muy similares puesto que existe la presencia de la luz natural que ayuda a una adecuada iluminación e uniformidad dentro del aula. Por otro lado, en las noches los valores de las lámparas de 4000K decayeron sin la presencia de la luz natural, ocasionado deslumbramientos y dificultad al momento de distinguir las gráficas y textos presentados en el aula, pese a este cambio aún tuvieron un porcentaje de aceptación considerable que superaba al de las lámparas de 3000K.

Para concluir, con respecto a los colores y materiales usados en el aula, se consideran en su mayor parte apropiados, a excepción de la pizarra y las mesas de los estudiantes, que poseen una cubierta que generan ciertos deslumbramientos a causa del brillo que se produce por la luz artificial la cual dificulta la visibilidad del estudiante, además el material de la pizarra es de un material alto nivel de brillo, lo que implica que no es una superficie idónea para proyectar imágenes.

5.2. RECOMENDACIONES

Cambiar las luminarias del aula N ° 20, dado que, éstas no cumplen con el nivel de iluminación adecuado para mejorar el rendimiento académico y el confort visual de los estudiantes.

Con el objetivo de disminuir los efectos negativos del brillo dentro del aula, para las mesas se debe utilizar una tonalidad de color café y libre de laca, y, colocar un telón blanco para el uso del proyector y evitar de esta manera deslumbramientos que afecten a los estudiantes.

Implementar uno de los escenarios que consta de 12 luminarias con lámparas de 6500K con un flujo luminoso de 1600 lúmenes cada una, además, de dos interruptores que serán controladas de forma independiente, esto ayuda a incrementar los niveles de iluminación en el área de trabajo del aula N ° 20 y permite tener un mejor confort visual cumpliendo de esta manera con la normativa.

Se recomienda que, al optar por una fuente tipo LED, se debe considerar los siguientes parámetros como son: flujo luminoso, temperatura de color, índice de reproducción cromática, rendimiento luminoso, potencia, vida útil y precio.

Para preservar al máximo el flujo luminoso, se debe realizar el mantenimiento periódico a las luminarias, con lo que se garantiza una buena iluminación dentro de las aulas, y, a su vez cumplir con una iluminación mínima de 300 luxes para aulas de estudio establecidos por la norma NEC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. E. De, “Capítulo 15 instalaciones electromecánicas,” 2013.
- [2] M. L. QUIN, “Lighting levels and the ‘thermal barrier,’” no. June, pp. 451–454, 1962.
- [3] Y. Gao, H. Wu, J. Dong, and G. Q. Zhang, “Constrained optimization of multi-color LED light sources for color temperature control,” *2015 12th China Int. Forum Solid State Light.*, pp. 102–105, 2015.
- [4] J. Cai, W. Hao, Y. Guo, P. Du, R. Wen, and X. Yang, “Influence of LED Correlated Color Temperature on Ocular Physiological Function and Subjective Perception of Discomfort,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 25209–25213, 2017.
- [5] M. Ye, S. Q. Zheng, and M. R. Luo, “The Impact of Dynamic Light with Different CCT Ranges and Frequencies on Human Alertness,” *2016 13th China Int. Forum Solid State Light.*, pp. 110–113.
- [6] K. R. Shailesh, S. Tanuja, M. Kumar, and R. a. Krishna, “Energy consumption optimisation in classrooms using lighting energy audit,” *Natl. Conf. Challenges Res. Technol. Coming Decad. (CRT 2013)*, p. 2.22-2.22, 2013.
- [7] D. F. Espejel-blanco, J. A. Hoyo-montano, J. A. Orrante-sakanassi, and J. A. Federico-rivera, “Comparison of Energy Consumption of Fluorescent Vs LED Lighting System of an Academic Building,” *2018 IEEE Conf. Technol. Sustain.*, pp. 1–6, 2018.
- [8] Revantino, R. A. Mangkuto, A. Enge, F. Munir, F. X. N. Soelami, and Faridah, “The effects of illuminance, colour temperature, and colour rendering of various existing light-emitting diode lamps on subjective preference and performance in Indonesia,” *J. Build. Eng.*, vol. 19, pp. 334–341, 2018.
- [9] S. Peng, Y. Chen, X. Tang, and I. Heynderickx, “Lighting For Projector Use In School Classrooms To Improve Visibility,” *2014 11th China Int. Forum Solid State Light.*, pp. 9–13.
- [10] M. Miki, “Combination of Preferred Illuminance and Preferred Color Temperature for Work,” 2013.
- [11] Y. Taniguchi, “Preferred Illuminance and Color Temperature in Creative Works,” *2011 IEEE Int. Conf. Syst. Man, Cybern.*, pp. 3255–3260, 2011.
- [12] M. Miki, “Maximization of the Average Color Rendering Index of Color

- Temperature and Illuminance Constraints,” 2013.
- [13] M. O. Instrumentation, “Evaluation of Colour Fidelity Based Colour Rendering Indices,” pp. 284–287, 2013.
- [14] A. L. Á. L. G. Arq. Jorge Omar Hernández Fernández, “iluminación en las áreas de trabajo del Laboratorio de Alta Tecnología de Xalapa (LATEX),” 2008.
- [15] J. Rodriguez and C. Llano, “Guía para el diseño de instalaciones de iluminación interior utilizando Dialux,” *Guía para el diseño Instal. iluminación Inter. Util. Dialux*, p. 86, 2012.
- [16] Comité Español de iluminación, “Guía técnica de eficiencia energética en iluminación: Centros docentes,” *Inst. para la Diversif. y Ahorr. la Energía*, p. 87, 2001.
- [17] E. N. El, “La iluminacion en el ambiente laboral.”
- [18] A. Rivas, “Mediciones de iluminación por el método de la cuadrícula.”
- [19] O. Antecedentes, “norma española,” 2003.
- [20] G. M. L. I. Delgadillo Ramirez Gustavo, “Propuesta para el uso de leds en la iluminación de la avenida insurgentes norte de la ciudad de México.”
- [21] D. Divulgativos, “Iluminación en el puesto de trabajo.”
- [22] C. José, “IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN DE AULAS, TALLERES Y LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA-ESPOCH BAJO NORMAS VIGENTES,” 2015.
- [23] I. En, E. L. Puesto, C. Para, and S. U. Evaluación, “Iluminación en el puesto de trabajo. criterios para su evaluación y acondicionamiento,” pp. 1–39.
- [24] I. T. Eléctrico, “NTP 211: Iluminación de los centros de trabajo.”
- [25] “The Brain of a Normal Human,” vol. Parte I.
- [26] N. Identified and H. Risks, *Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks SCENIHR Health Effects of Artificial Light*, no. March. 2012.
- [27] C. D. E. I. Industrial, “Título : Plan de manejo de los niveles de iluminación del área administrativa de una empresa se servicios metrológicos de Guayaquil . Title : Management plan of the illumination levels in the administrative area of a metrology services company , of Guayaq,” 2017.
- [28] H. D. E. Informaci, D. E. L. Diagn, and S. V. Pedi, “Vista de Cerca (Miopía)

- y Vista de Lejos (Hipermetropía),” pp. 1–4.
- [29] G. R. Suárez, “Procesador Central: El Cerebro.”
- [30] E. El and C. R. Centrosur, “UNIVERSIDAD DE CUENCA.”
- [31] G. Vandewalle *et al.*, “Report Daytime Light Exposure Dynamically Enhances Brain Responses,” pp. 1616–1621, 2006.
- [32] A. Morillas, “MUESTREO EN POBLACIONES FINITAS Muestreo en poblaciones finitas,” pp. 1–30.
- [33] C. Estructura and E. Spss, “Capítulo 1 «Estructura del SPSS»,” pp. 1–26.
- [34] B. Elena and O. Rave, “La escala de Likert en la valoración de los conocimientos y las actitudes de los profesionales de enfermería en el cuidado de la salud. Antioquia, 2003,” vol. 23, no. 1, pp. 14–29, 2005.
- [35] Unidad de gestion curricular UDLA, “Escala de valoración, escala de actitudes o escala likert,” pp. 1–4, 2015.
- [36] J. Lorkowski and V. Kreinovich, “Likert-scale fuzzy uncertainty from a traditional decision making viewpoint: It incorporates both subjective probabilities and utility information,” *Proc. 2013 Jt. IFSA World Congr. NAFIPS Annu. Meet. IFSA/NAFIPS 2013*, pp. 525–530, 2013.
- [37] T. F. I. N. D. E. Grado, “TÉCNICA SUPERIOR DE Tutor :,” 2016.