

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

Tema: “CONDICIONES DE ILUMINACIÓN QUE INCIDEN EN EL CONFORT VISUAL DE LOS OCUPANTES DE LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO - CAMPUS HUACHI”.

Trabajo de investigación, previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental

Autor: Ing. Álvaro José Morejón Miniguano

Director: Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Magíster

Ambato – Ecuador

2017

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg., e integrado por los señores: Ingeniero Christian José Mariño Rivera Mg., Ingeniero Andrés Gonzalo Cabrera Acosta Mg, e Ingeniero Edison Patricio Jordán Hidalgo Mg., designados por el Consejo Académico de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: “CONDICIONES DE ILUMINACIÓN QUE INCIDEN EN EL CONFORT VISUAL DE LOS OCUPANTES DE LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO - CAMPUS HUACHI”, elaborado y presentado por el Ingeniero Álvaro José Morejón Miniguano para optar por el Grado Académico de Magister en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Ing. Elsa Pilar Urrutia, Mg.
Presidente del Tribunal



Ing. Christian José Mariño Rivera, Mg.
Miembro del Tribunal



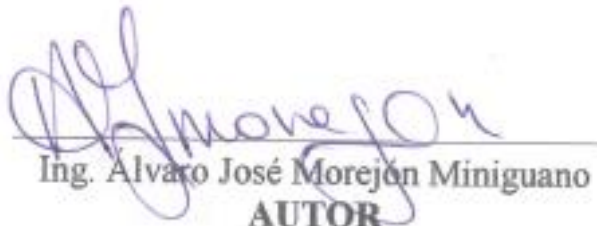
Ing. Andrés Gonzalo Cabrera Acosta, Mg.
Hidalgo Mg Miembro del Tribunal



Ing. Édison Patricio Jordán Hidalgo, Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el trabajo de titulación con el tema: “CONDICIONES DE ILUMINACIÓN QUE INCIDEN EN EL CONFORT VISUAL DE LOS OCUPANTES DE LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO - CAMPUS HUACHI”, le corresponde exclusivamente al Ingeniero Álvaro José Morejón Miniguano, autor bajo la dirección del Ingeniero Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg. Director del trabajo de titulación; y el patrimonio intelectual de la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Álvaro José Morejón Miniguano
AUTOR



Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.
DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este trabajo de titulación como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi trabajo de titulación, con fines de difusión pública, además autoriza su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.



Ing. Alvaro José Morejón Miniguano
C.C.: 1804368510

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada	i
A la Unidad Académica de Titulación	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
AGRADECIMIENTO	xiii
DEDICATORIA	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. Tema de investigación	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Contextualización	2
1.2.2. Análisis crítico	6
1.2.3. Prognosis	7
1.2.4. Formulación del problema	7
1.2.5. Interrogantes de la investigación	7
1.2.6. Delimitación de la investigación	8
1.3. Justificación	8
1.4. Objetivos	9
1.4.1. Objetivo general	9
1.4.2. Objetivo específico	9
CAPÍTULO II	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes investigativo	10
2.2. Fundamentación filosófica	11
2.3. Fundamentación legal	12
2.4. Red de categorías fundamentales	13
2.4.1. Condiciones de iluminación	16
2.4.2. Iluminación	16
2.4.3. Características físicas de la luz	17

2.4.4.	Magnitudes y unidades luminosas	18
2.4.5.	Características de la radiación luminosa.....	19
2.4.6.	Leyes de la luminotecnia	21
2.4.7.	Sistemas de iluminación	21
2.4.8.	Iluminación natural	21
2.4.9.	Iluminación artificial.....	25
2.4.10.	Clasificación de los sistemas lumínicos según la direccionalidad del flujo luminoso	25
2.4.11.	Clasificación de los sistemas lumínicos según la distribución del flujo luminoso.	26
2.4.12.	Sistemas especiales y específicos.....	28
2.4.13.	Las luminarias	28
2.4.14.	Características luminotécnicas de las lámparas	29
2.4.15.	Medición de iluminación (luxometría).....	31
2.4.16.	Iluminación es establecimientos educativos	33
2.4.17.	Problemas comunes en la iluminación de centros educativos.....	36
2.4.18.	Confort visual.....	37
2.4.19.	El ojo humano	39
2.4.20.	Parámetros visuales	39
2.4.21.	Principales trastornos de la visión.....	41
2.4.22.	Color.....	42
2.4.23.	Efectos para la salud de una mala iluminación.	43
2.5.	Hipótesis	46
2.6.	Señalamiento de variables de la hipótesis	46
2.6.1.	Variable independiente	46
2.6.2.	Variable independiente	46
CAPÍTULO III		47
METODOLOGÍA.....		47
3.1.	Enfoque.....	47
3.2.	Modalidad de la investigación.....	47
3.3.	Nivel o tipo de investigación	48
3.4.	Población y muestra	48
3.5.	Operacionalización de variables	50
3.5.1.	Variable independiente. Condiciones de iluminación	50

3.5.2. Variable dependiente. Confort visual	51
3.6. Recolección de información	52
3.7. Procesamiento y análisis de la información	54
CAPÍTULO IV	55
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	55
4.1. Evaluación subjetiva de los sistemas de iluminación de los laboratorios.	55
4.2. Análisis e interpretación del nivel de iluminación (luxometría)	58
4.3. Análisis e interpretación percepción de las condiciones de iluminación de los ocupantes de los laboratorios.....	66
4.4. Verificación de la hipótesis	71
CAPÍTULO V	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
5.1. Conclusiones.....	74
5.2. Recomendaciones	74
CAPÍTULO VI.....	76
PROPUESTA	76
6.1. Datos informativos	76
6.2. Antecedentes de la propuesta	76
6.3. Justificación.....	77
6.4. Objetivos.....	77
6.5. Análisis de factibilidad	77
6.6. Fundamentación científico técnica	79
6.7. Metodología.....	84
6.8. Administración	109
6.9. Previsión de la evaluación	109
6.10. Bibliografía	110
Anexo 1. Ficha para luxometría	114
Anexo 2. Medición del nivel de iluminación en los laboratorios del campus Huachi.	115
Anexo 3. Encuesta	122
Anexo 4. Fichas de cálculo DIALux para luz natural.	123
Anexo 5. Fichas de cálculo DIALux para luz artificial.	124
Anexo 6. Valores límite de eficiencia energética de la instalación	125
Anexo 7. IP contra objetos y suciedad	126
Anexo 8. IP contra agua y humedad.....	127

Anexo 9. IP contra golpes	128
Anexo 10. Código IK, protección contra choques mecánicos.....	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de reflectancia	19
Tabla 2 Porcentaje de reflexión en diversos colores (aproximación).....	20
Tabla 3 Porcentaje de reflexión en diversos colores (aproximación).....	20
Tabla 4 Valores referenciales de iluminancias y luminancias.....	22
Tabla 5. Distintos tipos de soluciones lucernarios	24
Tabla 6. Coeficientes de depreciación de luminarias	29
Tabla 7 Números de puntos de medición.	32
Tabla 8 Niveles de iluminación para actividades educativas (extracto).....	34
Tabla 9 Unidades de observación.....	48
Tabla 10 Operacionalización de la variable independiente	50
Tabla 11. Operacionalización de la variable dependiente.	51
Tabla 12. Preguntas de cuestionario de evaluación subjetiva.	53
Tabla 13. Cuadro de recolección de la información.....	53
Tabla 14. Datos de partida para la evaluación de iluminación.....	58
Tabla 15. Recolección de datos de medición.	59
Tabla 16. Cálculo de la desviación estándar de la muestra.	60
Tabla 17. Evaluación del nivel de iluminación en laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato.	61
Tabla 18. Resultado de encuestas respecto a la iluminación, aplicadas a los ocupantes de los laboratorios	67
Tabla 19 Interpretación del coeficiente de correlación de Spearman.....	71
Tabla 20. Adecuación a escala de Likert de las preguntas 1 y 2 del cuestionario de evaluación subjetiva sobre condiciones de iluminación INSHT	72
Tabla 21. Matriz de correlación de Spearman.....	72
Tabla 22 p-valor de Spearman.....	73
Tabla 23. Valores de reflectancia no especulara para espacios educativos.....	85
Tabla 24. Nivel de iluminación interior, en el plano de trabajo horizontal, para diferentes grados de orientación.....	88
Tabla 25. Nivel de iluminación y uniformidad, en el plano de trabajo horizontal, con luz natural para distintos tipos de ventanas.	89

Tabla 26. Nivel de iluminación y uniformidad, en el plano de trabajo vertical (pizarra), con luz natural para distintos tipos de ventanas.	91
Tabla 27. Proyección de sombras para distintos ángulos de orientación.	93
Tabla 28. Coordenadas para montaje de luminarias.....	95
Tabla 29. Propuesta, incluye iluminación vertical para pizarra.	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol del problema.	5
Figura 2 Red de inclusiones conceptuales	13
Figura 3. Constelación de ideas de la variable independiente	14
Figura 4. Constelación de ideas de la variable dependiente	15
Figura 5. Espectro electromagnético	17
Figura 6. Componentes que integran el coeficiente “e” de iluminación natural o factor día.	23
Figura 7. Relación altura – separación luminarias.	27
Figura 8 Relación iluminación localizada vs iluminación uniforme	28
Figura 9. Depreciación de la emisión luminaria y lámpara según mantenimiento.....	30
Figura 10. Distribución de luminarias en aulas	34
Figura 11. Alumbrado para pizarra.....	35
Figura 12. Reflectancias recomendadas para superficies en aulas.	36
Figura 13. Factores que influyen sobre el entorno y rendimiento visual.	38
Figura 14. Campo de visión.....	40
Figura 15. Temperaturas de color.....	42
Figura 16. Experimento de Kruithof. Gráfica con las zonas de confort y discomfort....	43
Figura 17 Metodología para la evaluación de iluminación.	52
Figura 18. Estado de funcionamiento de las luminarias.....	55
Figura 19. Elementos de control de luz solar.	56
Figura 20 Incidencia de luz solar directa.....	56
Figura 21. Derroche de iluminación natural	57
Figura 22. Espacios oscuros para uso de proyector	57
Figura 23. Croquis del laboratorio 1 de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación.	59
Figura 24. Cumplimiento del nivel de iluminación & uniformidad.	65
Figura 25. Porcentaje de laboratorios que cumplen el nivel de iluminación y uniformidad	65
Figura 26. Iluminación promedio en los diferentes laboratorios.....	66
Figura 27. Percepción de los ocupantes respecto a la iluminación de los laboratorios..	69

Figura 28. Preferencia del nivel de iluminación.....	70
Figura 29. Síntomas asociados a las condiciones de iluminación.	70
Figura 30. Metodología para el diseño en DIALux.....	84
Figura 31 Ubicación geográfica Facultad de Ingeniería en Sistemas.....	86
Figura 32. Laboratorio modelo, vista frontal.....	87
Figura 33. Laboratorio modelo, vista posterior.	87
Figura 34. Nivel iluminación interior con luz natural, en el plano de trabajo horizontal, para distintas orientaciones respecto al norte.	88
Figura 35. Iluminación, en el plano de trabajo horizontal, de fachadas opuestas con orientación 90 y 270 grados respecto al norte.	89
Figura 36. Iluminación interior para el plano de trabajo horizontal con luz natural con distintos tipos de ventanas.	90
Figura 37. Uniformidad de la iluminación en el plano de trabajo horizontal para distintos tipos de ventanas.....	90
Figura 38. Nivel de iluminación en el plano vertical (pizarra), para distintos grados de orientación.	91
Figura 39. Nivel de iluminación en el plano vertical (pizarra) con 90 grados de orientación, para distintas configuraciones de ventanas.....	92
Figura 40. Uniformidad de la iluminación en el plano vertical.....	92
Figura 41. Montaje de luminarias.....	95

AGRADECIMIENTO

A mis padres, hermanos, maestros, compañeros de trabajo y todas aquellas personas con quienes he compartido y han sido un apoyo en este camino.

A SEDEMI SCC y a la Universidad Técnica de Ambato por darme la oportunidad de conocer un poco más del maravilloso mundo de la Seguridad e Higiene en el Trabajo.

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de conocer las maravillas de ese mundo.

A todas aquellas personas que han sido parte de mi vida, con quienes he compartido alegrías y tristezas, las cuales han forjado mi carácter.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL/DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

TEMA:

“CONDICIONES DE ILUMINACIÓN QUE INCIDEN EN EL CONFORT VISUAL
DE LOS OCUPANTES DE LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE AMBATO - CAMPUS HUACHI”

AUTOR: Ing. Álvaro José Morejón Miniguano

DIRECTOR: Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

FECHA: Noviembre 1, 2017

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tiene por objetivo evaluar las condiciones de iluminación de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato en su campus Huachi y la incidencia que éstas tiene sobre el confort de sus ocupantes.

La evaluación de iluminación se la realiza con un luxómetro Sper Scientific modelo 850007C, los datos de nivel de iluminación y uniformidad encontrados son comparados con los requerimientos de la norma UNE 12464.1:2012 Iluminación para Interiores. Para evaluar el confort visual, se emplea el cuestionario para evaluación subjetiva del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España. La verificación de la existencia de correlación entre ambas variables, se la realiza mediante el coeficiente de Spearman.

En la parte final del presente trabajo, se analiza como la configuración de los edificios pueden ayudar a optimizar el aprovechamiento de luz natural para mejorar las condiciones del nivel de iluminación y uniformidad con un menor consumo energético en el interior de los laboratorios estudiados. Este análisis se lo hace con el OpenSource DIALux. También se incluye un programa para el manejo adecuado de los residuos peligrosos que originan las instalaciones de iluminación.

Descriptor: Iluminación, uniformidad, confort visual, DIALux, evaluación de iluminación, nivel de iluminación, reflexión, iluminación natural, factor de mantenimiento, síntomas de la visión, Spearman.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL/DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

THEME:

“THE EFFECT OF LIGHTING CONDITIONS ON VISUAL COMFORT OF THE
OCCUPANTS OF LABORATORIES OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF
AMBATO - CAMPUS HUACHI”

AUTHOR: Ing. Álvaro José Morejón Miniguano

DIRECTED BY: Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

DATE: November 1, 2017

EXECUTIVE SUMMARY

The objective of this research is to evaluate the lighting conditions of the laboratories of the Technical University of Ambato and establish the incidence of them on the comfort of its occupants

The lighting evaluation is carried out with a Sper Scientific luxometer model 850007C. The lighting level and uniformity data found are compared with the requirements of UNE 12464.1: 2012 Interior Lighting. To assess visual comfort, the subjective evaluation questionnaire of the National Institute of Safety and Hygiene at Work of Spain is used. The verification of the existence of correlation between both variables is done by the Spearman coefficient.

The final part of this work analyze how the configuration of buildings can help optimize the use of natural light to improve lighting conditions and uniformity with a lower energy consumption inside the laboratories studied. This analysis is done with the OpenSource DIALux. Also, a program for the proper management of the hazardous waste that originates the lighting installations is included.

Keywords: Iluminación, uniformidad, confort visual, DIALux, evaluación de iluminación, nivel de iluminación, reflexión, iluminación natural, factor de mantenimiento, síntomas de la visión, Spearman.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación titulado “Condiciones de iluminación que inciden en el confort visual de los ocupantes de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi,” toma importancia en la necesidad de conocer la situación real de funcionamiento de los sistemas de iluminación y, así tomar las acciones necesarias que permitan obtener ambientes lumínicos que cumplan los requisitos técnico-legales y, garanticen escenarios de trabajo seguros y confortables. Ambientes de trabajo seguros, con óptimos niveles de iluminación garantizan un mayor performance en las actividades de sus usuarios.

La recolección de datos en la totalidad de la población y, el uso de equipos calibrados permiten tener datos representativos de alta confiabilidad; para jornadas de trabajo comprendidas entre horas de la mañana y tarde. Los datos obtenidos, son contrastados con los requisitos de la norma europea UNE 12464.1:2012 Iluminación para Interiores.

Este trabajo, plantea una hipótesis de correlación entre el nivel de iluminación y confort visual, verificada mediante el coeficiente de Spearman, para un tiempo máximo de exposición continua de dos horas a determinadas características e iluminación.

Finalmente con la ayuda de un software OpenSource se analizan las posibles medidas preventivas y correctivas que se podrían implementar para mejorar la iluminación, confort e índice de eficiencia energética en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato. Junto a esto se plantea un mayor aprovechamiento de iluminación natural, con la ampliación de ventanales e incorporación de elementos de control de luz natural. Como medida complementaria se detalla un procedimiento para el mantenimiento de las instalaciones y buen manejo de los residuos peligrosos que puedan generarse.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Tema de investigación

CONDICIONES DE ILUMINACIÓN QUE INCIDEN EN EL CONFORT VISUAL DE LOS OCUPANTES DE LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO - CAMPUS HUACHI.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Contextualización

En la actualidad el conocimiento es la base para el desarrollo de la sociedad, echo que exige que las instituciones educativas mejoren continuamente en la calidad de educación que ofertan. Esta calidad debe ir más allá de la experticia de los docentes y modelos educativos, se debe empezar a abordar temas relevantes a la idoneidad de las instalaciones y como estas afectan en el desempeño de maestros y estudiantes. Desafortunadamente, escasos estudios se han centrado en la evaluación de edificios y las aportaciones de estos en una formación de calidad. (Fernández, Gámiz, García, Moraga, & Peña, 2012, pág. 127)

Entre las características ambientales que afectan el rendimiento académico, se encuentra la iluminación. La corporación Philips realizó un estudio llamado “La iluminación adecuada” en la primaria Wintelre en Netherlands, el estudio evaluó el desempeño de dos grupos de estudiantes en dos ambientes con sistemas de iluminación diferentes.

Para un grupo se instaló un novedoso sistema de iluminación llamado SchoolVision. El cual crea ambientes ideales de aprendizaje. Permitiendo a los profesores elegir cuatro escenarios de iluminación. Estos escenarios se pueden

utilizar para calmar a los niños cuando están en un estado muy enérgico, despertarlos cuando están apáticos, o ayudarlos a concentrarse en tareas difíciles. Los resultados preliminares mostraron una concentración del 8,7% mayor en el aula equipada con el sistema SchoolVision, elevándose al 13,6% después de un mes (Philips, 2016).

Un estudio realizado en cuatro escuelas públicas de Argentina, señala que la valoración negativa que expresan los docentes sobre las condiciones de iluminación coincide con los bajos niveles de iluminación de las aulas. Además se determinó que parte de las falencias surgen de un diseño inadecuado; se evidenció que las ventanas no responden a las actividades realizadas y, el sistema de iluminación no se adapta a las características del clima local, con días fríos en el invierno y, gran cantidad de días con cielo despejado en otras épocas de año. (Martinez & Gonzalo, 2015).

Bajos niveles de confort lumínico muestran la necesidad de construir aulas con diseños eficientes; que garanticen niveles óptimos de iluminación, aprovechando la luz natural, con el fin de brindar a los usuarios niveles de confort adecuados a sus las actividades.

A nivel local, no existen estadísticas de la calidad de iluminación en establecimientos educativos. Tampoco se conoce como la iluminación influye en el confort, la concentración y aprendizaje de los alumnos; empero es posible encontrar estudios, que permiten tener una idea de la realidad de la iluminación en los espacios de aprendizaje.

Según (Chimborazo, 2015), en un estudio realizado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, “de los trece laboratorios de la Facultad de Mecánica analizados existen dos laboratorios que cumplen el nivel de iluminación recomendados en la Norma UNE-EN 12464-1” (pág. 42).

Otro estudio realizado en la Universidad Técnica de Cotopaxi por (Bermeo & Granda, 2013) concluye que “en las aulas en la mayoría de ellas no cumple con lo estipulado en la norma para clases nocturnas y educación de adultos” (pág. 106).

En la investigación realizada por (Bermeo & Granda, 2013) se asegura que “la mala o inadecuada iluminación hace que a los estudiantes presenten molestias visuales provocadas por el deterioro de las lámparas produciendo cansancio, fatiga ocular y mental” (pág. 106).

En lo que respecta a la Universidad Técnica de Ambato, esta no registra datos que muestren el estado de sus instalaciones de iluminación. Tampoco hay información que dé cuenta de la percepción que sus ocupantes tienen respecto a las condiciones de iluminación de los espacios académicos.

Durante un recorrido por los laboratorios de la universidad, es fácil encontrar luminarias averiadas, ventanas sin protección que ayude a regular la cantidad de luz solar y áreas de trabajo oscuras.

Problemas posiblemente causados por deficiencia en el mantenimiento o porque se han adaptado espacios de trabajo que no fueron diseñados y construidos para las actividades específicas que en ellos se ejecutan. Periódicamente los laboratorios son reubicados, dificultando la inversión en sistemas de iluminación específicos y adaptación de espacios.

Los proyectores de imágenes se han vuelto parte de las actividades académicas y, con ellos han aparecido posibles deslumbramientos. Por otro lado, la nitidez de las imágenes proyectadas es directamente proporcional a la oscuridad del espacio donde se proyecte. Esto obliga a que los ocupantes de laboratorios trabajen con escasa iluminación. La poca luz dificulta actividades de escritura y lectura, además de estimular el sueño.

Gran parte del consumo eléctrico de la universidad está destinado a iluminación, esto lo convierte en un elemento clave a tener en cuenta para lograr ahorrar energía. La selección de lámparas eficientes permite reducir el número de luminarias necesarias en un centro docente. Los sistemas de iluminación ineficientes en aulas de enseñanza incrementan el valor de las facturas eléctricas y provocan un mayor impacto al medio ambiente.

Figura 1. Árbol del problema.



Figura 1. Árbol del problema. En el centro se detalla el problema en estudio, el nivel inferior se muestra las posibles causas y, el nivel superior indica los potenciales efectos. Adaptado de "Tutoría de la Investigación Científica", por Herrera, Arnaldo, & Naranjo, 2010.

1.2.2. Análisis crítico

El desconocimiento del efecto que tienen las condiciones de iluminación sobre el bienestar y rendimiento académico de estudiantes y docentes ha provocado el descuido del sistema de iluminación de los laboratorios de la institución. En aquellos laboratorios con déficit de iluminación, se tiene una alta posibilidad que sus ocupantes sufran de fatiga visual, problemas oculares e incremento de la sensación de sueño.

En laboratorios con excesivo nivel de iluminación, causado por ausencia de cortinas para regular la cantidad de luz natural y la presencia de superficies brillantes, los ocupantes podrían presentar deslumbramientos; reduciendo la capacidad visual, generando molestias y disminuyendo la concentración.

Controlar la calidad de iluminación es importante para generar ambientes adecuados que garanticen el rendimiento académico. Sin embargo, varios aspectos constructivos respecto a la iluminación no han sido considerados en la arquitectura de los laboratorios.

Es común encontrar vigas vistas que obstruyen la distribución uniforme de la luz o, ubicación de luminarias que no guardan ninguna relación con la distribución de máquinas y muebles. En muchas ocasiones en estos laboratorios con presencia de bancos de pruebas, la posición de los estudiantes provoca sombras en los planos de trabajo.

Muchos de los laboratorios existentes se han improvisados en espacios que no fueron diseñados para este fin, el uso de proyectores incrementa esta problemática. Pues se requiere de un ambiente oscuro para que se pueda distinguir el contenido proyectado por este equipo en la pizarra.

Debido a esto es común encontrar luminarias apagadas y cortinas cerradas durante las clases, haciendo imposible alcanzar los niveles de iluminación de 500 luxes recomendados para actividades académicas de este tipo.

1.2.3. Prognosis

Si se mantienen las condiciones de iluminación en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi, sus ocupantes quedarán expuestos a sufrir discomfort, disminuyendo la concentración y calidad del aprendizaje. Una iluminación deficiente estimula el sueño, puede causar dolores de cabeza y problemas oculares. Además, no cumplir con los niveles de iluminación puede generar no conformidades con entes de control.

De seguir con la improvisación de aulas como laboratorios, va a ser muy difícil garantizar niveles adecuados de iluminación. De no haber otra alternativa, se deberán tomar correctivos para alcanzar la iluminación adecuada acorde a la actividad y equipos a utilizar en dicho laboratorio.

Se debe dar mayor importancia a la iluminación a la hora de diseñar los laboratorios, se debe definir el uso de estos así como la distribución del mobiliario. Caso contrario no se podrá contar con sistemas de iluminación adecuados y eficientes que permitan alcanzar ambientes de aprendizaje idóneos.

1.2.4. Formulación del problema

¿Qué condiciones de iluminación inciden en el confort visual de los ocupantes de laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi?

1.2.5. Interrogantes de la investigación

- ¿Cuáles son las condiciones de iluminación en los laboratorios Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi?
- ¿Cuál es la percepción de confort visual de los ocupantes de laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi?
- ¿Qué propuestas se pueden generar para mejorar las condiciones de iluminación en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi?

1.2.6. Delimitación de la investigación

Campo: Ergonomía

Área: Ergonomía ambiental

Aspectos: Confort visual

Delimitación espacial: Laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi.

Delimitación temporal: Julio 2016 – Agosto 2017

Unidades de observación:

- Laboratorios
- Responsables de laboratorios

1.3. Justificación

El **interés** de este estudio está en saber si las condiciones de iluminación de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi cumplen con los requisitos técnicos y si estas brindan confort visual a sus ocupantes. Las condiciones de iluminación cobran gran **importancia** debido a que estas condicionan el confort visual de docentes y estudiantes, el disconfort visual puede dar indicios de problemas de la visión, reducir la concentración.

La ejecución de este estudio es **factible**. Se cuenta con el equipo necesario para realizar las mediciones de iluminación. Existe personal técnico capacitado encargado de verificar la correcta ejecución de la investigación.

El estudio será de utilidad **teórica – práctica**, al final de este, se conocerá en qué condiciones de iluminación se ejecutan las actividades académicas y la percepción de sus ocupantes. Con estos conocimientos se propondrán correctivos para mejorar el sistema de iluminación.

Los **beneficiarios** directos serán los docentes, estudiantes y la Universidad Técnica de Ambato. Conocer el estado real de la iluminación permitirá a las autoridades generar un plan de acciones correctivas para mejorar las condiciones de

iluminación, que incrementará el desempeño de los estudiantes, facilitando el trabajo de los docentes.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Estudiar las condiciones de iluminación que inciden en el confort visual de los ocupantes de laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi.

1.4.2. Objetivo específico

- Evaluar las condiciones de iluminación en los laboratorios Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi.
- Determinar la percepción del confort visual de los ocupantes de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi.
- Generar una propuesta para mejorar las condiciones de iluminación de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativo

Existen varios estudios cuyo objetivo es establecer como las variables de un sistema de iluminación influyen en el confort visual de los ocupantes de un determinado espacio. A continuación se resumen los datos más relevantes encontrados.

En el artículo publicado por la revista *Energies* con el tema “Analysis of Occupants’ Visual Perception to Refine Indoor Lighting Environment for Office Tasks”, se evaluó los efectos de la temperatura del color y nivel de iluminación sobre la respuesta visual y el estado de ánimo. El entorno con 3000 °K se caracterizó por el resplandor y brillo, resultando en incomodidad visual con un nivel de iluminancia mayor que 500 luxes. Los ocupantes prefirieron 500 luxes bajo condiciones de 6500 °K, y entre 500 y 700 luxes para temperaturas de color de 4000 °K. Baja temperatura de color se asoció con un mejor estado de ánimo en los niveles de iluminación bajos, mientras que una mayor temperatura de color se prefiere a niveles de iluminancia más altas (Lee, Moon, & Kim, 2014).

Del trabajo titulado *Dynamic daylight simulation and visual comfort survey in Mediterranean climate. Case study in office building*. Publicado en el décimo tercera conferencia de la asociación internacional de simulación de rendimiento de edificios, se indica que se puede aumentar el uso de la luz natural y el confort visual, empleando un sistema de redirección de luz del día para lograr uniformidad y proporcionar luz natural en las salas más profundas. Una posible dificultad para mantener el confort visual es que los dispositivos de protección solar no trabajen,

no sean operados o no se consideren en el diseño (González, Ortiz, Salom, & Higuera, 2013).

Un estudio mexicano analizó el confort visual en un aula. Se encontró que el sistema lucernario es el que permite más aporte de luz natural con altos valores de uniformidad; caso contrario al sistema bilateral, mismo que obtuvo los niveles más bajos de iluminación y una pobre uniformidad en las zonas centrales. El sistema lucernario tiene la desventaja de presentar situaciones considerables de deslumbramiento. La luz cenital debe ser aprovechada, de manera que esta incida en forma indirecta o difusa en el espacio de trabajo (Robles, 2014).

Respecto al deslumbramiento, las fuentes deslumbrantes cercanas a la tarea tiene mayor incidencia en la sensación de deslumbramiento en comparación con las fuentes lejanas (Yamin, Colombo, Rodríguez, & Patitini, 2015).

Las deficiencias en la iluminación se pueden convertir en un discomfort para la ejecución de tareas, fomentar la aparición de sintomatología que afecta al desempeño y eficiencia de las tareas asignadas (Beltrán & Merchán, 2013).

2.2. Fundamentación filosófica

La presente investigación se enmarcará en un paradigma positivista. Este paradigma sustentará a la investigación que tiene como objetivo comprobar una hipótesis por medios estadísticos. Ramos (2015) considera que desde este paradigma se pueden determinar diferentes factores que se encuentran alrededor de un fenómeno de estudio, sean estos causales mediadores o moderadores. En el positivismo el investigador y el objeto de estudio son totalmente independiente, se debe controlar una posible interacción entre el investigador y el objeto de estudio, puesto que puede generarse un sesgo en su proceso investigativo. Los hallazgos basados en este paradigma son reales y generalizables para toda la población. Desde el paradigma positivista las respuestas a una pregunta de investigación son interesantes, siempre y cuando, se puedan realizar mediciones sobre el fenómeno de estudio (pág. 10).

2.3. Fundamentación legal

La presente investigación se respalda en un marco legal que contempla:

La Decisión 584, Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Artículo 4.- En el marco de sus Sistemas Nacionales de Seguridad y Salud en el Trabajo, los Países Miembros deberán propiciar el mejoramiento de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, a fin de prevenir daños en la integridad física y mental de los trabajadores que sean consecuencia, guarden relación o sobrevengan durante el trabajo.

El Decreto Ejecutivo 2393 para el mejoramiento del ambiente de trabajo, en su artículo 56 (Iluminación, Niveles Mínimos) numeral 1 indica que “Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos”. En su numeral 3 indica que “Se realizará una limpieza periódica y la renovación, en caso necesario, de las superficies iluminantes para asegurar su constante transparencia”.

En su artículo 57 (Iluminación artificial) numeral 1 establece que, “En las zonas de trabajo que por su naturaleza carezcan de iluminación natural, sea ésta insuficiente, o se proyecten sombras que dificulten las operaciones, se empleará la iluminación artificial adecuada, que deberá ofrecer garantías de seguridad, no viciar la atmósfera del local”.

El numeral 3 respecto a la uniformidad de la iluminación general se indica “La relación entre los valores mínimos y máximos de iluminación general, medida en lux, no será inferior a 0,7 para asegurar la uniformidad de iluminación de los locales”.

A nivel nacional no se ha generado normativa técnico-legal que regule la iluminación en espacios de educación, a ausencia de esta, tomamos como referencia la Norma Europea Sobre la Iluminación para Interiores UNE 12464.1

2.4. Red de categorías fundamentales

Figura 2 Red de inclusiones conceptuales

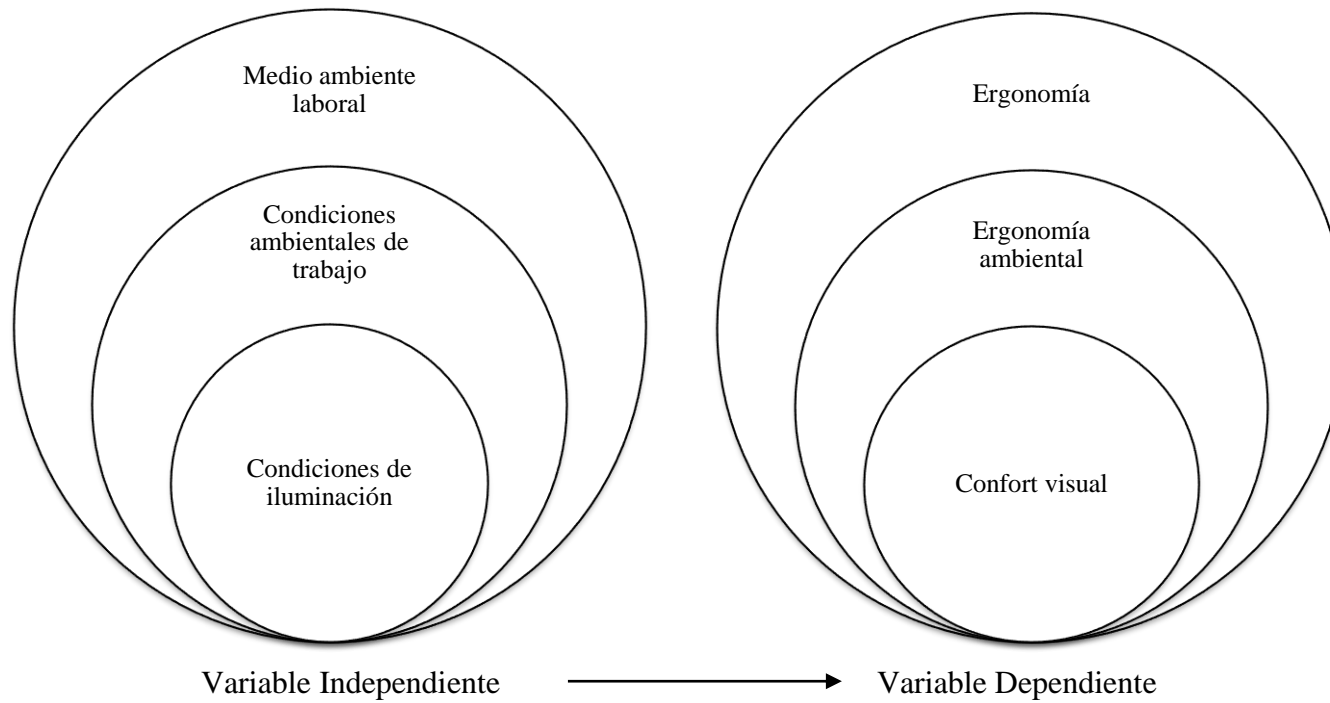


Figura 2. La red conceptual muestra los conceptos clave y la relación entre estos, ordenados jerárquicamente. Adaptado de *"Tutoría de la Investigación Científica"*, por Herrera, Arnaldo, & Naranjo, 2010.

Figura 3. Constelación de ideas de la variable independiente

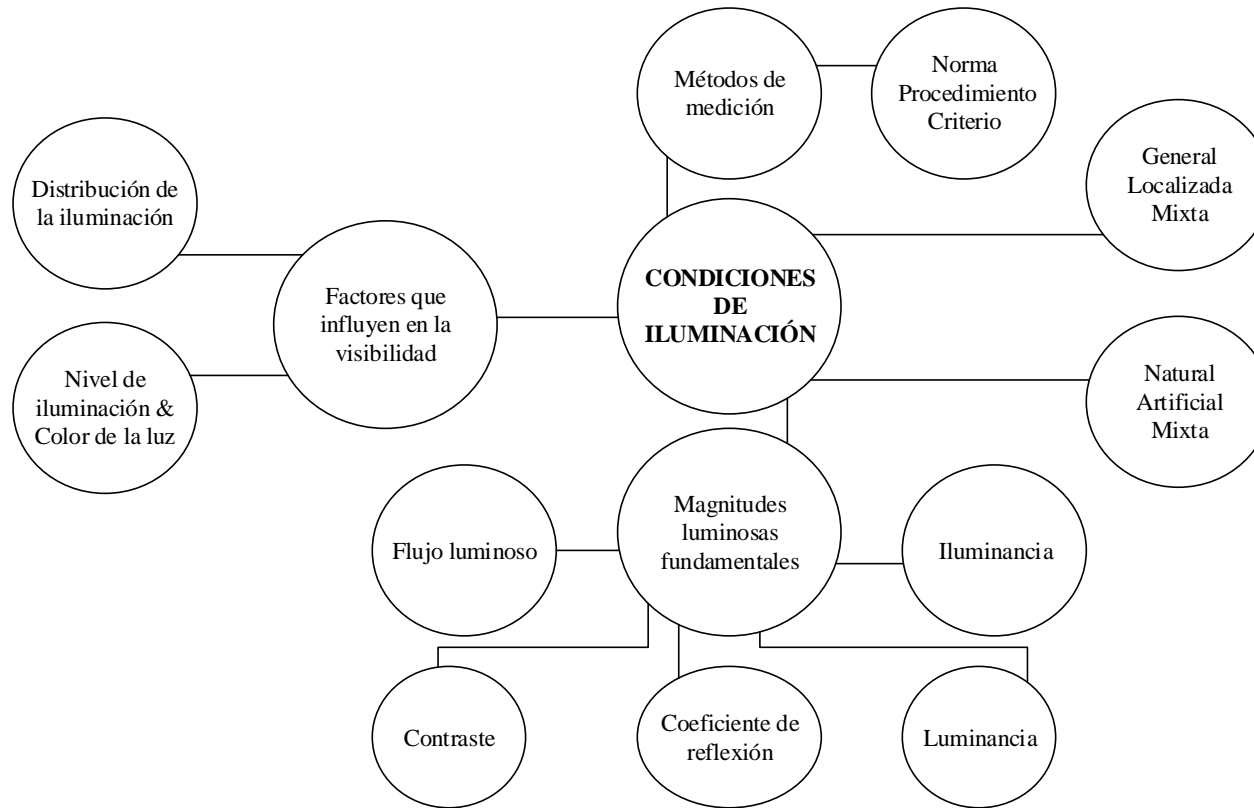


Figura 3. Subdivisión conceptual de la variable independiente (condiciones de iluminación). Adaptado de "Tutoría de la Investigación Científica", por Herrera, Arnaldo, & Naranjo, 2010.

Figura 4. Constelación de ideas de la variable dependiente

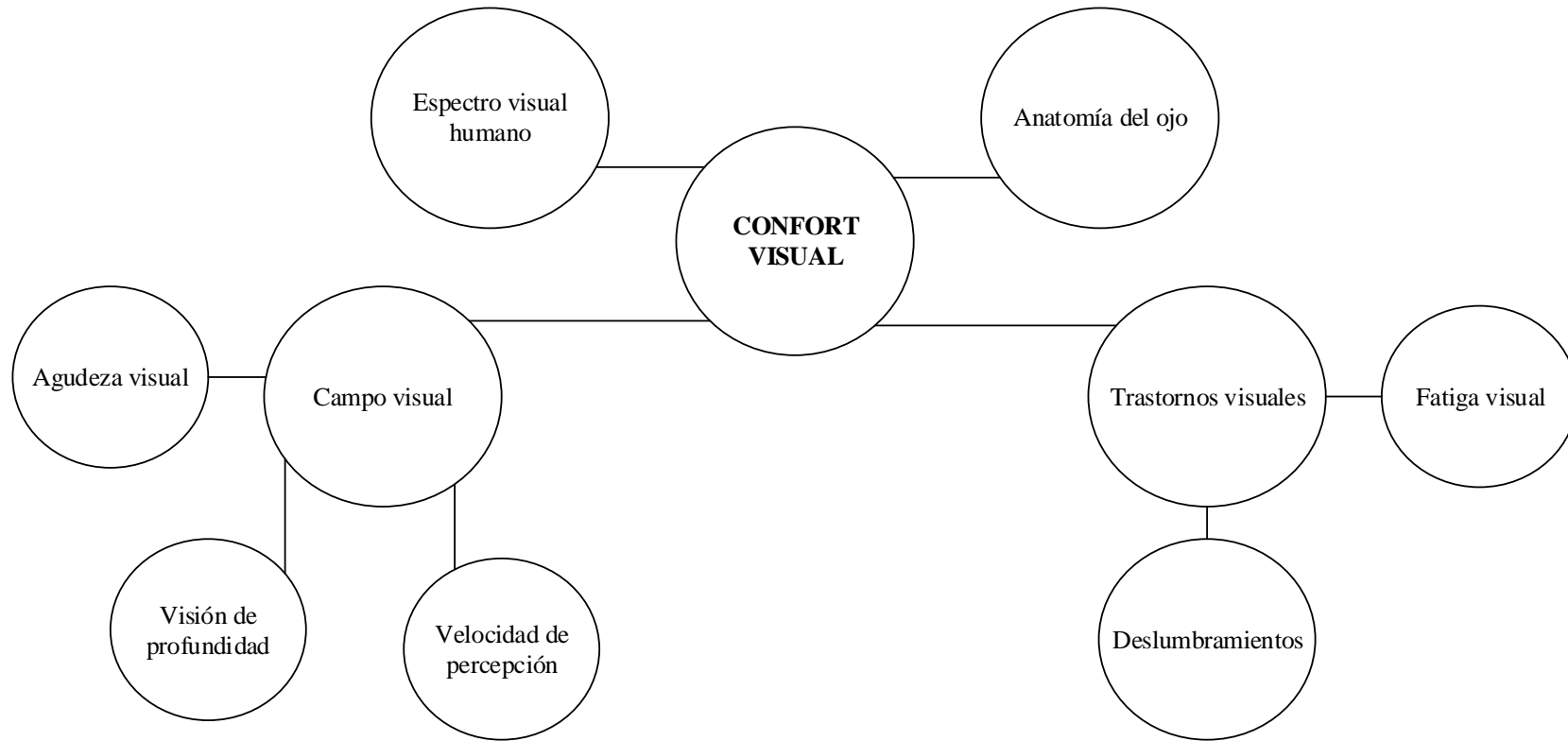


Figura 4. Subdivisión conceptual de la variable dependiente (confort visual). Adaptado de “*Tutoría de la Investigación Científica*”, por Herrera, Arnaldo, & Naranjo, 2010.

2.4.1. Condiciones de iluminación

La iluminación correcta del ambiente industrial permite al hombre, en condiciones óptimas de confort visual, realizar su trabajo de manera más segura y productiva. Por tanto todas las exigencias de iluminación deben ser tenidas en cuenta en el diseño, así como en el servicio de mantenimiento. La iluminación de los centros de trabajo debe ser natural; cuando esto no sea posible, se dispondrá de iluminación artificial o mixta, que resulte apropiada para la actividad que se desarrolle. En aquellos puestos de trabajo con alto riesgo de accidente de trabajo, se ha de intensificar la iluminación. Cuando se emplee iluminación artificial, se debe evitar los contrastes fuertes de luces y sombras; la iluminación debe ser uniforme en todas las zonas de trabajo y se debe evitar el uso de fuentes de luz que produzcan oscilaciones en la emisión de flujo luminoso (Jiménez, 2013).

Las condiciones de la iluminación de un centro de enseñanza debe cumplir con las normas de seguridad para personas y bienes, en especial las normas para equipos eléctricos, y permitir el uso racional de la energía promoviendo la mayor eficiencia energética posible. Se recomienda tener al menos tres criterios para iluminar un espacio de manera adecuada: color de iluminación, cantidad de luz, eficacia luminosa.

2.4.2. Iluminación

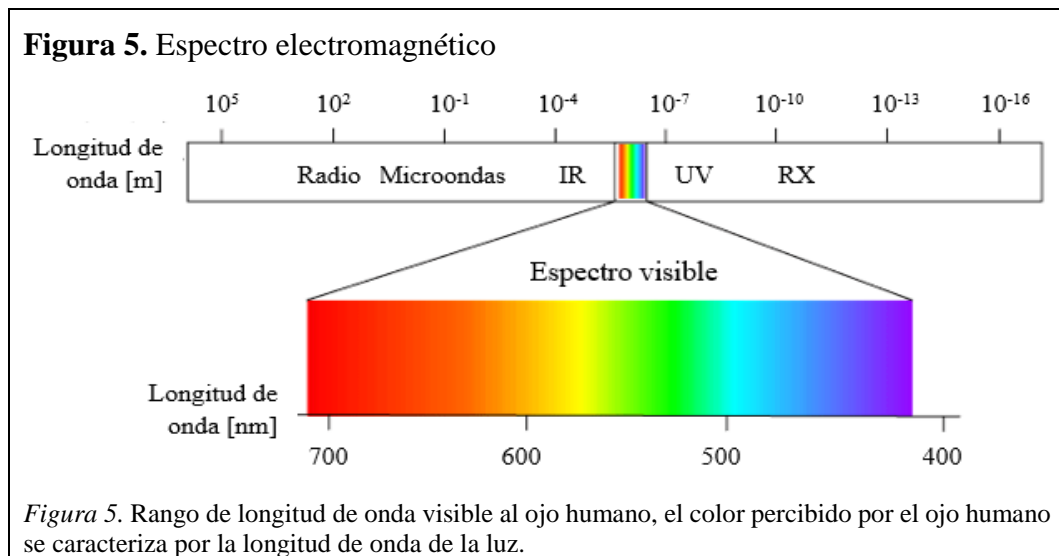
Iluminación, deriva del latín *illuminatio* y, es la acción y efecto de iluminar, alumbrar o dar luz a un objeto. Como iluminación también se conoce a conjunto de dispositivos que se instala en un área dada con la intención de afectarlo a nivel visual. Para definir las condiciones de iluminación de los lugares de trabajo es necesario conocer los siguientes conceptos relacionados a la luminotecnia (González D. , 2007):

- Características físicas de la luz.
- Magnitudes y unidades luminosas.
- Características de la radiación luminosa
- Leyes de la luminotecnia.

- Fundamentos del color.
- Sistemas de iluminación.

2.4.3. Características físicas de la luz

Myers (2008) indica que en términos científicos lo que llega a nuestros ojos no es el color sino ondas de energía electromagnética. Lo que vemos como luz visible es una pequeña porción de todo el espectro de radiación electromagnética.



La luz es una radiación electromagnética visible para el ojo. Esta radiación se la puede describir considerando dos modelos: corpuscular y ondulatorio.

En el primer modelo se considera que la luz está compuesta por fotones (partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética). En esta teoría propuesta por Newton, una corriente de partículas, emitida por una fuente luminosa, penetra en el ojo estimulando el sentido de la vista (Serway & Faughn, 2001). En el modelo ondulatorio la luz es caracterizada por su longitud de onda, intensidad y frecuencia.

Longitud de onda.- Distancia entre el vértice de una onda hasta el vértice de la siguiente, determina la tonalidad (el color que experimentamos).

Intensidad.- es la cantidad de energía de las ondas luminosas (determinada por la amplitud de onda o altura), influye en el brillo.

Frecuencia.- es el número de ondas en un espacio de tiempo.

2.4.4. Magnitudes y unidades luminosas

A continuación un repaso por las principales magnitudes de la iluminación, con sus respectivas unidades:

Flujo luminoso [Φ].- cantidad de luz emitida por una fuente luminosa durante una unidad de tiempo (segundo). Unidad: Lumen (lm). El lumen en el sistema métrico se define como la cantidad de flujo luminoso que incide sobre un metro cuadrado de la superficie de una esfera de un metro de radio y provista de una fuente colocada en su centro, que emite una candela en todas direcciones; el flujo emitido por una candela es 12,57 lúmenes (Henao, 2014).

Intensidad luminosa [I].- es el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido, en una dirección determinada. Unidad: candela (cd). “El ángulo sólido permite especificar el rango de direcciones en el espacio tridimensional que pueden ser tomadas desde un punto en el espacio hasta una superficie dada, su unidad es el estereorradián (sr)” (Boreman, 1999). La diferencia entre lumen y candela reside en que aquel es una medida de flujo luminoso, independiente de la dirección.

Iluminación o nivel de iluminación [E].- “es el flujo luminoso por unidad de superficie. Cuando la luz emitida por una fuente incide sobre una superficie se dice que esta se encuentra iluminada” (Henao, 2014). Su unidad es el lux (lm/m^2) y equivale a nivel de iluminación que produce un lumen distribuido en un metro cuadrado de superficie.

Luminancia o brillo fotométrico [B].- se define para una superficie en una dirección determinada, y es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie vista por un observador situado en la misma dirección (superficie aparente). Unidad: cd/m^2 . Pueden existir dos tipos de brillo: directo o emitido, corresponden a las fuentes luminosa; e indirecto o reflejado, concierne a los objetos iluminados.

Contraste.- Diferencia de la luz entre un objeto y su entorno o entre diferentes partes de un objeto.

2.4.5. Características de la radiación luminosa

El movimiento de corpúsculos, denominado fotones, que una fuente luminosa emite en todas direcciones, da origen a una radiación electromagnética, que puede transmitirse en el vacío, sólidos, líquidos y gases:

Propagación lineal.- los rayos luminosos se propagan en línea recta, cualquiera sea la fuente que la origine. Si la fuente es puntual, se propaga en infinitas direcciones a lo largo de sus radios divergentes (Arentsen, 1985).

Reflexión.- al chocar la luz sobre una superficie, rebota o se refleja manteniendo su velocidad y frecuencia. Si la superficie es perfectamente lisa es reflejada en el mismo ángulo en que llegó, pero en sentido opuesto. La reflexión puede ser de varios tipos: especular, difusa, difusa dirigida y mixta.

Tabla 1 *Valores de reflectancia*

Descripción	Reflectancia (%)
Techo	[80, 90]
Paredes	[40, 60]
Escritorios	[25, 45]
Pisos	20

Nota. Rangos de reflectancia no especular recomendadas para superficies. Adaptado de “*Riesgos Físicos II – Iluminación*,” por Henao, F., 2014, Bogotá: ECOE Ediciones.

Se define como factor de reflexión o reflectancia a la relación entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidente sobre ella. En el caso de superficies coloreadas puede variar el factor de reflexión para diferentes colores de luz (Henao, 2014). Pinturas oscuras de las superficies pueden reducir hasta un 30% la efectividad de una instalación luminosa, ver tablas 2 y 3.

Refracción.- cuando la luz penetra desde un medio transparente, ópticamente menos denso (aire) a uno menos denso (vidrio), ella pierde velocidad sin perder su frecuencia y se desvía.

Se llama índice de refracción a la desviación que experimenta un rayo luminoso al pasar de una substancia a otra y expresa la relación entre dos velocidades distintas.

Tabla 2 *Porcentaje de reflexión en diversos colores (aproximación)*

Color	(%)	Color	(%)
Negro	4	Verde claro	50
Gris	10	Azul pálido	58
Azul turquesa	15	Ladrillo claro	62
Rojo	17	Amarillo pálido	64
Gris plata	37	Yeso blanco	71
Azul cielo	40	Crema claro	76
Rosa salmón	44	Marfil	79
Cemento	45	Papel blanco	82

Nota. % = porcentaje de reflexión para algunos colores. Adaptado de “*Riesgos Físicos II – Iluminación*,” por Henao, F., 2014, Bogotá: ECOE Ediciones.

Tabla 3 *Porcentaje de reflexión en diversos colores (aproximación)*

Superficie reflectora	% luz reflejada
Carbonato de magnesio	[97, 98]
Espejos	[80, 90]
Plata vaporizada	[90, 95]
Aluminio vaporizado	[85, 92]
Aluminio alzak (especular)	[75, 85]
Aluminio pulido	[60, 70]
Cromo pulido	[60, 65]
Pasta blanca	[85, 92]
Pintura blanca (mate)	[75, 90]
Porcelana esmaltada	[60, 90]
Pintura de aluminio	[60, 70]
Pintura negra	[3, 5]

Nota. Adaptado de “*Riesgos Físicos II – Iluminación*,” por Henao, F., 2014, Bogotá: ECOE Ediciones.

Transmisión.- cuando los rayos pasan a través de materiales transparentes o translucidos, se dice que son transmitidos. El factor de transmisión es la relación entre la luz transmitida por un material y la luz que incide sobre este; el grado de difusión de los rayos depende del tipo y densidad del material. En la transmisión normal o regular (vidrio transparente) la dirección de la luz incidente no cambia.

Dispersión.- descomposición de la luz blanca en radiaciones de diversos colores. Desintegración de un rayo luminoso en su espectro.

2.4.6. Leyes de la luminotecnia

Ley de la inversa de los cuadrados.- esta ley indica que la iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia existente entre la fuente de luz y la superficie iluminada (Gac, 2014).

Ley del coseno.- la iluminación es proporcional al coseno del ángulo de incidencia x (ángulo formado por la dirección del rayo incidente y la perpendicular a la superficie).

2.4.7. Sistemas de iluminación

Los sistemas de iluminación se pueden clasificar teniendo en cuenta:

- Las características de las fuentes de luz empleadas.
- La direccionalidad del flujo luminoso.
- La distribución de la luz.

Clasificación según las características de las fuentes de luz empleadas:

Todo aquello capaz de producir luz constituye una fuente luminosa y, puede ser:

- Iluminación natural
- Iluminación artificial

2.4.8. Iluminación natural

La iluminación natural aprovecha la luz directa del sol. De acuerdo a (Llaneza, 2009), la iluminación natural es la mejor desde el punto de vista fisiológico y también la más económica en comparación con la luz artificial. Su principal inconveniente es su inestabilidad, en función de la estación, la hora del día y el tiempo atmosférico. Su valor va en función de la superficie acristalada.

El control de la iluminación natural se realiza a partir del diseño de los lugares de trabajo para garantizar una iluminación suficiente adaptada a las necesidades del personal y minimizando los inconvenientes como, el calor radiante del acristalamiento, el deslumbramiento o la contaminación sonora, etc. La luz solar se caracteriza por:

- Permanentes cambios de dirección.
- Probabilidad de ocurrencia (cantidad de días claros al año).
- La temperatura de color del sol directo es de cerca 3000 °K cuando el sol está en el horizonte, y 5800 °K con el sol próximo al cénit.

Tabla 4 *Valores referenciales de iluminancias y luminancias.*

Luminancias		Iluminancias	
Sol	150 000 cd/cm ²	Mediodía de verano al aire libre, con cielo despejado	100 000 lux
Cielo despejado	0.3 a 0.5 cd/cm ²	Mediodía de verano al aire libre, con cielo cubierto	20 000 lux
Cielo cubierto	0.03 a 0.1 cd/cm ²	Noche de luna llena	0.25 lux
Luna	0.25 cd/cm ²	Noche de luna nueva (luz de estrellas)	0.01 lux

Nota. Valores promedio de luminancia e iluminancias para algunas condiciones de luz natural. Adaptado de “*Ergonomía y psicología aplicada: Manual para la formación del especialista,*” Llana, J. (2009). Valladolid: Lex Nova.

Iluminación lateral.- Es el caso de un local iluminado por una ventana vertical. El factor de iluminación en un punto situado a 0.85 m sobre el suelo es el resultado de los siguientes parámetros:

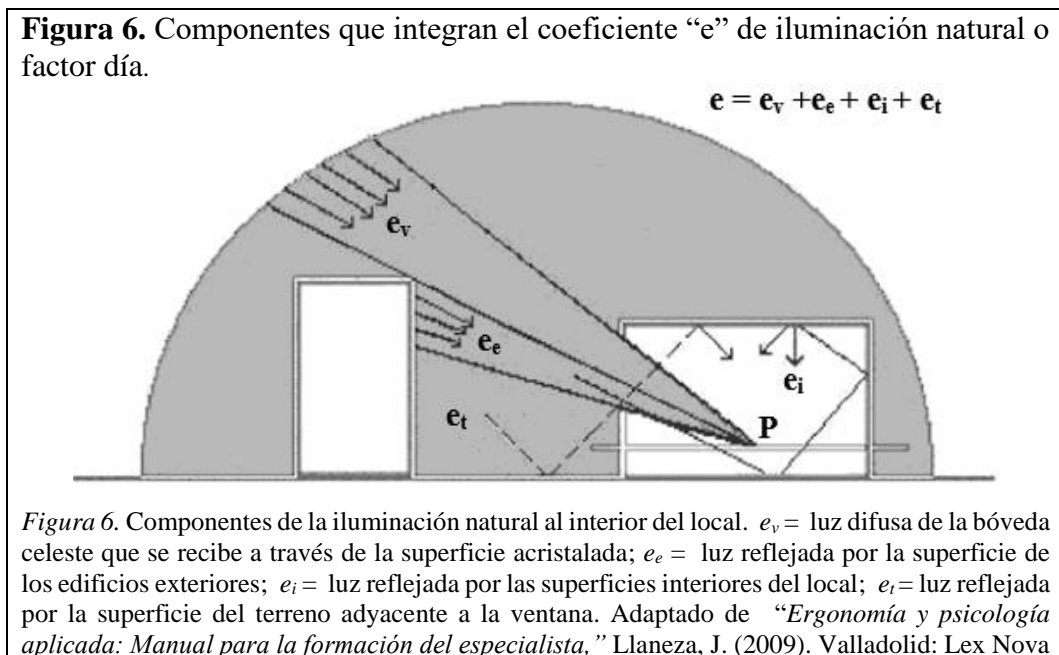
- Componente directa (luz que llega del cielo).
- Componente reflejada del exterior.
- Componente reflejada del interior (reflexión en las superficies del local).

El factor luz decrece a medida que se aleja de la ventana. La distribución depende de la forma de las ventanas. La iluminación lateral puede mejorarse con:

- Una ventana tan alta y ancha como sea posible, la altura del dintel reducida al mínimo de 0,30 m garantiza una importante penetración de luz natural.
- Un alfeizar de poca altura no aumenta la iluminación en el plano de trabajo pero puede provocar deslumbramientos. Por tanto, el borde inferior de la ventana no debe quedar por debajo del plano de trabajo.

Los puestos de trabajo no deben ubicarse de cara a la luz; esta debe venir por la izquierda (para un diestro) a fin de evitar cualquier sombra molesta sobre el plano de trabajo. Se puede disminuir la luminancia, la sobresaturación de luz y radiación térmica mediante la instalación de láminas adhesivas o persianas. Orientaciones de la iluminación natural:

- **Norte y sur:** iluminación uniforme toda la jornada. Energía calorífica aportada por los rayos solares inexistente, frío.
- **Este y oeste:** resulta difícil protegerse de los rayos solares por unos dispositivos fijos tales como los parasoles horizontales. Unos parasoles horizontales necesitan una orientación móvil para que sean eficaces.



Una buena iluminación natural exige unas superficies acristaladas importantes. Si bien, las grandes superficies acristaladas aumentan la iluminación directa en el local, disminuye la luz reflejada por su factor de reflexión prácticamente nulo.


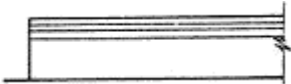

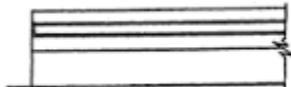

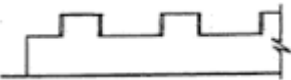



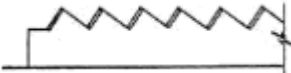
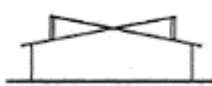

La iluminación natural en un punto interior, está determinado por distintos factores:

- El área de la ventana y su ubicación con relación al punto analizado.
- El coeficiente de transmisión del material de la ventana y su nivel de limpieza.
- Los parámetros físicos del local, en especial su profundidad, el color y acabado de las superficies interiores del local.
- La existencia de obstrucciones exteriores.
- El color de las superficies y distancia a que se encuentran los edificios aledaños. El color del terreno o superficie exterior adyacente a la ventana.

Iluminación cenital

Consiste en dejar en el plano de la cubierta un espacio hueco (horizontal, vertical o inclinado) sobre el que colocará un material transparente o cristalera. Cuando se aborda estas soluciones constructivas debe preverse los efectos negativos de la iluminación natural, como los deslumbramientos.

Tabla 5. *Distintos tipos de soluciones lucernarios*

Denominación	Sección transversal	Sección longitudinal
Lucernarios tendidos		
Linterna con lucernario central		
Linternas transversales con lucernario vertical		
Linternas con lucernario vertical		
Dientes de sierra		
Lucernarios verticales cubiertos paralelamente a las paredes.		

Nota. Adaptado de “Ergonomía y psicología aplicada: Manual para la formación del especialista,” Llana, J. (2009). Valladolid: Lex Nova.

2.4.9. Iluminación artificial

La iluminación artificial se considera como el conjunto de elementos físicos que permiten el funcionamiento de unos emisores de luz hacia espacios, superficies y objetos. La complejidad de los sistemas de iluminación depende de los requerimientos lumínicos, espacio, usuarios, actividades y capacidad técnica – económica. Los sistemas artificiales están formados por los siguientes elementos: luminarias, infraestructura metálica y eléctrica, y sistemas de regulación y control.

2.4.10. Clasificación de los sistemas lumínicos según la direccionalidad del flujo luminoso

Considerando el flujo que sale del sistema lumínico, la direccionalidad y su forma de incidir sobre el plano de trabajo tenemos sistemas: directos, indirectos y mixtos.

Sistemas directos.- El flujo luminoso que sale de las luminarias incide directamente sobre la superficie de trabajo, dirigen toda la luz sobre el elemento a iluminar. Sus principales características son:

- Sistema eficiente y económico, porque no se pierde energía por reflexión antes de incidir en el plano de trabajo.
- Se consigue fácilmente un elevado nivel de iluminación.

Sistemas indirectos.- El flujo luminoso se proyecta hacia un determinado elemento o superficie que actúa como receptor, este refleja la luz en dirección al plano de trabajo. Es frecuente la iluminación indirecta desde el techo tanto perimetral como central. Las principales características lumínicas son:

- Más costoso para necesidades de niveles de iluminación más elevados que con los directos.
- Reduce el deslumbramiento directo, pero hay que controlar el contraste de luminancias en las superficies reflectoras y no reflectoras.
- El resultado cromático de la iluminación depende del color de las superficies reflectoras.

Sistemas mixtos.- La luz llega al plano de trabajo simultáneamente de manera directa e indirecta. Comparten las principales ventajas e inconvenientes lumínicos de ambos sistemas.

2.4.11. Clasificación de los sistemas lumínicos según la distribución del flujo luminoso.

Cuando la luz sale de las fuentes e incide sobre una superficie define unos valores lumínicos máximos, mínimos y medio. La relación entre estos valores determinan la uniformidad lumínica y de acuerdo a estos los sistemas pueden ser: uniformes, localizados, mixtos.

Sistemas localizados.- Llamados también por proyección, se utilizan en áreas donde se conoce la ubicación de los puestos de trabajo, para proporcionar a cada uno de estos puestos el nivel de iluminación adecuado.

La iluminación localizada produce niveles de uniformidad muy bajos, pudiendo originar la aparición de unas zonas más oscuras que otras. Para reducir este efecto se recomienda utilizar luminarias que posibiliten que parte del flujo luminoso incida sobre el techo y la parte superior de las paredes. La luz reflejada de estas superficies es lo suficientemente difusa como para amortiguar las sombras. Las luminarias deben estar distribuidas de forma que la luz incida en los escritorios de forma lateral. Las principales características son:

- Los niveles de iluminación varían considerablemente en todo el espacio.
- El contraste lumínico dentro del campo visual es elevado, por lo cual se pueden provocar deslumbramientos por reflexión y contraste de luminancia.
- La modelización de figuras y objetos puede ser muy precisa.

Sistemas uniformes o generalizados.- También se los conoce por difusión. En estos espacios, los puestos de trabajo no están definidos previamente, por lo que la aplicación de este tipo de instalación en oficinas, o salas de control puede generar problemas de reflejos en las personas que utilicen pantallas de ordenador. Sus principales características lumínicas son:

- Todo el plano de trabajo tiene el mismo nivel de iluminación.
- Gran movilidad entre los puestos de trabajo.
- El deslumbramiento puede aparecer por contraste cromático de las superficies o por reflexiones.

La distancia entre luminarias no deberá exceder de una cierta proporción la altura de la fuente por encima del plano de trabajo.

Figura 7. Relación altura – separación luminarias.

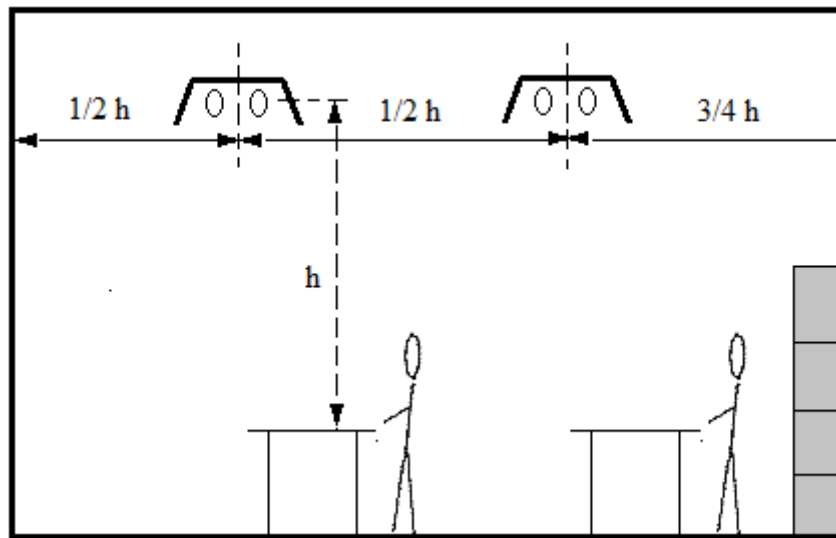


Figura 7. En caso de luminarias cerradas, de cajas o de reflectores abiertos, la relación entre la distancia y la altura no debe sobrepasar los valores presentados. h = altura desde la luminaria al plano de trabajo. Adaptado de “Manual de Ergonomía,” de Farrer, Minaya, Niño, & Ruiz, 1995.

Sistemas mixtos

La complejidad de los usos y actividades y que se desarrollan en los espacios de trabajo, hace que con frecuencia se combinen la iluminación uniforme con la localizada.

El desarrollo de la tecnología de regulación y control permiten una gran diversidad de escenas lumínicas incluso desde un mismo sistema. Para no producir un contraste elevado entre el puesto de trabajo y la periferia, la iluminación debe cumplir la siguiente relación.

Figura 8 Relación iluminación localizada vs iluminación uniforme

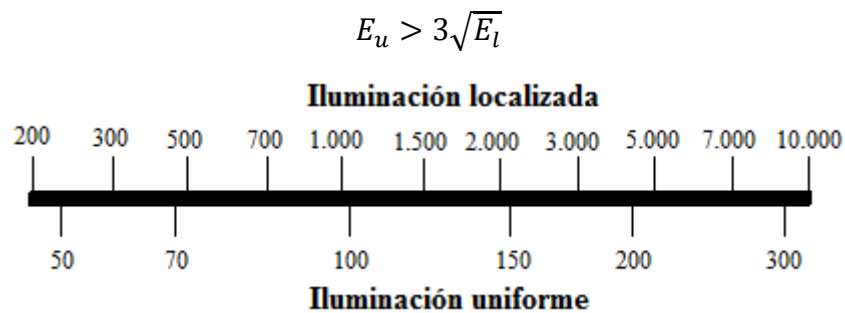


Figura 8. Relación entre la iluminación uniforme E_u no debe ser inferior a tres veces la raíz cuadrada de la iluminación localizada E_l . Adaptado de “*Manual de Ergonomía*,” de Farrer, Minaya, Niño, & Ruiz, 1995.

2.4.12. Sistemas especiales y específicos

Existen sistemas que cumplen misiones específicas dentro de un proyecto y otros que no se incluyen en el ámbito del diseño lumínico. Estos sistemas tienen por misión emitir luz en circunstancias de funcionamiento especiales o para la seguridad:

- Emergencia
- Señalización
- Reemplazo
- Seguridad y vigilancia
- Limpieza

2.4.13. Las luminarias

Según la EN 60598-1:2008 es “un aparato que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más lámparas y que incluye, excepto las lámparas propiamente dichas, todos los componentes necesarios para fijarlas protegerlas y, donde proceda, circuitos auxiliares, así como los medios necesarios para la conexión a la red eléctrica de alimentación”.

Están formadas por los siguientes elementos: armazón o carcasa, difusores o correctores, ópticas, protecciones, sistemas de fijación y orientación, sistemas de conexión eléctrica y electrónica.

2.4.14. Características luminotécnicas de las lámparas

Rendimiento óptico η_{LB} .- es el cociente entre el flujo real que sale del proyector Φ_L y el de las lámparas instaladas Φ_I . Todos los fabricantes suelen publicar varios datos técnicos de sus luminarias en los catálogos. Estos datos incluyen: rendimiento y ángulo de proyección, tipo de lámpara, diámetro de la lámpara ángulo nominal de proyección, flujo nominal, intensidad en dirección 0° . Un círculo con cruz significa que su funcionamiento es en cualquier posición.

Depreciación luminosa CL.- coeficiente de pérdida luminosa de la luminaria según el tipo, cualidades propias de los reflectores y difusores y el ambiente donde se instalan.

Tabla 6. *Coefficientes de depreciación de luminarias*

Tipo de luminaria	Ambientes sucios	Ambientes limpios
	(polvo, grasa, o con limpieza precaria)	(o con limpieza esmerada)
Herméticas	.85	.95
Cerradas y con filtro	.80	.90
Abiertas y ventiladas	.70	.75
Abiertas normales	.60	.75

Nota. Los ambientes sucios con polvo, grasa o limpieza precaria afectan el rendimiento de la luminaria.

Factor de mantenimiento, F_m .- Las condiciones de mantenimiento de una instalación de alumbrado son de alta importancia en el resultado final de un sistema de iluminación. Todos los elementos sufren a través del tiempo una degradación.

Las lámparas presentan pérdidas en el flujo luminoso por envejecimiento, acumulación de polvo, por efecto de la temperatura. Las pantallas difusoras y louvers pierden eficiencia. Las paredes y techos se ensucian y disminuye su poder reflectante.

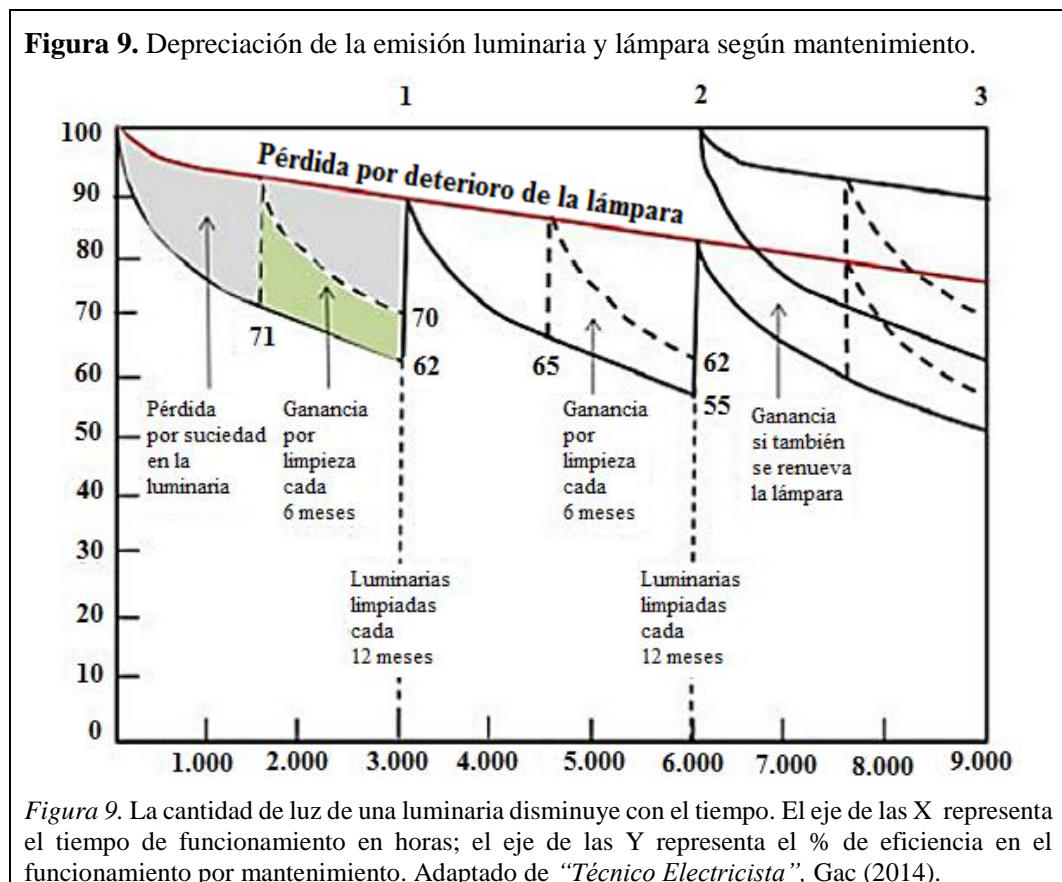
La IESNA (*Illuminating Engineering Society of North America*) considera ocho elementos para determinar el factor de mantenimiento, cuatro de ellos no controlables por los sistemas de mantenimiento y cuatro controlables.

Los no controlables son: la temperatura ambiente, la variación de la tensión, el factor de balasto y la depreciación de la superficie del artefacto de iluminación. Los controlables son: depreciación de las superficies del local por suciedad, depreciación por flujo luminoso de la lámpara, el reemplazo de las lámparas y depreciación del artefacto de iluminación por suciedad (Gac, 2014).

El factor de mantenimiento será 1 en condiciones óptimas y menor a 1 si las condiciones de funcionamiento empeoran. Para los locales limpios y aceptablemente conservados se adopta un valor de 0,8. Este valor se utiliza en el cálculo del flujo luminoso total, sobredimensionando la instalación asegurando que las pérdidas no hagan que el nivel de iluminación este por debajo del requerido.

Coefficiente de depreciación de la lámpara CI

La depreciación varía en función del tiempo y del mantenimiento que se haga. La limpieza cada 3000 horas disminuye la pérdida de luz.



Coefficiente de iluminación, Cu

Término que define el comportamiento que tendrá una luminaria en un determinado local, este valor está relacionado con el índice de local, el color y textura de las paredes.

Índice específico de luminancia

Las luminarias tienen un propio valor para el control de deslumbramiento, independiente de la posición y altura de montaje. La CIE clasifica al grado de deslumbramiento como: I limitado, II moderado, III intenso. La convención europea define valores de calidad con letras: A, B, C, D, E, y la S, que significa sin posible deslumbramiento.

2.4.15. Medición de iluminación (luxometría)

La Comisión Internacional de Iluminación CIE, por sus siglas en inglés, es una organización dedicada a la cooperación e intercambio de información relacionada con la iluminación. Las normas son producidas por la CIE y publicadas por la ISO.

Los instrumentos de medición “luxómetros” cuentan con sensores semiconductores que transforman la luz absorbida en corriente eléctrica. Para asegurar mediciones precisas los luxómetros de tipo fotocelular debe incluir corrección del coseno y de color.

Recomendaciones para garantizar la precisión en las mediciones

- Comprobar que el equipo este en cero cuando el sensor esté totalmente tapado.
- Comprobar el estado de la batería del instrumento.
- Verificar que el luxómetro cuente con un certificado de calibración vigente.
- En instalaciones con lámparas fluorescentes o descarga, se debe esperar un tiempo (alrededor de 15 minutos) hasta que estas estén totalmente calientes antes de proceder a realizar las mediciones.
- Mantener el sensor en paralelo al objeto medido.

- Posicionar el sensor con la mira al techo para medición de iluminación horizontal. Colocar el sensor a 0.85 metros del suelo para mediciones rutinarias, y de 0.20 metros para mediciones en lugares de tránsito.
- Evitar las sombras causadas por el evaluador, que puedan alterar los resultados.

Cantidad de puntos de medición

Para averiguar la iluminación media E_p de una habitación, es necesario dividir la zona en varios espacios iguales que deben ser lo más cuadradas posibles a modo de cuadrícula.

A continuación se mide el nivel de iluminación en el centro de cada cuadro E_i , y se promedian los resultados.

$$E_p = \frac{\sum E_i}{n}$$

El número mínimo de puntos de medición o *Índice de Local (Room Index, RI)* se los obtiene por:

$$RI = \frac{L \cdot W}{(L + W) \cdot H_m}$$

Donde L es la longitud, W es el ancho y H_m es la altura de montaje de las luminarias por sobre el plano de trabajo (Henao, 2014). Si se desconoce la altura del plano de trabajo, se puede tomar 0,85 m para bancos de trabajo y 0,72 m de altura para escritorios. Si el trabajo se realiza sobre el suelo, se toma el suelo como plano de trabajo.

Tabla 7 *Números de puntos de medición.*

RI	Número mínimo de puntos de medición
$RI < 1$	4
$1 \leq RI < 2$	9
$2 \leq RI < 3$	16
$3 < RI$	25

Nota. RI = índice de local. Adaptado de “Condiciones de iluminación en los centros de trabajo”, Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008.

También se puede calcular el número mínimo de puntos de medición a partir de la siguiente expresión:

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

Donde x es el valor del índice de local redondeado al entero superior, excepto que para todos los valores de RI iguales o mayores que 3, el valor de x es 4. Con la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición, pero las condiciones suelen requerir la utilización de un número de puntos superior a este mínimo (Guasch).

Al analizar la iluminación de un área de trabajo y su entorno inmediato, es preciso tener en cuenta la variancia de la luminancia o uniformidad de la iluminación. Sobre cualquier área de trabajo y su entorno inmediato, la uniformidad no deberá ser inferior a 0,8. El grado de uniformidad en el alumbrado de una superficie se comprueba con el valor:

$$\text{Uniformidad} = \frac{E_{\text{mín}}}{E_p}$$

2.4.16. Iluminación es establecimientos educativos

Las instalaciones de iluminación de un centro educativo, deben estar dotadas de sistemas que proporcionen un entorno visual confortable y suficiente, según las tareas y actividades que se desarrollan durante todo el periodo de enseñanza.

Aplicando criterios de calidad adecuados al diseño, instalación y mantenimiento de todos aquellos elementos que intervienen en la obtención de una buena iluminación, obtendremos los resultados de confort visual requeridos, todo esto garantizando la máxima eficiencia energética con mínimos costes de explotación. Una buena iluminación proporciona a los estudiantes y profesores, un ambiente agradable y estimulante, es decir, un confort visual que les permite seguir su actividad sin demandar de ellos un sobre esfuerzo visual, reduciendo el cansancio y los dolores de cabeza producidos por una iluminación inadecuada (Comité técnico AEN/CTN 72 iluminación y color , 2012).

Tabla 8 Niveles de iluminación para actividades educativas (extracto).

Tipo de interior, tarea actividad	E_p lux	UGR_L	R_a
Aulas de tutoría	300	19	80
Aulas para clases nocturnas	500	19	80
Salas de lectura	500	19	80
Mesa de demostraciones	500	19	80
Pizarra	500	19	80
Aulas de arte	500	19	80
Aulas de dibujo técnico	750	16	80
Aula de prácticas y laboratorio	500	19	80
Aulas de manualidades	500	19	80
Talleres de enseñanza	500	19	80
Aula de prácticas de informática	300	19	80

Nota: E_p = iluminación promedio, UGR_L = índice de deslumbramiento unificado, R_a = índice de reproducción cromática. Adaptado de “UNE-EN 12464-1 Iluminación de los lugares de trabajo,” por Comité técnico AEN/CTN 72 iluminación y color, 2012.

Se debe disponer de un equipo especial de regulación de flujo luminoso para la proyección de películas y dispositivas.

Figura 10. Distribución de luminarias en aulas

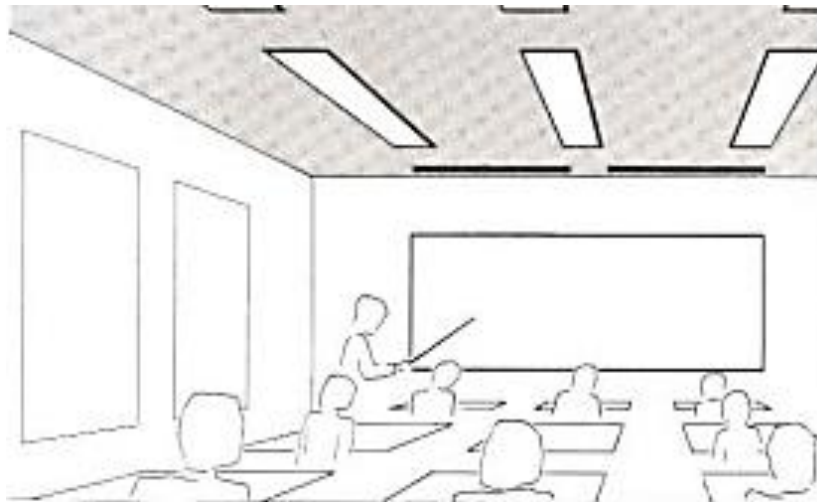


Figura 10. Disposición de luminarias en centros educativos para iluminación vertical y horizontal. Adaptado de “Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público”, Ministerio de minas y energía de Colombia, 2010.

Es importante que el diseño verifique la necesidad de proveer iluminación adicional al tablero, de ser el caso, se recomienda instalar un alumbrado localizado sobre la pizarra con una iluminación vertical de 750 luxes (Colombia, 2010).

Figura 11. Alumbrado para pizarra.

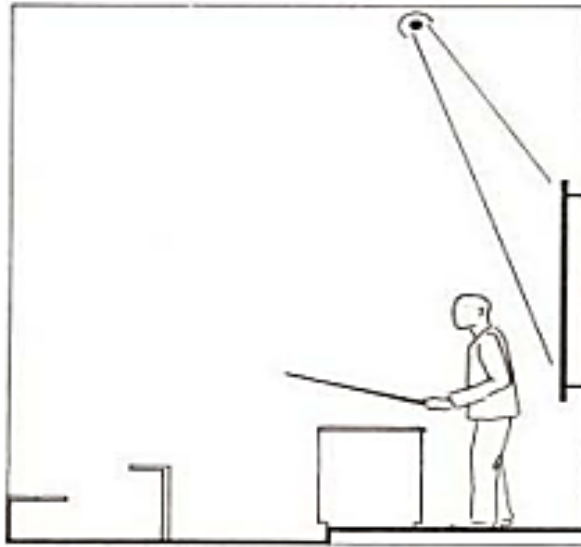


Figura 11. Luminaria con flujo direccional a la pizarra para garantizar el nivel de iluminación en el plano vertical. Adaptado de “Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público”, Ministerio de minas y energía de Colombia, 2010.

Se debe contar con un panel de control que permita encender y apagar los distintos grupos de luminarias, manejar el equipo de regulación de alumbrado. Estos espacios además deben contar con alumbrado de emergencia y señalización de las salidas.

Reflectancia

Las paredes, incluyendo tableros y armarios montados en la pared deben tener características no especulares con una reflectancia de entre el 40 y 60 %. Las persianas o cortinas y paredes deben ser de color claro con reflectancia similares. Las paredes adyacentes a las ventanas deben tener reflectancia no especular muy alta evitar relaciones de luminancia excesivas entre las ventanas y la superficie de la pared. La parte de la pared por encima del nivel de las luminarias debe tener una reflectancia mínima del 80%.

El techo debe ser aún más reflectante y no especular, debido a que en el techo se refleja la luz hacia abajo hacia las tareas en los planos de trabajo cuando se utiliza iluminación indirecta o mixta. Además se debe evitar diferencias de brillo entre el techo y las luminarias. Idealmente, el techo debe tener una luminancia mayor o

igual que la de las paredes laterales. En la práctica se acepta que la luminancia de las paredes laterales sea al menos la mitad de la del techo.

Figura 12. Reflectancias recomendadas para superficies en aulas.

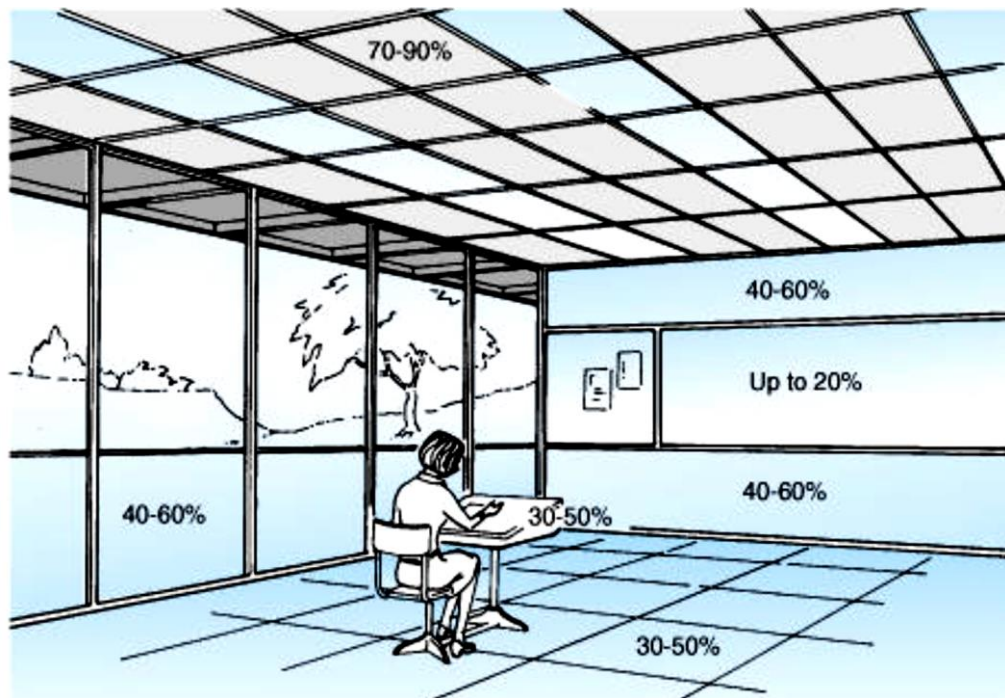


Figura 12. Valores de reflectancia no especular recomendadas para las superficies de aulas. Adaptado de "Lighting Handbook," por The IESNA, 2000.

Los suelos deben ser, como las demás superficies, no especulares. La reflectancia debe ser tan alta como sea posible, usando materiales para el suelo de fácil disponibilidad, con el objetivo de tener una reflectancia de alrededor del 25%. La reflectancia del suelo no es tan crítica como otras superficies, pero contribuye al ambiente del espacio y no debe ser pasada por alto (The IESNA, 2000).

2.4.17. Problemas comunes en la iluminación de centros educativos

En una instalación de alumbrado de un local destinado a un centro educativo, podemos encontrar una problemática específica, tal como:

- Luminarias que producen deslumbramientos directos o indirectos.
- Lámparas de temperatura de color y potencia inadecuada a la instalación, que tanto por defecto como por exceso, puede hacer indescifrable la

escritura realizada sobre un cuaderno escolar. (Comité técnico AEN/CTN 72 iluminación y color , 2012).

2.4.18. Confort visual

El confort visual o comodidad visual depende de la facilidad que nuestra visión tiene para percibir aquello que nos interesa. El primer requisito para tener confort visual es que la cantidad de luz (iluminancia) sea la suficiente que nos permita distinguir los detalles de lo que miramos. El segundo parámetro a considerar, es el deslumbramiento; este efecto molesto se produce por la presencia de una pequeña superficie con mucha claridad. El tercer parámetro en el confort visual es el color de la luz, el tipo de color de la luz representa, además de un factor de calidad en la percepción, un elemento de molestia o comodidad (Serra & Coch, 2001).

Para garantizar confort visual se debe considerar un factor adicional, el flicker conocido como parpadeo o efecto estroboscópico, que se define como la impresión subjetiva e la fluctuación de la luminancia. El flicker puede alterar el comportamiento y el ánimo de la persona que percibe la luz. El ser humano percibe de forma consciente frecuencias inferiores a 50 Hz. Resumiendo, los requisitos que un sistema de iluminación debe cumplir para proporcionar las condiciones necesarias para el confort visual son los siguientes:

- Iluminación uniforme;
- Iluminancia óptima;
- Ausencia de brillos deslumbrantes;
- Condiciones de contraste adecuadas;
- Colores correctos,
- Ausencia de luces intermitentes o efectos estroboscópicos.

Menéndez, y otros (2009) indican que, para que una actividad laboral se ejecute de manera correcta es necesario que la visión e iluminación se complementen. Para garantizar confort visual, además de las características del sistema de iluminación, se deben considerar otros factores que conforman el sistema de trabajo, los cuales

podemos agrupar como sigue: características del trabajador, atributos de la tarea y variables del puesto de trabajo

El diseño de los sistemas de iluminación se debe considerar el impacto ambiental y el coste de su implementación y operación. Los costes limitan la elección del sistema de iluminación. Se suele ser analítico en los costos de compra de equipos, pero los costos de operación y mantenimiento pueden superar los primeros.

Figura 13. Factores que influyen sobre el entorno y rendimiento visual.

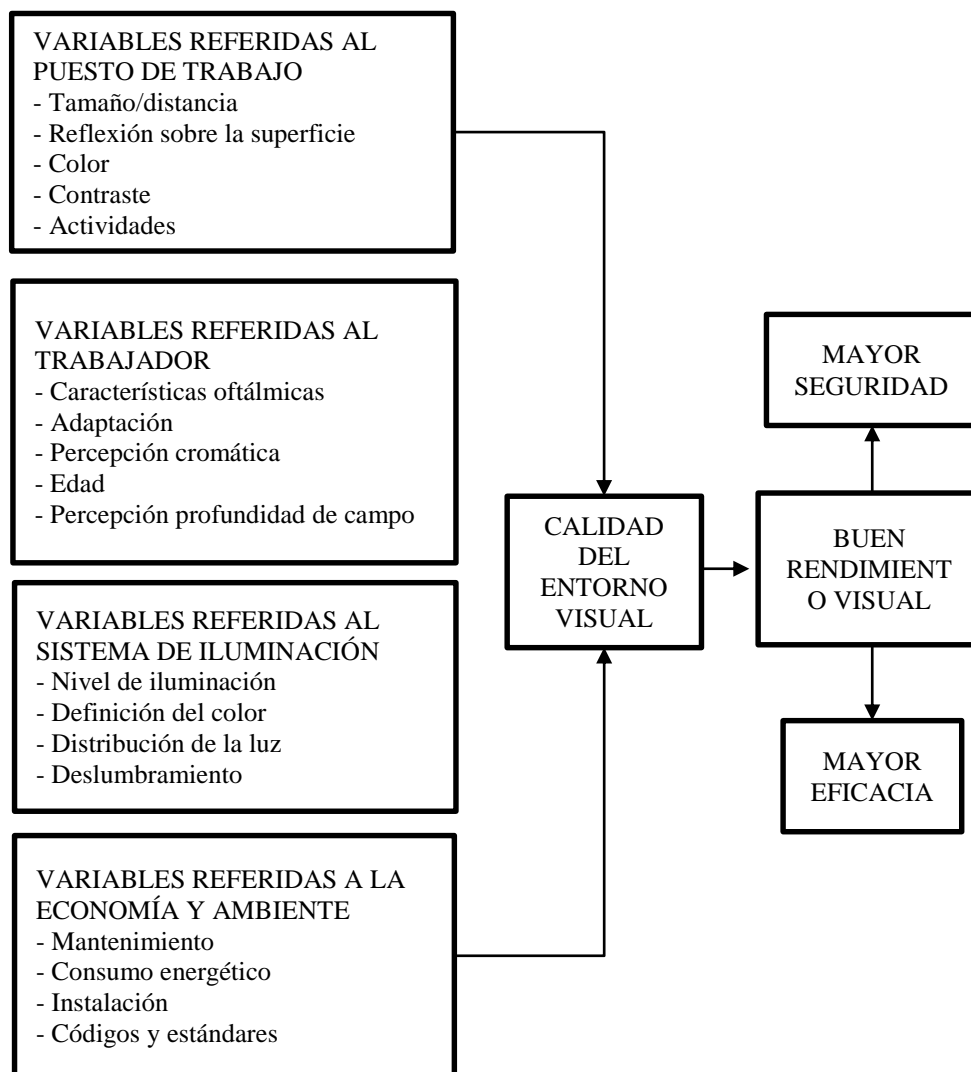


Figura 13. Clasificación de los factores que inciden en el rendimiento visual y sus consecuencias.

2.4.19. El ojo humano

De acuerdo a Myers (2008), la luz entra al ojo a través de la córnea, que lo protege y curva para proporcionar un foco. La luz pasa entonces a través de la pupila, una pequeña entrada ajustable. El tamaño de la pupila, y por lo tanto la cantidad de luz que ingresa en el ojo, es regulado por el iris, un músculo que rodea la pupila de color diferente en cada persona. El iris regula la entrada de luz mediante dilatación y contracción en respuesta a la intensidad de la luz incluso a las emociones internas. Detrás de la pupila está el cristalino que enfoca los rayos que ingresan para formar una imagen sobre la superficie sensible a la luz, invirtiendo una curvatura en un proceso denominado acomodación. La superficie interior sensible a la luz sobre la que se proyectan los rayos es la retina. Un tejido formado por varias capas.

En el trayecto de una partícula de energía luminosa dentro del ojo atraviesa la primera capa de células de la retina hasta llegar a los bastones y los conos. Los bastones receptores de la retina que detectan el negro, el blanco y el gris; son necesarios para la visión periférica y con poca luz. Los conos son células receptoras concentradas cerca del centro de la retina y que funcionan con la luz del día o en condiciones de buena iluminación, detectan los pequeños detalles y permiten la percepción de los colores.

La energía luminosa, al chocar con los bastones y los conos, produce cambios químicos que generan señales nerviosas. Estas señales activan las células bipolares, que a su vez activan las células ganglionares vecinas. Los axones de la red de células ganglionares convergen como los hilos de una cuerda para formar el nervio óptico que transporta la información al cerebro.

2.4.20. Parámetros visuales

Un grupo importante de aspectos a considerar en la percepción es el relacionado con el sujeto observador. Desde el punto de vista del diseño resulta complejo tener en cuenta aspectos psicológicos, emocionales o culturales. La naturaleza del ojo determinará los aspectos fisiológicos que son comunes a todos los observadores, a partir de los cuales se pueden fijar relaciones respecto de la iluminación y los

materiales. Para conseguir una óptima comodidad perceptiva se necesita un nivel suficiente de iluminación, un nivel máximo de luminancia, y una coherente calidad cromática de la iluminación ambiente.

Agudeza visual.- la acuidad, o agudeza visual es la capacidad para discriminar los más pequeños detalles de objetos muy próximos. Depende del nivel de iluminación y puede variar en función de factores lumínicos, psicológicos y fisiológicos como la luminancia ambiental, los colores, el estado psíquico, la edad (la agudeza visual de una persona de 60 años es del 75% de la de una de 20), causas genéticas o degenerativas (pequeñas distorsiones en la forma del globo ocular) (Folguera & Muros, 2013).

Adaptación.- capacidad de modificar el diámetro del iris según la luminancia recibida permite regular la intensidad de la respuesta en función de la magnitud del estímulo.

Acomodación.- capacidad de ajustar automáticamente la distancia focal cuando se miran objetos situados a distancias diferentes. Mediante la variación de la curvatura del cristalino podemos situar el objeto directamente sobre la retina.

Campo de la visión.- El campo visual se extiende unos 180° en el plano horizontal y unos 130° en el plano vertical, 60° por encima y 70° por debajo de la horizontal.

Figura 14. Campo de visión.

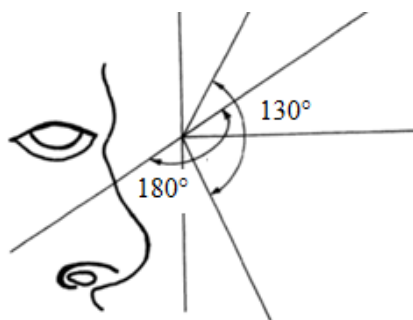


Figura 14. Campo de visión del ser humano. Adaptado de “*Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría,*” por Chapa, J., 2004.

Sensibilidad a los contrastes.- O diferencias entre iluminancias o luminancias es la capacidad que permite establecer las diferencias perceptivas dentro del campo

visual. La falta de contrastes, tanto de la iluminancia como de la luminancia, obliga al individuo a forzar la agudeza de la visión. Un excesivo contraste puede producir deslumbramiento, estado de la visión con molestias y dificultades perceptivas (Folguera & Muros, 2013).

2.4.21. Principales trastornos de la visión

Entre los trastornos más comunes podemos nombrar los siguientes:

Miopía.- el globo ocular deformado enfoca los rayos de luz procedentes de objetos lejanos delante de la retina. En esta enfermedad la percepción de los objetos cercanos es más clara que la de los objetos lejanos, una persona extremadamente miope no ve nada claro. Se requiere lentes divergentes para su corrección.

Hipermetropía.- es el defecto opuesto a la miopía. En este caso, los rayos de luz procedentes de objetos cercanos llegan a la retina antes de haber producido una imagen enfocada. Su corrección precisa del uso de lentes convergentes.

Astigmatismo.- por un defecto de la esfericidad del sistema de lentes del ojo, el haz de luz que lo atraviesa muestra una sección de haz elíptica que se alarga progresivamente hasta convertirse en una línea, en lugar de un punto, provocando que la imagen formada no esté constituida por puntos sino por líneas borrosas. Este tipo de trastorno requiere de un tratamiento especial de lentes en función del caso concreto diagnosticado.

Presbicia.- llamada también *vista cansada*, se produce por la pérdida de elasticidad del cristalino a causa de la edad con las consecuentes dificultades para la acomodación, perdiendo la capacidad para la visión de cerca, siendo necesario aumentar la distancia para enfocar. Este trastorno también puede a causa del estrés o del cansancio puntual.

Visión binocular.- se debe a un fallo en el equilibrio muscular de los ojos que suele compensarse con esfuerzo adicional de los músculos antagonistas. Cuando el sujeto siente cansancio o el trabajo visual es muy intenso, la convergencia es más complicada o se hace imposible y provoca visión doble.

Daltonismo o acromatismo.- incapacidad para distinguir los colores, siendo más frecuentes el verde y el rojo, resultado de deficiencias en la creación de opsinas.

2.4.22. Color.

Se conoce como color a la impresión que producen en la retina los rayos de luz reflejados y absorbidos por un cuerpo, el color percibido es el resultado de la interacción de diversos factores como:

- Características del objeto
- Características del entorno
- Características de la luz incidente
- Dirección del observador
- Adaptación del observador

El color propio de un objeto es el color de la luz reflejado por un objeto cuando se ilumina con una fuente de luz patrón. El color puro es la descripción de la luz en términos de cantidades de potencia radiante de las diferentes longitudes de onda del espectro visible (Folguera & Muros, 2013). La temperatura de color es el factor que permite conocer la luz de una fuente luminosa. La radiación visible en función de la temperatura absoluta (Menéndez, y otros, 2009).

Figura 15. Temperaturas de color.

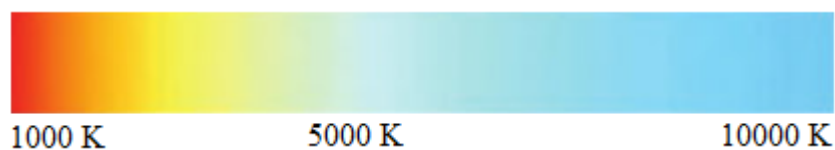


Figura 15. Color que alcanza un cuerpo negro una temperatura expresada en grados Kelvin. Adaptado de “Principios de color y holopintura,” por Valero, 2013.

Existe una relación entre el color de las fuentes de luz y los niveles de iluminación del espacio que determina la sensación psicológica de bienestar perceptivo. Según Kruithof, la iluminación con luz de tonalidades cálidas y temperaturas de color entre los 1800 °K y 2500 °K resultan agradables en ambientes intimistas, con niveles de iluminación entre los 10 lux y 200 lux. La iluminación con tonos fríos entre 3500°K

y 5500°K resulta válido para lugares donde se realicen actividades intelectuales y de trabajo con niveles entre 500 lux y 2000 lux (Folguera & Muros, 2013).

Los colores fríos son el verde, el azul verdoso, el azul y el violeta, y los colores cálidos son el amarillo, el naranja, el rojo y el púrpura. Los colores luminosos son el verde azulado, el verde, el amarillo y el naranja, y los oscuros el azul, el violeta, el purpura y el rojo.

El color de la luz y de las superficies que forman el espacio determinará finalmente la sensación cromática ambiental.

Figura 16. Experimento de Kruithof. Gráfica con las zonas de confort y disconfort

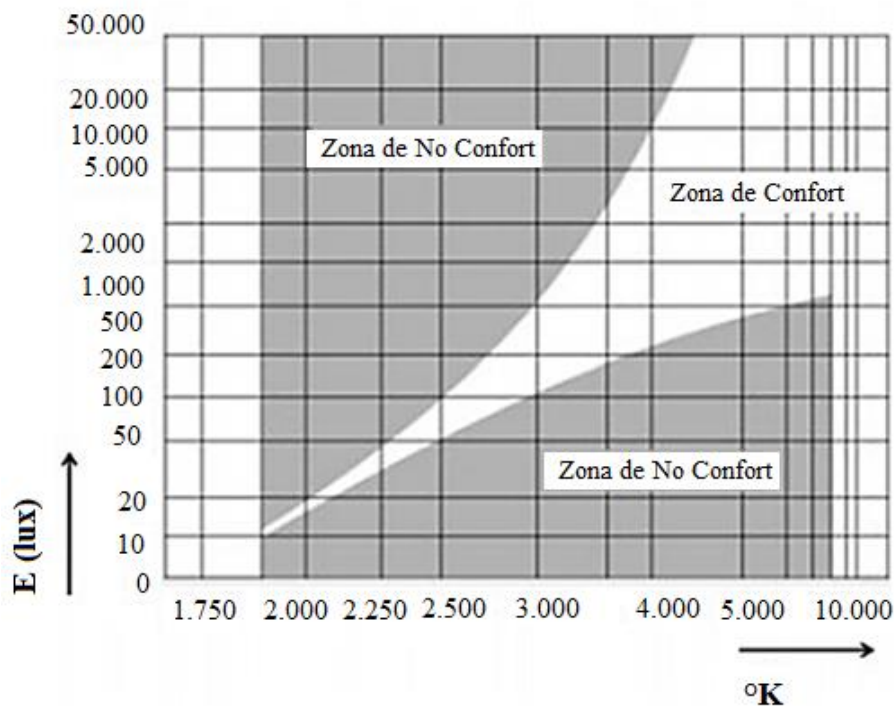


Figura 16. Experimento de Kruithof para predicción de confort, respecto al nivel de iluminación y temperatura de color. E = nivel de iluminación, $^{\circ}K$ = grados Kelvin. Adaptado de “La iluminación artificial es arquitectura,” por Folguera & Muros, 2013.

2.4.23. Efectos para la salud de una mala iluminación.

Al ejecutar las diferentes actividades en el trabajo, es frecuente fijar la mirada durante un tiempo continuado una zona, cambiar frecuentemente la distancia de

acomodación requiriendo realizar ajustes constantes, buscar detalles en zonas débilmente iluminadas o la necesidad de distinguir detalles muy finos o poco claros o los cambios frecuentes de iluminación al desplazarse entre zonas con distinta intensidad, etc. Ello puede tener como consecuencias la fatiga visual y deslumbramientos.

Fatiga visual.- es una de las molestias que se presentan con mayor frecuencia. Tiene un carácter temporal. Consiste en una disminución de la capacidad visual, de carácter reversible, debida a un esfuerzo excesivo del aparato visual. Es una forma de discomfort visual, los síntomas más relevantes son:

- Dificultad de convergencia.
- Ojos rojos.
- Lagrimeo.
- Visión doble.
- Cefaleas.
- Visión borrosa.
- Pesadez de los párpados.
- Sequedad de los ojos.
- Debilitamiento de la agudeza visual.

Deslumbramientos.- Henao (2014) menciona que deslumbramiento es cualquier brillo o diferencia de brillos que producen molestia e interferencia con la visión o fatiga visual. Para reducir su efecto a niveles aceptables se debe identificar su origen y conocer los factores que determina su aparición. Los factores determinantes del deslumbramiento son:

- **Brillo de la fuente.-** cuanto mayor sea este, superior será la molestia y la interferencia con la visión. El límite tolerable de brillo, para visión directa, es el producido por una luminancia de 2175 footlambert.
- **Posición de la fuente de iluminación.-** el deslumbramiento decrece rápidamente a medida que la fuente se aparta de la línea de visión. Si la

luminaria en el campo de visión produce mayor deslumbramiento que una montada por encima del ángulo de visión.

- **Contraste de brillo.-** cuanto mayor es el contraste de brillo entre una fuente y sus alrededores, mayor será el efecto de deslumbramiento; esto se traduce en la presencia excesiva de luz y sombras en el campo visual.
- **Tiempo.-** una exposición a la luz, que puede no ser molesta durante un corto espacio de tiempo, puede resultar muy incómoda y fastidiosa para una persona que tuviera que trabajar en tales condiciones durante toda la jornada.
- **Tamaño de la fuente.-** se refiere al ángulo subtendido por el ojo, eliminándose de esta manera el factor distancia (una gran superficie vista de lejos es más pequeña). Un área grande de bajo brillo puede ser tan molesta como otra pequeña de mayor brillo.

Fisiológicamente se pueden distinguir dos tipos de deslumbramientos:

- **Por velo:** producido por un punto luminoso sobre un fondo muy oscuro, como un faro en la noche, cuando la luz penetra en el ojo hace que veamos el punto luminoso envuelto de un velo o de rayos formando una cruz o una estrella.
- **Por adaptación:** se produce al adaptarse el ojo a la luminancia media de un campo visual donde hay valores muy variables de esta, con extremos que quedan fuera de la capacidad de adaptación visual.

Si consideramos la incidencia en el ojo del rayo de luz excesivo, se puede considerar la siguiente clasificación:

- **Directo:** aquel que incide en la fovea, también llamado incapacitante, ya que no permite ver prácticamente casi nada.
- **Indirecto:** puede perturbar la visión sin impedirla, y se llama también molesto o perturbador.

En otros casos la clasificación indirecta y directa, se utiliza para distinguir los deslumbramientos producidos por una fuente de luz, bien directamente, bien por reflexión en una superficie brillante (Serra & Coch, 2001).

2.5. Hipótesis

Las condiciones de iluminación inciden en el confort visual de los ocupantes de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi”.

2.6. Señalamiento de variables de la hipótesis

2.6.1. Variable independiente

Condiciones de iluminación.

2.6.2. Variable dependiente

Confort visual.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque

El presente estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo. Se busca generalizar los resultados. Para ello se acude a sistemas estadísticos de muestro que cuantitativamente sean representativos para poblaciones más amplias. Galeano (2004) considera que, la investigación cuantitativa parte de teorías aceptadas científicamente, que permiten formular hipótesis sobre relaciones esperadas entre variables que hacen parte del problema que se estudia. Continúa con el proceso de recolección de información con base en conceptos empíricos medibles, derivados de los conceptos teóricos con los que se construyen las hipótesis conceptuales. Luego se procede a analizar los datos, presentar los resultados y determinar el grado de significación de las relaciones estipuladas entre los datos (pág. 14).

3.2. Modalidad de la investigación

En la primera parte se aplica una investigación bibliográfica, para recabar el conocimiento de investigaciones ya existentes que sirva como punto de partida y sustento científico. Las fuentes consultadas son de alta credibilidad, se acude revistas indexadas, libros, normativa, legislación e investigaciones de instituciones de renombre.

Luego se recurre a una investigación de campo o in situ, para el estudio y recolección de información de la problemática en estudio, a través de metodologías previamente definidas y en una población específica.

Según Vargas (2009) la presente investigación también es de tipo aplicada, a través de esta se buscará la aplicación directa de los conocimientos en la práctica. La

investigación se orientará a la resolución del déficit de iluminación en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi, apoyado en las leyes y teorías generadas por la investigación básica.

Con esta investigación se aportará conocimientos de interés y no leyes. Conocimientos de las condiciones reales de iluminación en las que se desarrollan las actividades académicas en la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi, que permitan alcanzar la innovación técnica de las instalaciones de iluminación en los laboratorios.

3.3. Nivel o tipo de investigación

El presente estudio será de tipo correlacional. A través de este estudio cuantitativo-correlacional se tratará de medir el grado de relación entre las dos variables planteadas. Para esto se medirá cada variable presuntamente relacionada y después se analizará la correlación.

3.4. Población y muestra

Para poblaciones menores a 100 sujetos, se requiere estudiar a todos los individuos. Por esta razón la investigación se la realizará en todos los 69 laboratorios de pregrado de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi. Siendo este un estudio dentro del campo de la Seguridad y Salud Ocupacional se excluirá a los estudiantes para el análisis pertinente, y solo se considerará al personal en dependencia. En promedio un docente trabaja en cada laboratorio, se aplicará una encuesta para determinar el confort visual por cada laboratorio que se evalúe la iluminación.

Tabla 9 *Unidades de observación*

FACULTAD	LABORATORIOS	
CIENCIAS HUMANAS Y DE LA EDUCACIÓN	Laboratorio 1	Laboratorio 6
	Laboratorio 2	Laboratorio 7
	Laboratorio 3	Laboratorio 8
	Laboratorio 4	Gastronomía
	Laboratorio 5	

Tabla 9 *Unidades de observación (continuación)*

FACULTAD	LABORATORIOS	
CONTABILIDAD Y AUDITORÍA	Laboratorio 1	Laboratorio 6
	Laboratorio 2	Laboratorio 7
	Laboratorio 3	Laboratorio 8
	Laboratorio 4	
INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	TICS Mecánica	Neumática
	TICS 1 Civil	Procesos de fabricación
	TICS 2 Civil	Ensayo de materiales civil
	Automatización	Hidráulica
	Energías	Suelos
	Mecánica y soldadura	Química
	Mecanizado	Topografía
	Metalografía	
JURISPRUDENCIA Y CIENCIAS SOCIALES	Sala de audiencias	Radio
	Computación 1	Televisión
	Computación 2	
INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL	Arquitectura	Laboratorio 3
	CNC	Laboratorio 4
	Industrial 1	Laboratorio 5
	Industrial 2	Laboratorio 6
	Electrónica 1	Máquinas Eléctricas 1
	Electrónica 2	Máquinas Eléctricas 2
	Hidráulica	PLC
	Laboratorio 1	Redes
	Laboratorio 2	Robótica
CIENCIAS ADMINISTRATIVAS	Marketing y gestión de negocios 1	Organización empresas 1
	Marketing y gestión de negocios 2	Organización empresas 2
CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS	Análisis de bioquímica	TICS 1
	Análisis instrumental	TICS 2
	Cereales y oleaginosas	Bioingeniería y microbiología
	Física y electricidad	Procesamiento
DISEÑO, ARQUITECTURA Y ARTES	Físico-química	Química general
	Taller de confección	PC2
	PC1	PC3

Nota. Laboratorios de pregrado de la Universidad Técnica de Ambato campus Huachi, agrupados por facultades.

3.5. Operacionalización de variables

3.5.1. Variable independiente. Condiciones de iluminación

Tabla 10 Operacionalización de la variable independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas e instrumentos
Las condiciones de iluminación correctas del ambiente de trabajo permiten al hombre, en situaciones óptimas de confort visual, realizar su trabajo de manera más segura y productiva. La iluminación debe tener una intensidad acorde a las actividades, también debe ser uniforme en todas as zonas de trabajo, evitando los contrastes fuertes de luces y sombras.	Iluminación [E]	Nivel de Iluminación	¿Los laboratorios cumplen con el nivel de iluminación requerido por la normativa?	Luxometría Luxómetro y ficha de observación (<i>anexo I</i>).
	Uniformidad de iluminación	$E_{mín}/E_P \geq 0.7$	¿Existe uniformidad en la iluminación de los laboratorios?	

Nota. $E_{mín}$, nivel de iluminación mínima; E_p , nivel de iluminación promedio; E_{max} , nivel de iluminación máxima. Adaptado de “*Tutoría de la Investigación Científica*”, por Herrera, Arnaldo, & Naranjo, 2010.

3.5.2. Variable dependiente. Confort visual

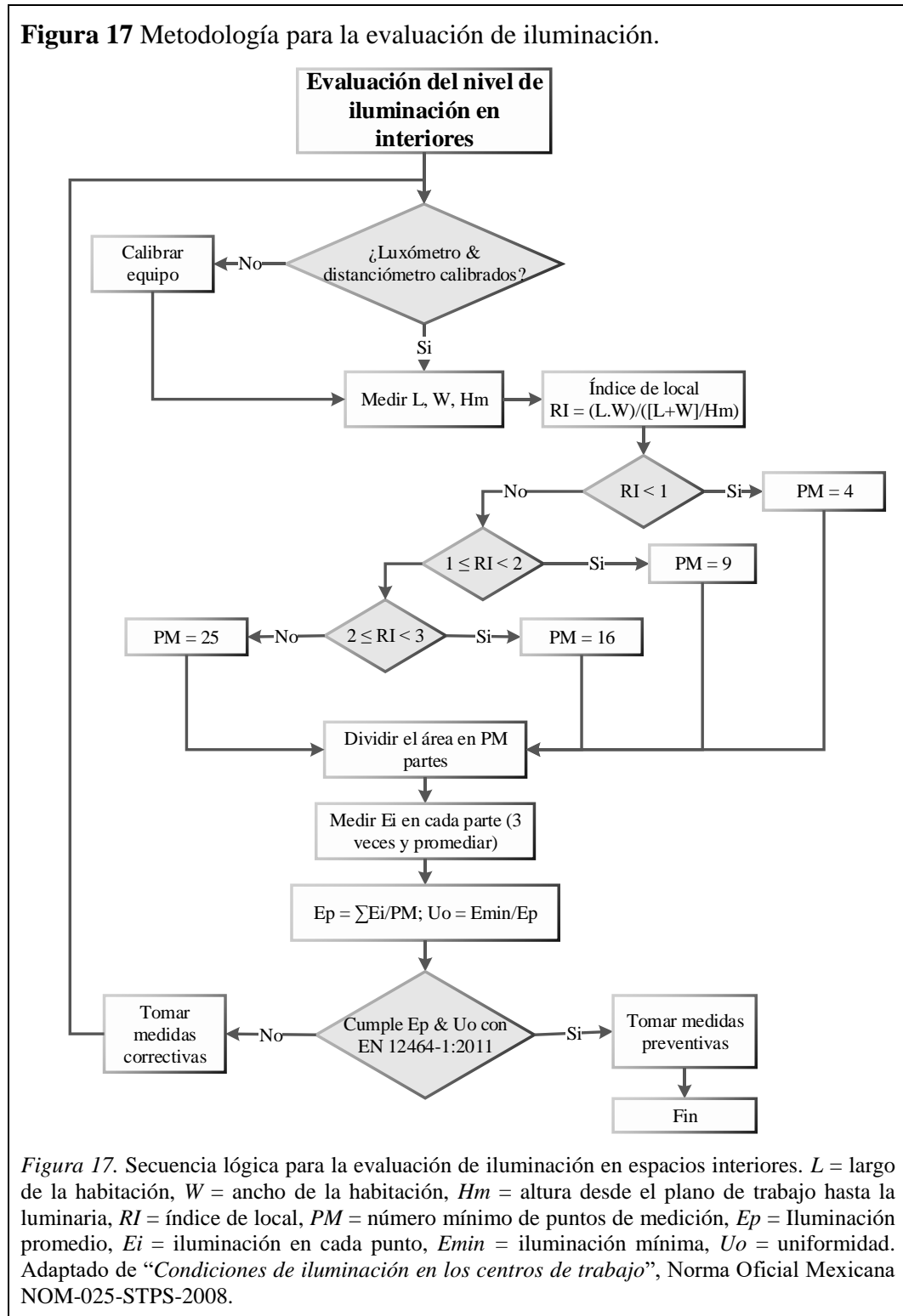
Tabla 11. *Operacionalización de la variable dependiente.*

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas e instrumentos
El confort o comodidad visual es una impresión subjetiva relacionada con la cantidad, distribución y calidad de la luz.	Calidad de la luz	Conformidad con el sistema de iluminación.	¿Cómo considera la iluminación en su puesto de trabajo?	
La comodidad visual se alcanza cuando los objetos se pueden ver claramente, en ausencia de molestias visuales, sin cansancio y en un ambiente agradablemente coloreado.	Cantidad de luz	Percepción de nivel de iluminación.	¿Si usted pudiera hacer cambios en la iluminación para estar más cómodo que haría?	Encuesta Cuestionario (<i>Anexo 3, encuesta para la evaluación subjetiva INSHT</i>)
	Molestias visuales	Presencia de molestias	¿Presenta alguna molestia visual después de la jornada laboral?	

Nota. Cuestionario del Instituto Nacional de Higiene en el Trabajo de España para la evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo. Adaptado de “*Tutoría de la Investigación Científica*”, por Herrera, Arnaldo, & Naranjo, 2010.

3.6. Recolección de información

A través de la metodología mexicana, se recolectará la información del nivel de iluminación de los distintos laboratorios seleccionados:



La medición se realizará en horarios de clase comprendidos entre las 8:00 a 17:00 horas; con luz natural, artificial o mixta, que dependerá de las características de cada laboratorio.

Posterior a las mediciones se aplicará encuestas a los usuarios de los laboratorios en estudio. A través de las encuestas se determinará de manera subjetiva la percepción de confort visual que los ocupantes tienen respecto a cada laboratorio.

Tabla 12. Preguntas de cuestionario de evaluación subjetiva.

Ítem	Pregunta	Respuesta
1	Considera usted que la iluminación en su puesto de trabajo es:	a. Adecuada. b. Algo molesta. c. Molesta. d. Muy molesta.
2	Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener:	a. Más luz. b. Sin cambio. c. Menos luz.
3	3. Si durante o después de la jornada laboral nota alguno de los síntomas siguientes, señálelo:	a. Fatiga en los ojos. b. Visión borrosa. c. Sensación de velo. d. Vista cansada. e. Picor de ojos. f. m. Pesadez en los párpados

Nota. Preguntas para determinar la percepción de confort de los ocupantes de los laboratorios. Adaptado de “Cuestionario para la evaluación y condicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo,” por la INSHT.

Tabla 13. Cuadro de recolección de la información.

Preguntas básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación.
2. ¿De qué personas u objetos?	Docentes Ayudantes
3. ¿Sobre qué aspectos?	Indicadores (Matriz de Operacionalización de variables)
4. ¿Quién, quienes?	Investigador
5. ¿Cuándo?	Segundo semestre del 2016
6. ¿Dónde?	Laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato campus Huachi
7. ¿Cuántas veces?	Dos veces por laboratorio
8. ¿Qué técnicas de recolección?	Entrevista Luxometría
9. ¿Con qué?	Luxómetro, ficha de observación Cuestionario estructurado
10. ¿En qué situación?	Clases comprendidas entre las 8:00 y 17:00 horas

3.7. Procesamiento y análisis de la información

Los datos recolectados con la metodología señalada en el apartado anterior, 3.6 recolección de la información, serán clasificados y tabulados para cada espacio evaluado.

De manera general en la luxometría se sugiere:

- Registrar los datos en la Ficha de Luxometría.
- Registrar con evidencia fotográfica el estudio.
- Tabular de datos recolectados.
- Corregir los datos atípicos.
- Analizar e interpretar los datos.

De igual manera para determinar el confort visual se sugiere:

- Identificar a los estudiantes y docentes a ser evaluados.
- Dar una breve inducción del propósito de la encuesta.
- Aplicar las encuestas.
- Tabular la información recolectada.
- Corregir los de datos atípicos.
- Analizar e interpretar los datos.

Una vez procesado los datos se debe verificar la asociación o interdependencia entre las variables de la hipótesis planteada. Finalmente se debe redactar las conclusiones halladas con el presente estudio.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Evaluación subjetiva de los sistemas de iluminación de los laboratorios.

En general, los laboratorios cuentan con sistemas de iluminación mixta (natural - artificial) general. En todos los laboratorios se han instalado lámparas fluorescentes. No se cuenta con un programa de mantenimiento y limpieza. Allí las lámparas se cambian cuando estas se funden, y no se ha podido hallar evidencia de cuándo fue la última vez que se limpiaron las pantallas y difusores.

Figura 18. Estado de funcionamiento de las luminarias.



Figura 18. Presencia de luminarias fundidas, sin pantallas ni difusores, con presencia de polvo.

En el caso del sistema de iluminación natural, parece ser que no ha sido considerado que la luz solar directa y los altos brillos y contrastes pueden causar malestar visual. No existe un criterio uniforme en el uso de elementos de control para la luz solar, en ciertos casos se puede encontrar cortinas, persianas verticales u horizontales, e incluso hojas de periódico.

Figura 19. Elementos de control de luz solar.



Figura 19. Persianas verticales para control de luz solar en laboratorios de la facultad de Ingeniería en Sistemas. Ausencia de algunas láminas en la persiana; conjunto comando, cadena de control y varilla de deslizamiento averiadas. Posible deslumbramiento por diferencia de contrastes de la ventana con el entorno.

Figura 20 Incidencia de luz solar directa.



Figura 20. La ausencia de controles de iluminación natural, puede dar origen a deslumbramientos y reflejos molestos sobre las superficies de trabajo.

En casi todos los casos la iluminación natural es mal aprovechada, pues se opta por obstruir la entrada de esta para evitar brillos molestos, incrementando el uso de la iluminación artificial lo que origina una mayor demanda energética.

Figura 21. Derroche de iluminación natural



Figura 21. Fotografía tomada a las 16:00 en un laboratorio de informática, las cortinas se encuentran totalmente cerradas, restringiendo el aporte de iluminación natural. Exigiendo el empleo de todas las luminarias, como consecuencia existe un aumento del consumo energético.

Improvisar los espacios para actividades que no fueron diseñados, dificultan alcanzar los niveles de iluminación requeridos.

Figura 22. Espacios oscuros para uso de proyector



Figura 22. Para la visualización nítida de imágenes proyectadas se requiere apagar las luminarias para reducir el nivel de iluminación, dificultando el desempeño de las actividades académicas. Las imágenes se proyectan sobre la pizarra, con alta reflectancia especular. Estas condiciones potencia la aparición de deslumbramientos y molestias a los ojos.

4.2. Análisis e interpretación del nivel de iluminación (luxometría)

La medición del nivel de iluminación se desarrolla siguiendo la metodología descrita en la figura 17 del apartado 3.6 de este documento, la recolección de la información se la realiza en la ficha para luxometría descrito en el anexo 2.

A continuación se desarrolla paso a paso la medición realizada en el laboratorio 1 de la facultad de Ciencias Humanas y de la Educación. Los datos de partida se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 14. *Datos de partida para la evaluación de iluminación*

LABORATORIO	FECHA	HORA	TIPO	FUENTE	VENTANA	L [M]	A [M]	Hm [M]
LABORATORIO 1	20/5/2016	10:40	Mixta	Descarga	Cerrada	8.4	5.6	1.9

Nota. La *fecha* y *hora* corresponden al momento de realización de las mediciones; el *tipo* de iluminación puede ser natural, artificial o mixta; la *fuentes* puede ser incandescente, descarga o Led; el término *ventana* se refiere a si está abierta (paso de luz natural) o cerrada (obstrucción de luz natural); *L*= largo del laboratorio en metros, *A*= ancho del laboratorio en metros y *Hm*= altura de montaje.

Con los datos anteriores calculamos el índice de local *RI* para definir los puntos de medición:

$$RI = \frac{L \cdot A}{(L + A) \cdot Hm}$$
$$RI = \frac{8.4 \cdot 5.6}{(8.4 + 5.6) \cdot 1.9}$$
$$RI = 1.77$$

El valor obtenido se lo compara con la tabla 7 de este documento, y tenemos el valor de 9 puntos mínimos de medición. Ahora se debe dividir la superficie del local en estudio en 9 partes.

Luego con ayuda del luxómetro se procede a medir el nivel de iluminación en el centro de cada parte. Se debe dejar el sensor del luxómetro por algunos segundos hasta que se estabilice la medida. Se registran los valores máximos y mínimos por tres ocasiones y se promedian las mediciones de cada punto.

Figura 23. Croquis del laboratorio 1 de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación.

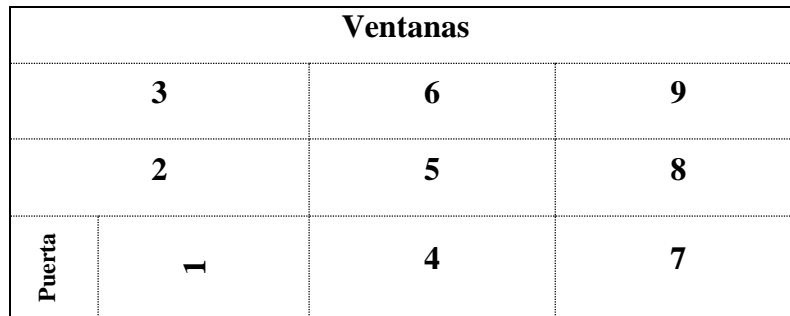


Figura 23. Croquis del laboratorio en estudio. Ancho 5.6 metros, largo 8.4 metros, altura de montaje 1.9 metros. Dividido en 9 partes de acuerdo al valor de índice de local.

Tabla 15. *Recolección de datos de medición.*

Punto	Lectura 1		Lectura 2		Lectura 3		Promedio
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	
1	333	333	335	334	336	336	334.5
2	365	360	360	360	365	361	361.8
3	528	528	531	530	535	535	531.2
4	327	327	334	331	333	332	330.7
5	344	342	345	341	340	333	340.8
6	434	419	433	432	433	431	430.3
7	274	272	284	283	283	282	279.7
8	355	350	353	352	354	352	352.7
9	407	406	426	422	424	423	418.0
						Ep	375.52

Nota. Los datos recolectados están en luxes. *Ep* iluminación promedio.

Finalmente calculamos la uniformidad U , esta es igual a la división del valor mínimo de un punto de medición para la iluminación promedio Ep .

$$U = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{279.7}{375.52}$$

$$U = 0.74$$

A continuación se presenta el resultado de los datos recogidos, para mayor detalle ver *anexo 2, medición del nivel de iluminación en los laboratorios del campus Huachi*

Cálculo de la incertidumbre.- en metrología, es una cota superior del valor de la corrección residual de la medida. Se calcula con la desviación estándar, s .

$$s = \sqrt{s^2}$$

$$s^2 = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \bar{y})^2}{n - 1}}$$

Tabla 16. *Cálculo de la desviación estándar de la muestra.*

PM	Y _i	\bar{Y}	Y _i - \bar{Y}	(Y _i - \bar{Y}) ²	(Y _i - \bar{Y}) ² /n-1	s
1	334.5	375.52	-41.02	1682.82		
2	361.8	375.52	-13.72	188.30		
3	531.2	375.52	155.68	24235.57		
4	330.7	375.52	-44.82	2009.03		
5	340.8	375.52	-34.72	1205.63	5478.63	74.02
6	430.3	375.52	54.78	3000.60		
7	279.7	375.52	-95.82	9181.90		
8	352.7	375.52	-22.82	520.85		
9	418.0	375.52	42.48	1804.36		
$\bar{Y}=375.52$				$\Sigma=43829.08$		

Nota. PM = puntos de medición, Y_i = medición en cada punto, \bar{Y} = promedio, n = PM, s = desviación estándar

El valor de la desviación estándar también se la puede calcular de Excel con la función *DESVESTA*.

De esta manera el valor final de la medición quedaría:

$$E_p = 375.52 \pm 74.02$$

Tabla 17. Evaluación del nivel de iluminación en laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato.

LABORATORIO	RI	PM	Ep [lux]	Er [lux]	CUMPLIMIENTO Ep > Er	Emáx	Emin	Emin/Ep	UNIFORMIDAD Emin / Ep=>0,8
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y DE LA EDUCACIÓN									
Laboratorio 1	1.77	9	375.52 ± 74.02	500	No cumple	531.20	279.70	.74	Uniforme
Laboratorio 2	1.88	9	392.84 ± 49.67	500	No cumple	471.50	313.00	.80	Uniforme
Laboratorio 3	1.98	9	151.01 ± 70.19	500	No cumple	235.70	41.30	.27	No uniforme
Laboratorio 4	1.92	9	203.00 ± 58.06	500	No cumple	283.70	104.30	.51	No uniforme
Laboratorio 5	1.75	9	368.10 ± 233.32	500	No cumple	889.70	125.80	.34	No uniforme
Laboratorio 6	1.75	9	359.61 ± 18.87	500	No cumple	403.20	340.80	.95	Uniforme
Laboratorio 7	1.97	9	193.80 ± 43.79	500	No cumple	264.70	103.20	.53	No uniforme
Laboratorio 8	1.89	9	250.03 ± 47.33	500	No cumple	331.00	176.00	.70	Uniforme
Gastronomía	3.52	25	344.06 ± 321.19	500	No cumple	1302.80	66.30	.19	No uniforme
FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORIA									
Laboratorio 1	2.33	16	317.84 ± 175.34	500	No cumple	462.70	169.50	.53	No uniforme
Laboratorio 2	1.99	9	318.32 ± 76.01	500	No cumple	436.30	209.80	.66	No uniforme
Laboratorio 3	2.40	16	328.49 ± 109.98	500	No cumple	505.20	164.20	.50	No uniforme
Laboratorio 4	2.38	16	360.69 ± 82.75	500	No cumple	506.50	233.00	.65	No uniforme
Laboratorio 6	2.33	16	335.67 ± 187.30	500	No cumple	543.80	181.70	.54	No uniforme
Laboratorio 7	2.38	16	427.98 ± 238.20	500	No cumple	632.20	181.80	.42	No uniforme
Laboratorio 8	2.42	16	420.74 ± 151.77	500	No cumple	661.00	151.50	.36	No uniforme
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
Tics mecánica	2.26	16	821.04 ± 419.78	500	Cumple	1000.70	665.30	.81	Uniforme
Tics 1 civil	1.62	9	377.16 ± 80.51	500	No cumple	498.30	225.00	.60	No uniforme
Tics 2 civil	1.58	9	371.27 ± 100.30	500	No cumple	576.70	225.70	.61	No uniforme

Tabla 17. Evaluación del nivel de iluminación en laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato (continuación).

LABORATORIO	RI	PM	Ep	Er	CUMPLIMIENTO Ep > Er	Emáx	Emin	Emin/Ep	UNIFORMIDAD Emin / Ep=>0,8
Automatización	2.26	16	581.20 ± 250.61	500	Cumple	1184.70	274.70	.47	No uniforme
Energías	0.77	4	1956.03 ± 355.98	500	Cumple	2410.00	1577.70	.81	Uniforme
Mecánica y soldadura	1.89	9	361.30 ± 132.61	500	No cumple	629.00	214.00	.59	No uniforme
Mecanizado	0.98	4	1131.10 ± 438.96	500	Cumple	1759.00	735.00	.65	No uniforme
Metalografía	1.66	9	1447.78 ± 782.52	500	Cumple	2106.70	684.00	.47	No uniforme
Neumática	1.92	9	1477.33 ± 531.52	500	Cumple	2400.00	927.70	.63	No uniforme
Procesos fabricación	1.44	9	2046.64 ± 1229.73	500	Cumple	4946.70	1034.30	.51	No uniforme
Ensayo materiales civil	1.01	9	428.08 ± 113.91	500	No cumple	590.00	281.70	.66	No uniforme
Hidráulica	1.02	9	1469.81 ± 1697.78	500	Cumple	6003.30	293.30	.20	No uniforme
Suelos	1.19	9	1749.56 ± 1208.82	500	Cumple	3530.00	332.30	.19	No uniforme
Química	1.99	9	585.07 ± 282.69	500	Cumple	995.30	293.00	.50	No uniforme
Topografía	1.40	9	353.06 ± 339.19	500	No cumple	1075.00	128.30	.36	No uniforme
FACULTAD DE JURISPRUDENCIA Y CIENCIAS SOCIALES									
Computación 1	2.06	16	557.04 ± 93.81	500	Cumple	718.70	423.00	.76	Uniforme
Computación 2	2.14	16	519.74 ± 65.23	500	Cumple	622.00	419.30	.81	Uniforme
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL									
Arquitectura	1.64	9	199.40 ± 44.24	500	No cumple	293.00	157.70	.79	Uniforme
CNC	1.78	9	228.18 ± 50.06	500	No cumple	300.70	157.00	.69	No uniforme
Industrial 1	1.95	9	117.69 ± 52.85	500	No cumple	197.00	18.00	.15	No uniforme
Industrial 2	2.16	16	165.82 ± 49.39	500	No cumple	266.00	76.70	.46	No uniforme
Electrónica 1	2.39	16	171.49 ± 90.91	500	No cumple	287.00	27.70	.16	No uniforme
Electrónica 2	1.73	9	175.56 ± 42.42	500	No cumple	256.00	122.30	.70	Uniforme
Hidráulica	1.86	9	215.68 ± 55.35	500	No cumple	283.00	115.70	.54	No uniforme
Laboratorio 1	1.65	9	262.27 ± 59.08	500	No cumple	377.70	186.70	.71	Uniforme
Laboratorio 2	1.63	9	246.84 ± 60.49	500	No cumple	406.30	212.30	.86	Uniforme

Tabla 17. Evaluación del nivel de iluminación en laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato (continuación).

LABORATORIO	RI	PM	Ep	Er	CUMPLIMIENTO Ep > Er	Emáx	Emin	Emin/Ep	UNIFORMIDAD Emin / Ep=>0,8
Laboratorio 3	1.44	9	377.59 ± 264.22	500	No cumple	1058.70	232.30	.62	No uniforme
Laboratorio 4	1.40	9	240.77 ± 18.76	500	No cumple	261.30	210.00	.87	Uniforme
Laboratorio 5	1.32	9	280.38 ± 84.13	500	No cumple	478.30	201.30	.72	Uniforme
Laboratorio 6	1.48	9	276.60 ± 60.60	500	No cumple	364.70	191.30	.69	No uniforme
Máquinas eléctricas 1	1.41	9	186.21 ± 59.58	500	No cumple	322.00	139.00	.75	Uniforme
Máquinas eléctricas 2	2.03	16	424.84 ± 219.78	500	No cumple	526.00	322.00	.76	Uniforme
PLC	2.00	9	203.27 ± 24.85	500	No cumple	247.00	173.70	.85	Uniforme
Redes	1.66	9	172.03 ± 31.36	500	No cumple	236.00	143.70	.84	Uniforme
Robótica	2.21	16	178.41 ± 73.41	500	No cumple	364.00	88.30	.49	No uniforme
FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS									
Marketing 1	2.49	16	667.86 ± 481.69	500	Cumple	1830.70	223.30	.33	No uniforme
Marketing 2	1.58	9	921.12 ± 540.10	500	Cumple	2072.20	400.70	.44	No uniforme
Empresas 1	1.58	9	434.70 ± 84.50	500	No cumple	607.70	331.20	.76	Uniforme
Empresas 2	1.58	9	499.56 ± 32.05	500	No cumple	530.80	451.30	.90	Uniforme
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS									
Análisis de bioquímica y alimentos	2.16	16	659.66 ± 352.13	500	Cumple	1393.50	313.00	.47	No uniforme
Análisis instrumental	1.84	9	668.61 ± 130.19	500	Cumple	898.50	505.30	.76	Uniforme
Cereales y oleaginosas	1.00	4	226.63 ± 21.64	500	No cumple	703.70	206.00	.91	Uniforme
Física y electricidad	1.63	9	748.79 ± 102.60	500	Cumple	898.80	627.30	.84	Uniforme
Físico-química	2.22	16	808.44 ± 401.69	500	Cumple	1701.00	320.50	.4	No uniforme
Tics 1	1.65	9	345.14 ± 44.13	500	No cumple	396.80	258.20	.75	Uniforme
Tics 2	1.64	9	354.32 ± 39.32	500	No cumple	404.20	271.30	.77	Uniforme
Bioingeniería y microbiología	2.14	16	1781.94 ± 1373.6	500	Cumple	4528.30	499.30	.28	No uniforme

Tabla 17. Evaluación del nivel de iluminación en laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato (continuación).

LABORATORIO	RI	PM	Ep	Er	CUMPLIMIENTO Ep > Er	Emáx	Emin	Emin/Ep	UNIFORMIDAD Emin / Ep=>0,8
Procesamiento	2.11	16	275.50 ± 69.13	500	No cumple	399.00	139.50	.51	No uniforme
Química general	1.70	9	596.53 ± 242.04	500	Cumple	922.80	356.80	.60	No uniforme
FACULTAD DE DISEÑO, ARQUITECTURA Y ARTES									
Taller de confección	2.15	16	3734.38 ± 2521.77	500	Cumple	8733.30	1344.70	.36	No uniforme
PC1	1.62	9	414.46 ± 65.35	500	No cumple	546.00	319.70	.77	Uniforme
PC2	1.64	9	440.63 ± 49.39	500	No cumple	499.70	371.70	.84	Uniforme
PC3	1.62	9	417.16 ± 71.45	500	No cumple	534.00	314.00	.75	Uniforme

Nota. RI = índice de local, PM = número mínimo de puntos de medición, Ep = nivel de iluminación promedio, Er = nivel de iluminación requerida, Emáx = iluminación máxima, Emin = iluminación mínima. Los valores de iluminación requerida y uniformidad son tomados de la tabla 5.36 establecimientos educativos de la UNE-EN 12464-1 Iluminación de los lugares de trabajo.

La Norma Europea EN 12464-1:2011, además del nivel de iluminación, requiere que se cumpla el criterio de uniformidad.

Figura 24. Cumplimiento del nivel de iluminación & uniformidad.

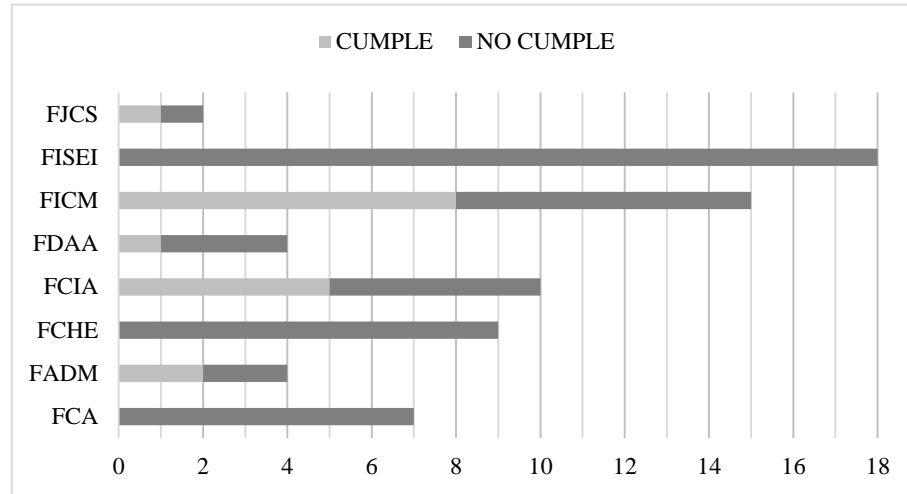


Figura 24. Cantidad de laboratorios que cumplen con los criterios de nivel de iluminación y uniformidad establecido en la EN 12464-1:2011, agrupados por facultad. *FJCS* = Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, *FISEI* = Facultad de Ingeniería en Sistemas, *FICM* = Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, *FDAA* = Facultad de Diseño, *FCIA* = Facultad de Alimentos, *FCHE* = Facultad de Ciencias Humanas, *FADM* = Facultad de Administración, *FCA* = Facultad de Contabilidad y Auditoría.

En general, un alto porcentaje de laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato no cumple con el nivel de iluminación requerido.

Figura 25. Porcentaje de laboratorios que cumplen el nivel de iluminación y uniformidad

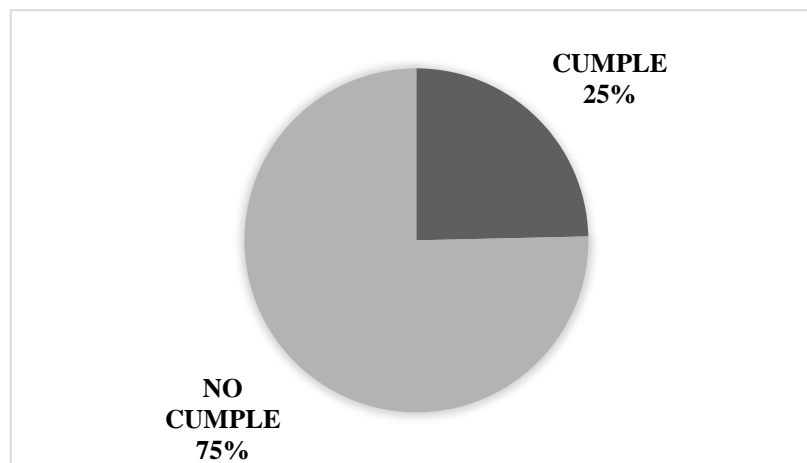


Figura 25. Se evaluaron un total de 69 laboratorios en el campus Huachi de la Universidad Técnica de Ambato, la mayor parte, 52 de estos que representan el 75%, no alcanzan el nivel de iluminación (500 lux) y uniformidad de .8, requeridos en la UNE-EN 12464-1:2012.

Existe una diferencia significativa entre la iluminación de los laboratorios de las distintas facultades.

Figura 26. Iluminación promedio en los diferentes laboratorios.

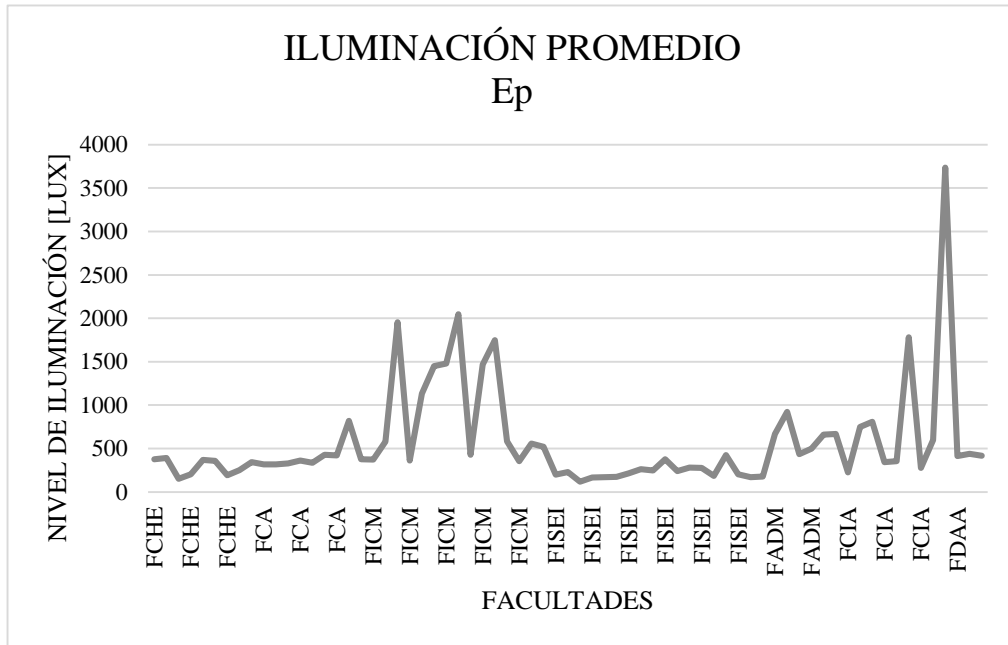


Figura 26. Iluminación promedio de los laboratorios del campus Huachi de la Universidad Técnica de Ambato. *FJCS* = Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, *FISEI* = Facultad de Ingeniería en Sistemas, *FICM* = Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, *FDAA* = Facultad de Diseño, *FCIA* = Facultad de Alimentos, *FCHE* = Facultad de Ciencias Humanas, *FADM* = Facultad de Administración, *FCA* = Facultad de Contabilidad y Auditoría.

4.3. Análisis e interpretación percepción de las condiciones de iluminación de los ocupantes de los laboratorios

Para conocer la percepción que tienen los ocupantes de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi, se emplea el cuestionario “*evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo*” detallado en el *anexo 3*, recomendado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España y descrito en apartado anterior 3.6.

El cuestionario consta de tres preguntas, que tienen por objetivo averiguar la conformidad del trabajador respecto a la iluminación en su puesto de trabajo, y si a causa de esta presenta molestias para desempeñar sus actividades.

Tabla 18. Resultado de encuestas respecto a la iluminación, aplicadas a los ocupantes de los laboratorios

LABORATORIO	PREGUNTA 1				PREGUNTA 2			PREGUNTA 3					
	a	b	c	d	a	b	c	a	b	c	d	e	f
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y DE LA EDUCACIÓN													
Laboratorio 1	1					1		1					
Laboratorio 2		1					1	1				1	1
Laboratorio 3	1				1								
Laboratorio 4		1			1			1					
Laboratorio 5	1					1		1					
Laboratorio 6	1					1					1	1	
Laboratorio 7		1			1						1		
Laboratorio 8		1			1								
Gastronomía	1				1			1			1		1
FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA													
Laboratorio 1	1				1			1					
Laboratorio 2		1				1							
Laboratorio 3	1					1			1				1
Laboratorio 4	1				1							1	
Laboratorio 6		1			1								1
Laboratorio 7	1					1						1	
Laboratorio 8	1					1		1					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
Tics mecánica		1					1		1				
Tics 1 civil	1					1						1	
Tics 2 civil	1					1		1					
Automatización	1					1							
Energías	1				1								
Mecánica y soldadura			1		1								
Mecanizado	1					1							
Metalografía	1					1							
Neumática	1					1							
Procesos de fabricación	1					1							
Ensayo de materiales civil (maquina universal)	1				1								
Hidráulica		1			1			1					
Suelos	1					1							
Química		1			1								
Topografía	1					1		1					

Tabla 18. Resultado de encuestas respecto a la iluminación, aplicadas a los ocupantes de los laboratorios (continuación).

LABORATORIO	PREGUNTA 1				PREGUNTA 2			PREGUNTA 3					
	a	b	c	d	a	b	c	a	b	c	d	e	f
FACULTAD DE JURISPRUDENCIA Y CIENCIAS SOCIALES													
Computación 1	1				1			1					
Computación 2	1				1							1	
Arquitectura	1				1								
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS													
CNC	1				1								
Industrial 1	1				1								
Industrial 2		1			1								
Electrónica 1	1					1							
Electrónica 2	1				1								
Hidráulica	1					1							
Laboratorio 1	1						1						1
Laboratorio 2		1				1		1					
Laboratorio 3		1						1					
Laboratorio 4	1				1								1
Laboratorio 5		1				1							
Laboratorio 6	1					1							
Máquinas eléctricas 1		1			1								
Máquinas eléctricas 2	1				1								
PLC	1					1							
Redes		1				1							
Robótica	1					1							
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN													
Marketing y gestión de negocios 1	1				1								
Marketing y gestión de negocios 2	1					1							1
Organización empresas 1	1				1								
Organización empresas 2		1				1		1					
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS													
Análisis de bioquímica y alimentos	1					1							
Análisis instrumental Cereales y oleaginosas	1				1								
Física y electricidad	1						1	1			1		1
Físico-Química	1					1					1		

Tabla 18. Resultado de encuestas respecto a la iluminación, aplicadas a los ocupantes de los laboratorios (continuación).

LABORATORIO	PREGUNTA 1				PREGUNTA 2			PREGUNTA 3					
	a	b	c	d	a	b	c	a	b	c	d	e	f
Tics 1	1				1			1					
Tics 2	1					1							
Bioingeniería y microbiología	1				1						1		
Procesamiento		1				1		1					
Química general	1					1							1
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ARTES													
Taller de confección	1					1							
PC1		1			1						1		
PC2		1			1								
PC3	1				1						1		
TOTAL	49	19	1	0	27	37	5	17	2	0	9	10	6

Nota. Se marca con 1 las respuestas contestadas como afirmativas por los encuestados. *Pregunta 1* = ¿Considera usted que la iluminación en su puesto de trabajo es?, *pregunta 2* = ¿Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener?, *pregunta 3* = Si ¿durante o después de la jornada laboral nota alguno de los síntomas siguientes, señálelo? Respuestas a las preguntas 1, 2 y 3 respectivamente: *a* = adecuada, *b* = algo molesta, *c* = molesta, *d* = muy molesta, *e* = más luz, *f* = sin cambio, *g* = menos luz, *h* = fatiga en los ojos, *i* = visión borrosa, *j* = sensación de velo, *k* = vista cansada, *l* = picor de ojos, *m* = pesadez en los párpados.

La pregunta 1 tiene como objetivo saber si la iluminación es adecuada o molesta para los ocupantes, las encuestas indican:

Figura 27. Percepción de los ocupantes respecto a la iluminación de los laboratorios

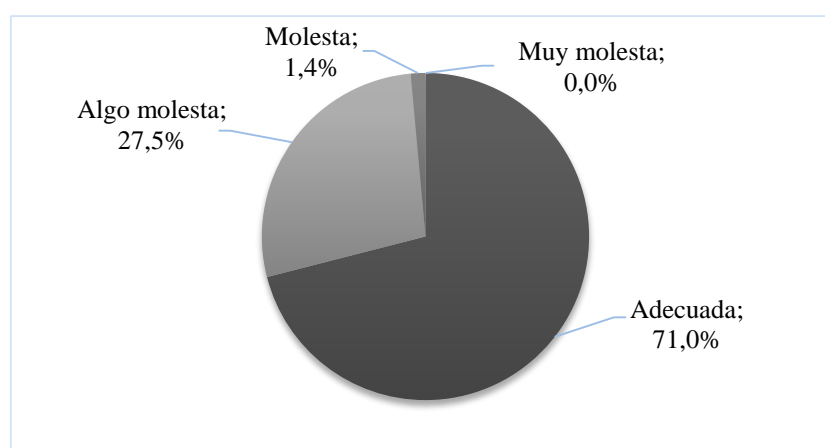


Figura 27. Una población de 69 personas fue encuestada. La mayoría (71%) calificó como adecuada a la iluminación de su puesto de trabajo. Las personas encuestadas tienen un máximo de 2 horas de permanencia en los laboratorios.

En la pregunta 2 se cuestionó a un ocupante por laboratorio, si estos pudieran regular la iluminación para estar más cómodo, que preferirían:

Figura 28. Preferencia del nivel de iluminación

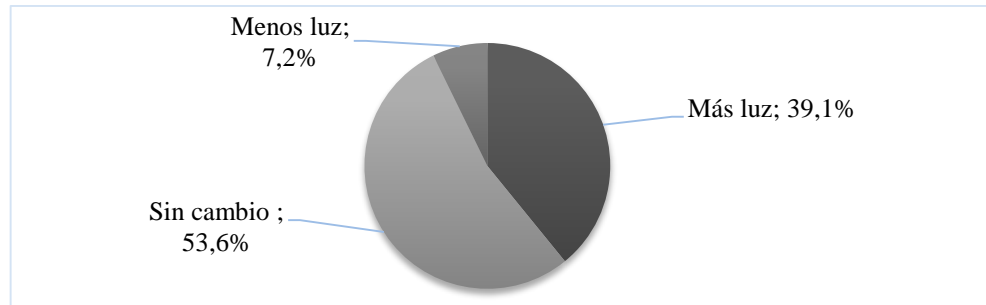


Figura 28. De una población de 69 personas encuestadas, más de la mitad (53.6%) respondieron que no harían cambios en sus puestos de trabajo.

Finalmente se quiso conocer si los encuestados presentaban síntomas referentes a una mala iluminación después de su jornada laboral. Un total de 34 personas manifiestan haber sufrido algún síntoma en la visión.

Figura 29. Síntomas asociados a las condiciones de iluminación.

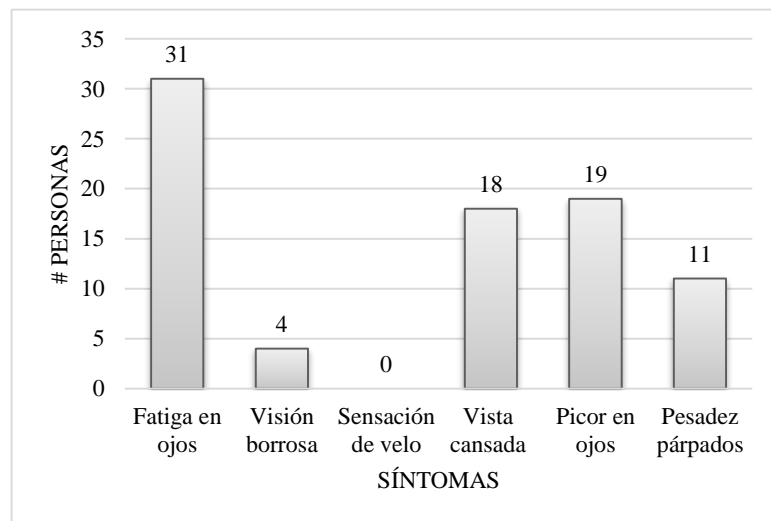


Figura 29. Diagrama de síntomas presentes en los trabajadores debido a una mala iluminación. Los ocupantes tienen una permanencia máxima de 2 horas en el puesto de trabajo. Para la población de 69 individuos estudiada, la fatiga en los ojos es la más recurrente.

Es estudio muestra un gran déficit en los sistemas de iluminación de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato del campus Huachi. Las

mediciones realizadas a los 69 laboratorios y comparadas con la norma europea UNE 12464.1: Iluminación para interiores en el apartado establecimientos educativos, muestran que 52 de estos no cumplen con este estándar.

En contradicción a esto existe un alto número de usuarios de estos espacios que manifiestan estar cómodos con la iluminación, 37 personas de las 69 encuestadas manifiestan que no realizarían cambios en esta. Sin embargo existen 31 personas que manifiestan tener fatiga en los ojos.

4.4. Verificación de la hipótesis

La verificación de la hipótesis se la hará empleando el coeficiente de correlación de Spearman [ρ_s]. Técnica estadística no paramétrica que determina el grado de asociación entre dos variables. La hipótesis nula afirma que la variable 1 & la variable 2 son independientes. El análisis es desarrollado en el complemento XLSTAT 2017 de Excel.

H₀: El nivel de iluminación y el confort visual son independientes.

$$H_0: \rho_s = 0$$

H₁: El nivel de iluminación y el confort visual están relacionados.

$$H_0: \rho_s \neq 0$$

De manera general el coeficiente de Spearman puede ser interpretado como:

Tabla 19 Interpretación del coeficiente de correlación de Spearman

ρ_s	Interpretación
< 0.25	No hay asociación
0.25 – 0.4	Asociación leve
0.4 – 0.8	Asociación moderada
> 0.8	Asociación alta

Nota. ρ_s , coeficiente de correlación de Spearman

Al ser Spearman una prueba para variables cualitativas, es necesario pasar las respuestas de la pregunta 1 (Q2) y de la pregunta 2 (Q2) de la encuesta a escala de

Likert, siendo 1 el valor para las peores condiciones y 4 el valor para óptimas condiciones.

Tabla 20. *Adecuación a escala de Likert de las preguntas 1 y 2 del cuestionario de evaluación subjetiva sobre condiciones de iluminación INSHT*

Pregunta	Respuesta INSHT	Escala Likert propuesta
Q1	Adecuada	4
	Algo molesta	3
	Molesta	2
	Muy molesta	1
Q2	Más luz	3
	Sin cambio	2
	Menos luz	1

Nota. Q1, ¿Considera usted que la iluminación en su puesto de trabajo es?, Q2, ¿Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener?

La prueba de Spearman se calculará con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia 0.05.

Tabla 21. *Matriz de correlación de Spearman*

Variables	Ep	Q1	Q2
Ep	1	0.188	-0.138
Q1	0.188	1	-0.134
Q2	-0.138	-0.134	1

Nota. Q1, ¿Considera usted que la iluminación en su puesto de trabajo es?, Q2, ¿Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener?

Los coeficientes de correlación calculados no superan el 0.25, podemos decir entonces que no existe asociación entre variables; además el ρ_s de tablas para $n=69$ y un nivel de confianza del 95% es 0.237

$$\rho_s \text{ tabla} > \rho_s \text{ calculado}$$

$$0.237 > 0.188, \text{ se acepta la hipótesis nula}$$

Aparentemente existiría una correlación inversa no significativa, esto se muestra lógico, pues a mayor nivel de iluminación, los ocupantes prefieren reducción del nivel de luz.

El p-valor calculado debe ser inferior que 0.05 para poder rechazar la hipótesis nula, en este caso es muy superior. Un valor alto de p-valor indica que no existe

significación estadística, y que en la recolección de los datos existieron sesgos y confusores.

Tabla 22 *p*-valor de Spearman

Variables	Ep	Q1	Q2
Ep	0	0.122	0.257
Q1	0.122	0	0.273
Q2	0.257	0.273	0

Nota. Ep, iluminación promedio; Q1, ¿Considera usted que la iluminación en su puesto de trabajo es?; Q2, ¿Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener?

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El estudio muestra una contradicción entre la calidad de la iluminación y la comodidad de los ocupantes, aunque las tres cuartas partes de los laboratorios estudiados no alcanzan los niveles de iluminación de 500 luxes y uniformidad de 0.7 requeridos por la norma europea UNE 12464.1: Iluminación para interiores en el apartado establecimientos educativos, más de la mitad de sus ocupantes indican que no harían cambios en esta.
- El 71% de las personas encuestadas cree que la iluminación es adecuada, solo 20 personas calificaron como molesta o algo molesta a la luz en su puesto de trabajo; para un tiempo de exposición promedio de 2 horas de manera continua.
- El coeficiente de correlación de Spearman calculado (0.18) indica que no existe correlación entre las variables de la hipótesis; porque no supera el 0.237 tabulado para $n=69$ y un nivel de confianza del 95%.
- El p-valor calculado 0.12 indica que no existe significación estadística y que en la recolección de los datos existieron sesgos y confusores, porque el p-valor debe ser inferior a 0.05. Estos sesgos y confusores se podrían dar porque las actividades en cada laboratorio son distintas y las dimensiones de los laboratorios y sistemas de iluminación son poco estandarizados.

5.2. Recomendaciones

- Diagnosticar si las personas que manifiesta molestias en la visión debido a la iluminación, presentan alguna enfermedad ocular como catarata, miopía u otras. Estas también pueden ser causas de discomfort visual.

- Implementar medidas correctivas y preventivas en los sistemas de iluminación de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato, que permitan alcanzar los niveles de iluminación y uniformidad requeridos por la norma europea UNE 12464.1: Iluminación para interiores en el apartado establecimientos educativos.
- Profundizar el estudio de confort visual, a una población más grande para cada laboratorio; con tiempos de exposición de 8 horas. En diferentes horarios del día, y registrar los niveles de laminación y uniformidad; para obtener datos más representativos.
- Dotar de iluminación al plano vertical para alcanzar los estándares en los laboratorios donde se cuente con pizarras, graficas, diagramas y demás información en este plano.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

Tema: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN MIXTA PARA LOS LABORATORIOS EDUCATIVOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO – CAMPUS HUACHI.

6.1. Datos informativos

Institución ejecutora: Universidad Técnica de Ambato – Maestría en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental.

Beneficiarios: Universidad Técnica de Ambato – Unidad de Riesgos de la UTA - Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial

Ubicación: Campus Huachi, ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

Equipo técnico responsable: Investigador, tutor

Costo estimado: Indeterminado

6.2. Antecedentes de la propuesta

Ejecutado el estudio, se ha determinado laboratorios que no cumplen con las condiciones de iluminación recomendadas para su actividad respectiva de acuerdo a las directrices de la *UNE 12464.1 Norma europea sobre la iluminación para interiores* y del *Manual de iluminación* del Sociedad de ingeniería de iluminación de América del Norte, tomadas como referencia a falta de especificaciones nacionales.

Por otro lado pruebas realizadas por corporación Phillips como parte de un estudio independiente del gobierno local de Hamburgo (Alemania) indican que la iluminación influye de manera directa en la contracción y eficiencia con que se

ejecutan las tareas. Un sistema eficiente de iluminación garantizaría elevados niveles de concentración y reducción de malestares y problemas de salud.

6.3. Justificación

La evaluación del sistema de iluminación de los laboratorios de la UTA mostró una deficiencia en el nivel de iluminación y uniformidad, 52 espacios no cumplen con los requisitos determinados en la norma UNE 12464.1. Un 49% de los encuestados manifiesta haber sufrido alguna molestia relacionada con la iluminación.

La propuesta es factible, al contar con un software opensource de resultados probados, evita incurrir en gastos de compra de licencias. Es de importancia, porque se darán las pautas generales para realizar las medidas correctivas que permitan alcanzar niveles de iluminación requeridas por ley. Los principales beneficiarios será la institución, al contar con un documento referencial como base para tomar decisiones futuras respecto a los sistemas de iluminación.

6.4. Objetivos

General

Proponer un sistema de iluminación mixto que cumpla con los requisitos técnicos-legales para los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato.

Específico

- Modelar un aula piloto que sirva de referencia para la simulación de los diferentes sistemas de iluminación.
- Describir el sistema de iluminación que permita el cumplimiento de la norma UNE 12464.1
- Desarrollar un manual de mantenimiento para las instalaciones de iluminación.

6.5. Análisis de factibilidad

Legal:

La constitución ecuatoriana del 2008

Artículo 326, numeral 5.- Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.

Ley orgánica de servicio público, LOSEP

Artículo 23, literal 1.- Son derechos irrenunciables de las servidoras y servidores públicos, desarrollar sus labores en un entorno adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.

Tecnológica

El acelerado desarrollo tecnológico que el mundo vive y un mundo cada vez más globalizado, con fronteras que se acortan; hace posible acceder a recursos informáticos, científicos y materiales con relativa facilidad. En la actualidad se puede recurrir a un software *Open Source* para el modelado virtual de un sistema de iluminación completo, este permite evaluar varias opciones sin la necesidad de llegar a la adquisición de equipos costosos.

Organizacional

Las autoridades de la Universidad Técnica de Ambato y en sí, todos quienes conforman la institución, han demostrado interés en mejorar continuamente las condiciones en que se ejecutan las actividades.

Ambiental

En las últimas décadas el consumo energético ha crecido exponencialmente, para el 2013 el consumo energético superaba los 12,476 mtpe (millones de toneladas de petróleo equivalente), de los cuales más del 90% se derivó de la quema de combustibles fósiles, con un crecimiento proyectado del 2% anual. Aproximadamente un 19% del consumo de energía a nivel mundial está destinado para satisfacer los requerimientos de iluminación (Gracia, 2014).

Según el portal greenyellow.es un informe de la ONU de muestra que la eficiencia energética, sumada a las tecnologías de bajo consumo de carbono,

reducirá 25 millones de toneladas de emisiones de gas invernadero. Dicho informe también menciona las consecuencias positivas del uso de la iluminación LED, que dada de la mano de la eficiencia energética y la electricidad baja en carbono permitirá que la demanda de iluminación incremente unas 3 veces aunque la energía consumida disminuirá notablemente (GreenYellow España, 2017).

Económico financiera

El principal desafío para los proyectos de simulación es el software, por fortuna se puede contar con DIALux. Este es un Open Source de código abierto distribuido y desarrollado libremente.

6.6. Fundamentación científico técnica

Alumnos, estudiantes y educadores pasan gran parte del día en centros educativos. Si se sienten bien allí, de seguro aumentará su grado de concentración y bienestar. Por ellos es importante proporcionar una iluminación adecuada, que potencie la concentración y relajación cuando sea necesario.

Confort, eficiencia energética y sostenibilidad

Uno de los mayores desafíos que en la actualidad enfrentan todas las organizaciones es la reducción de costes y la protección del medio ambiente. Las nuevas instalaciones así como las remodelaciones, deberían tener en cuenta normativa vigente y un Código Técnico de la edificación para el Ahorro Energético, desafortunadamente Ecuador no cuenta con estas reglamentaciones, por cuanto se tomará como referencia el Código Técnico de la Edificación de España para el cálculo de eficiencia energética.

Un estudio realizado por Philips, indica que se pueden implementar soluciones que se adapten a las necesidades de cada espacio educativo: un simple cambio de lámparas puede ahorrar hasta un 10% de energía, hasta instalaciones de alumbrado inteligente que pueden significar un ahorro impresionante, de hasta el 75 % (Philips, 2016).

Luz dinámica

La iluminación dinámica requiere la aplicación de conceptos de dinamismo intensidad, color y distribución de luz artificial. Estos sistemas funcionan modificando automáticamente la temperatura de color y la intensidad de la luz a lo largo del día. Para esto se necesita combinar el flujo luminoso de dos lámparas diferentes con tecnología óptica específica, para crear diversos equilibrios de iluminación fría y cálida.

Estudios demuestran que la luz dinámica tiene una importante influencia biológica, por tanto esta permite:

- Aumentar el bienestar de las personas.
- Sincronizar el reloj biológico.
- Crear efectos estimulantes cambiando los colores de la iluminación.

Luminaria

De acuerdo a Moro (2011), los dispositivos de iluminación emplean, en general, tres clases de tecnologías:

- *Lámparas incandescentes*, producen luz cuando una corriente circula a través de un hilo de cierto material y, debido al calor generado por su resistencia, este se pone incandescente.
- *Lámparas fluorescentes*, la luminosidad se basa en un doble efecto de ionización de un gas (vapor de mercurio) a través de filamentos de tungsteno a alta temperatura, y la fluorescencia del revestimiento. Los tubos fluorescentes están equipados con un cebador y un balasto (“reactancia”) este actúa como equipo de arranque. Las lámparas fluorescentes compactas (CFL, Compact Fluorescent Lamps), posees un balasto electrónico integrado en el casquillo de la lámpara.

- *Lámparas LED (light-emitting diodes)* están compuestos por varios diodos emisores de luz, en cada uno de ellos, la luz se produce con la pérdida de energía de parte de los electrones de un material semiconductor (arseniuro de galio). En comparación a las anteriores, son las que mayor eficiencia lumínica presentan.

Codificación de las luminarias

- *LOR (%)*, es el rendimiento de la luminaria (Light Output Ratio), describe la relación entre el flujo luminoso emitido por una luminaria y el flujo luminoso de las lámparas empleadas.
- *Valor IP*, del inglés (Ingress Protection) o grado de protección, hace referencia al estándar IEC 60529. Proporciona un medio de clasificar el grado de protección de sólidos y líquidos que las luminarias deben tener según su función. Algunas luminarias pueden tener un tercer dígito referente a la protección contra impactos mecánicos (generalmente omitido). Ver anexo 2 y 3.
- *Valor IK*, es un sistema de codificación para indicar el grado de protección proporcionado por la envolvente contra impactos mecánicos nocivos, salvaguardando así los materiales o equipos en su interior. El código IK se designa con un número que va de cero (0) hasta diez (10); a medida que el número va aumentando indica que la energía del impacto mecánico sobre la cobertura es mayor (Moreno & Romero, 2010). Ver anexo 5.

Sensores de luminosidad

Los sensores de luminosidad detectan el nivel de luz que hay en el interior o exterior de un espacio. Tiene varias aplicaciones como: encender y apagar luces, subir o bajar persianas, etc.

Reguladores de luminosidad

Según Moro (2011), los reguladores desempeñan dos funciones: encendido y apagado de luminarias y regulación de la intensidad de luz que proporcionan. Los reguladores de intensidad pueden clasificarse en dos grupos:

- *Dimmer universidad* se utilizan para controlar luces incandescentes o luces halógenas mediante una simple regulación de la tensión que estas reciben, que entre 0 y 230 voltios.
- *Dimer para fluorescentes* proporcionan un salida entre 0 a 10 V que se utiliza para alimentar un balasto electrónico regulable al que se conecta el o los fluorescentes.

Valor de la eficiencia energética de la instalación

La eficiencia energética de una instalación de iluminación, se determinará mediante el *valor de eficiencia energética de la instalación* VEEI (W/m²) por cada 100 lux:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Donde,

P es la potencia de la lámpara más el equipo auxiliar [W],

S la superficie iluminada [m²]

E_m la luminancia media horizontal mantenida [lux]

Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la tabla 2.1 del Documento Básico DB HE (Ahorro de Energía) del Código Técnico de Edificación de España, para aulas y laboratorios el VEEI es 3,5.

Potencia instalada en edificio

El Código Técnico de Edificación de España indica que la potencia instalada en iluminación, teniendo en cuenta la potencia de lámparas y equipos auxiliares, no superará los valores especificados en la tabla 2.2 del Documento Básico DB HE

(Ahorro de Energía). Para edificios de uso docente la potencia máxima instalada es de 15 W/m².

Mantenimiento y conservación

Se debe asegurar en el transcurso del tiempo el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y el valor de eficiencia energética de la instalación VEEL. Un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación debe incluir, sin limitarse, las operaciones de reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazo, la limpieza de luminarias con la metodología prevista y la limpieza de la zona iluminada, incluyendo en ambas la periodicidad necesaria. Dicho plan también debe tener en cuenta los sistemas de regulación y control utilizados en las diferentes zonas (Ministerio de Fomento de España, 2013).

Comportamiento de los materiales

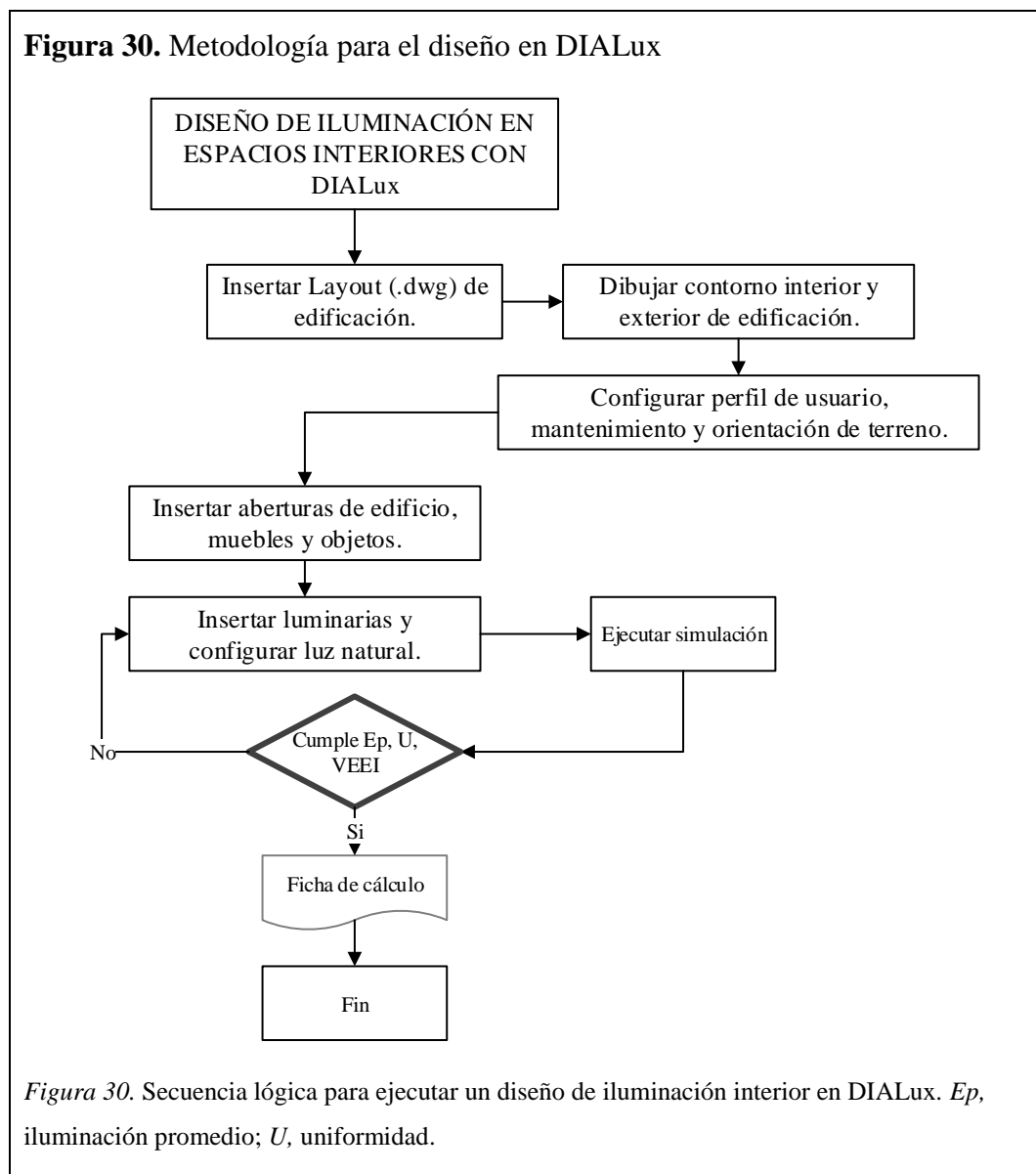
Según Folguera & Muros (2013) Las superficies tienen un comportamiento diferente respecto a la luz que incide según su:

- *Rugosidad* es una característica de la superficie de un material. Se puede definir como el conjunto de irregularidades y pequeñas ondulaciones de la superficie. Su unidad de medida es la micra.
- *Color* de un material es una característica relacionada con el comportamiento respecto a las radiaciones luminosas incidentes y el espectro cromático de las radiaciones reflejadas o emitidas.
Así, la reflectancia de un material será el producto de la reflectancia del material según su rugosidad y de la reflectancia según su color.
- *Textura* hace referencia a la composición de los materiales que lo forman (madera, piedra, cristal, etc.). La textura de las superficies influyen enormemente en el resultado lumínico y en la percepción.
- *Relieve* es el atributo de un paramento relativo a su composición volumétrica formal. Ante la luz, el relieve determinará la sombra de la fachada de modo inverso. Los relieves lisos provocan sombras suaves o

imperceptibles, mientras que los relevos muy acusados provocarían sombras imperceptibles.

Los efectos de la luz son más perceptibles cuando se utilizan materiales oscuros (poco reflectantes). La iluminación artificial de un espacio con materiales claros recrea los efectos lumínicos de la bóveda celeste durante el día, con materiales oscuros recrea los efectos próximos a los producidos por la noche.

6.7. Metodología



Para el presente estudio se opta por el open source DIALux, este es un software para diseño de iluminación profesional para ambientes interiores y exteriores. Creado en 1994, es una marca registrada del Instituto Alemán de Tecnología de Iluminación Aplicada, este no ha dejado de evolucionar a través del tiempo, en la actualidad tiene más de 400000 usuarios en 180 países, y cuenta con datos de más de 135 fabricantes.

Datos previos

Para ejecutar el cálculo y las soluciones luminotécnicas de las instalaciones de iluminación interior, se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

Uso de la zona a iluminar

Actividades educativas: $E_p = 500$ luxes, Uniformidad $\geq 0,70$

El índice del local RI o dimensiones del espacio (longitud, anchura y altura útil)

Ancho = 4.5 m, largo = 8 m, altura = 2.8m, plano de trabajo = 0.80 m

Reflectancias de las paredes, techo y suelo de la habitación

Se deben elegir materiales que proporcionen valores de reflectancias no especulares detallados en la siguiente tabla. Los datos son recogidos del Manual de Instituto de Iluminación de Norte América; para efectos de estudio se tomaran los valores dentro de estos rangos.

Tabla 23. *Valores de reflectancia no especular para espacios educativos.*

Superficie	Reflectancia no especular %
Paredes	40 – 60
Techo	70 – 90
Piso	30 – 50
Pizarra	Más de 20

Nota. Adaptado de “*Lighting Handbook*”, The IESNA, 2000.

Condiciones de la luz natural

Para el cálculo de aporte de luz natural se debe tomar en cuenta la ubicación geográfica. En este estudio se tomará como referencia la ubicación de la Facultad de Sistemas de la Universidad Técnica de Ambato.

Los datos de latitud, longitud y orientación hacia el norte se la obtendrá de Google Maps.



Selección de la luminaria

Para el presente proyecto se optó por trabajar con la marca Philips, por su presencia en el mercado y disponibilidad de componentes. Para el modelado y simulación en DIALux es necesario contar con los complementos del modelo de luminaria elegido. Se debe tener cuidado en elegir modelos que existan en el mercado local.

Mobiliario previsto

Se considerará un laboratorio modelo para 20 estudiantes, cada uno con un puesto de trabajo, y distribución uniforme.

Figura 32. Laboratorio modelo, vista frontal.



Figura 32. Vista de la sección frontal del aula modelo. Se identifica la disposición de las lámparas de forma longitudinal, y una lámpara para iluminación vertical de la pizarra.

Figura 33. Laboratorio modelo, vista posterior.



Figura 33. Vista de la sección posterior del laboratorio modelo. Capacidad del laboratorio 20 personas.

Iluminación de espacios interiores con luz natural

La orientación de la fachada (superficie acristalada) respecto al norte, es determinante en el aprovechamiento de luz natural para la iluminación de espacios interiores. A continuación se analizan varios ángulos y se determina el más idóneo para la construcción de edificios.

Tabla 24. Nivel de iluminación interior, en el plano de trabajo horizontal, para diferentes grados de orientación.

HORA	15°	90°	0°	315°	135°
7:00	1026	304	1375	756	181
9:00	7322	1896	7178	4143	975
11:00	3713	1506	3292	1289	909
12:00	990	1250	935	484	913
13:00	726	1322	706	630	2329
15:00	855	2064	856	857	6074
17:00	304	672	311	321	2508

Nota. Nivel de iluminación interior en luxes para diferentes grados de orientación respecto al norte de la fachada acristalada. La iluminación se evaluó en horario comprendido entre las 7:00 a 17:00 horas, en intervalos de 2 horas.

Figura 34. Nivel iluminación interior con luz natural, en el plano de trabajo horizontal, para distintas orientaciones respecto al norte.

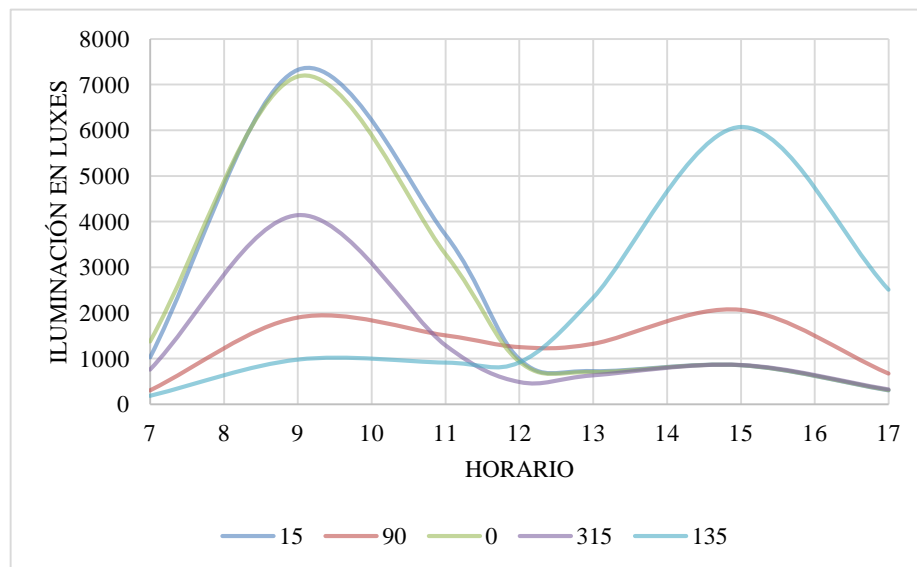


Figura 34. Las curvas muestran el comportamiento del nivel iluminación (solo con aporte de luz natural) en el interior de un aula para diferentes grados de orientación respecto al norte. Fachadas que se aproximan a la paralela norte-sur, tiene mayor variación de iluminación durante el día. Fachadas orientadas 90 grados respecto al norte proporcionan una iluminación más uniforme durante el día.

Mejores características de iluminación se encontraron con fachadas orientadas a 90 grados respecto al norte, lo más paralelas a la línea este-oeste; estas también pueden tener una orientación de 270 grados con resultados muy similares.

Figura 35. Iluminación, en el plano de trabajo horizontal, de fachadas opuestas con orientación 90 y 270 grados respecto al norte.

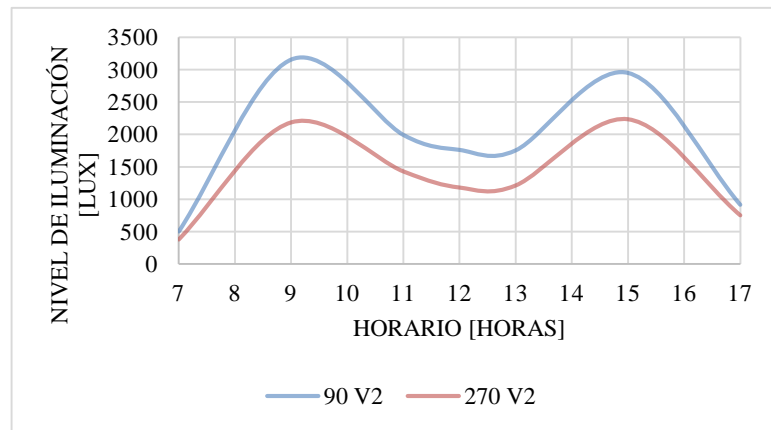


Figura 35. El nivel de iluminación en espacios interiores (con luz natural) tiene un comportamiento similar cuando las fachadas tienen una orientación que sigue la trayectoria este-oeste. Un mayor nivel de iluminación se obtiene con fachadas a 90 grados respecto al norte.

Cuando los espacios interiores son iluminados con luz natural, el tamaño de las ventanas son determinantes en el nivel y uniformidad de la iluminación que se alcanzan en los planos de trabajo.

Tabla 25. Nivel de iluminación y uniformidad, en el plano de trabajo horizontal, con luz natural para distintos tipos de ventanas.

HORA	90 _{v1}	U _{90-v1}	90 _{v2}	U _{90-v2}	90 _{v2-PIII}	U _{90-v2-PIII}
7:00	304	.21	503	.31	236	.33
9:00	1896	.20	3154	.27	1340	.29
11:00	1506	.22	1992	.29	964	.29
12:00	1250	.23	1761	.26	853	.27
13:00	1322	.20	1754	.26	893	.25
15:00	2064	.17	2949	.25	1471	.26
17:00	672	.18	915	.29	452	.29

Nota. Nivel de iluminación y uniformidad con luz natural para una orientación de 90 grados respecto al norte para diferentes tipos de ventanas. 90 v1, ventanas de 1.35 x 3.45 (4.65 m²) y una altura de parapeto de 1.2 metros con cristal simple; 90 v2, ventanas de 2.4 x 3.45 (8.28 m²) con una altura de parapeto de 0.3 metros con cristal simple; 90 V2 PIII, ventanas de 2.4 x 3.45 (8.28 m²) con una altura de parapeto de 0.3 metros con cristal triple de protección solar III.

Figura 36. Iluminación interior para el plano de trabajo horizontal con luz natural con distintos tipos de ventanas.

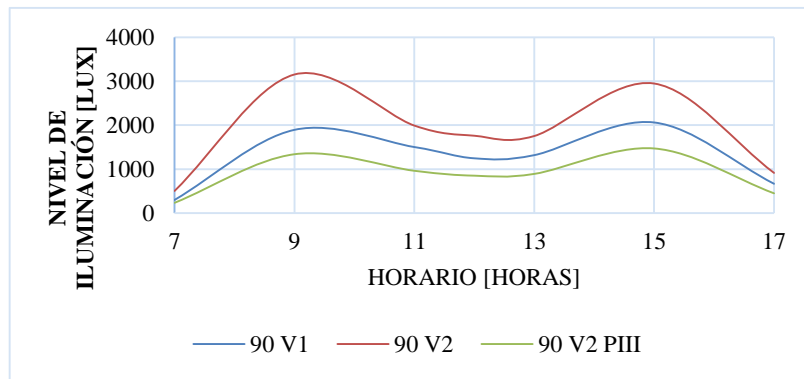


Figura 36. Para una orientación respecto al norte de 90 grados se probaron diferentes ventanas. *90 v1*, corresponde a ventanas de 1.35 x 3.45 (4.65 m²) y una altura de parapeto de 1.2 metros con cristal simple; *90 v2*, ventanas de 2.4 x 3.45 (8.28 m²) con una altura de parapeto de 0.3 metros con cristal simple; *90 V2 PIII*, ventanas de 2.4 x 3.45 (8.28 m²) con una altura de parapeto de 0.3 metros con cristal triple de protección solar III.

La uniformidad es un parámetro importante a la hora de diseñar sistemas de iluminación, cuanto más se acerca a uno menos variaciones de iluminación en el entorno.

Figura 37. Uniformidad de la iluminación en el plano de trabajo horizontal para distintos tipos de ventanas.

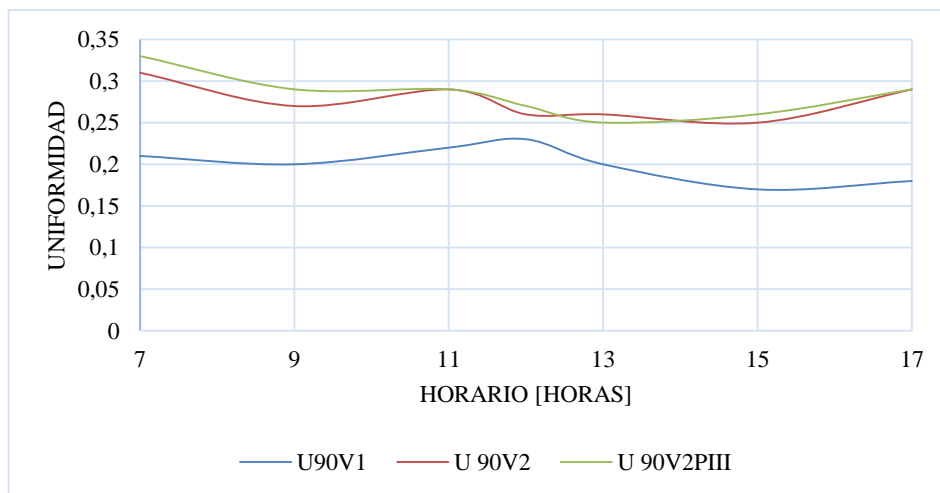


Figura 37. Uniformidad para una orientación respecto al norte de 90 grados. *U90V1*, corresponde a ventanas de 1.35 x 3.45 (4.65 m²) y una altura de parapeto de 1.2 metros con cristal simple; *U90V2*, ventanas de 2.4 x 3.45 (8.28 m²) con una altura de parapeto de 0.3 metros con cristal simple; *U90V2 PIII*, ventanas de 2.4 x 3.45 (8.28 m²) con una altura de parapeto de 0.3 metros con cristal triple de protección solar III.

En los espacios dedicados a la docencia, se debe poner especial atención en la iluminación de los planos de trabajo verticales (pizarras). Estos deben mantener un nivel de iluminación promedio sobre los 500 luxes. Al igual que en el plano de trabajo horizontal, la iluminación en esta se ve afectada por la orientación de los edificios respecto al norte.

Figura 38. Nivel de iluminación en el plano vertical (pizarra), para distintos grados de orientación.

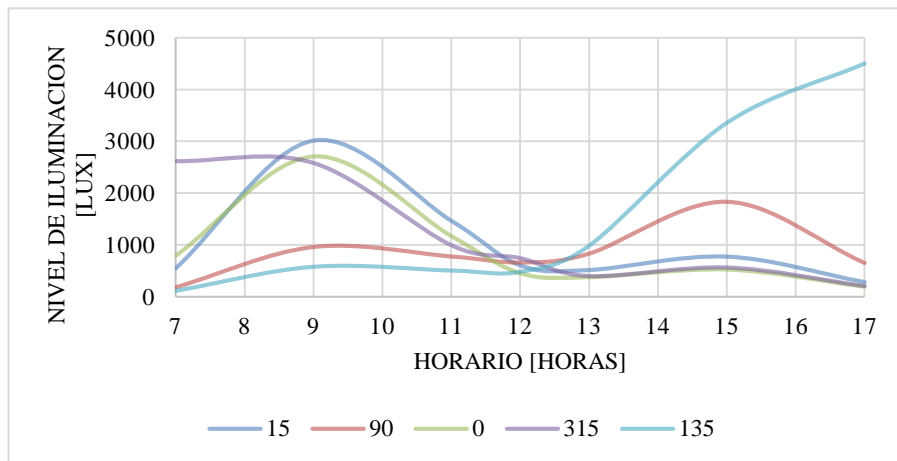


Figura 38. Variación del nivel de iluminación en el plano vertical (pizarra). La orientación de 90 grados proporciona una iluminación más uniforme.

En el aprovechamiento de luz natural, además de la orientación de los edificios, la configuración de los ventanales tiene alto impacto en el nivel de iluminación y uniformidad alcanzadas en espacios interiores.

Tabla 26. Nivel de iluminación y uniformidad, en el plano de trabajo vertical (pizarra), con luz natural para distintos tipos de ventanas.

HORA	90v1	U _{90-v1}	90v2	U _{90-v2}	90v2-PIII	U _{90-v2-PIII}
7:00	183	.65	275	.64	138	.67
9:00	960	.66	1494	.67	683	.69
11:00	777	.65	1080	.66	533	.67
12:00	661	.66	979	.66	485	.68
13:00	832	.59	1138	.62	559	.61
15:00	1831	.52	2379	.52	1200	.53
17:00	651	.52	790	.52	398	.54

Nota. Nivel de iluminación y uniformidad con luz natural para una orientación de 90 grados respecto al norte para diferentes tipos de ventanas. 90 v1, ventanas de 1.35 x 3.45 (4.65 m²) y una altura de parapeto de 1.2 metros con cristal simple; 90 v2, ventanas de 2.4 x 3.45 (8.28 m²) con una altura de parapeto de 0.3 metros con cristal simple; 90 V2 PIII, ventanas de 2.4 x 3.45 (8.28 m²) con una altura de parapeto de 0.3 metros con cristal triple de protección solar III.

Los valores de la configuración de ventana *90 V2 PIII*, registran menores diferencias entre sus valores máximos mínimos, proporcionando una mejor uniformidad. El valor más alto registrado es de 1200 luxes, disminuyendo considerablemente la presencia de deslumbramientos.

Figura 39. Nivel de iluminación en el plano vertical (pizarra) con 90 grados de orientación, para distintas configuraciones de ventanas.

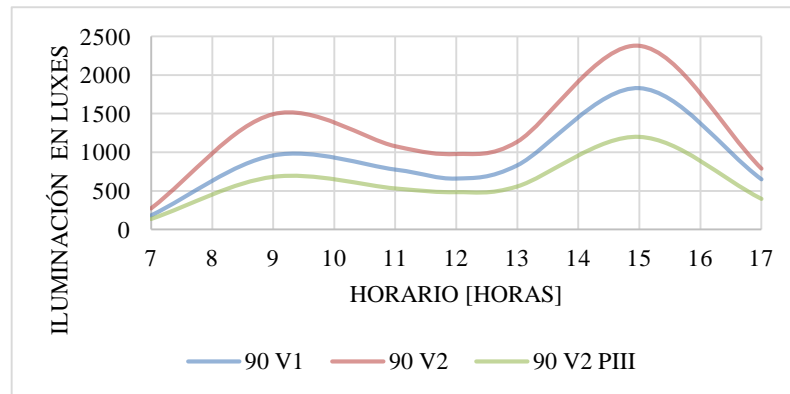


Figura 39. Nivel de iluminación en el plano vertical. *90 v1*, corresponde a ventanas de 1.35 x 3.45 (4.65 m²) y una altura de parapeto de 1.2 metros con cristal simple; *90 v2*, ventanas de 2.4 x 3.45 (8.28 m²) con una altura de parapeto de 0.3 metros con cristal simple; *90 V2 PIII*, ventanas de 2.4 x 3.45 (8.28 m²) con una altura de parapeto de 0.3 metros con cristal triple de protección solar III.

Figura 40. Uniformidad de la iluminación en el plano vertical.

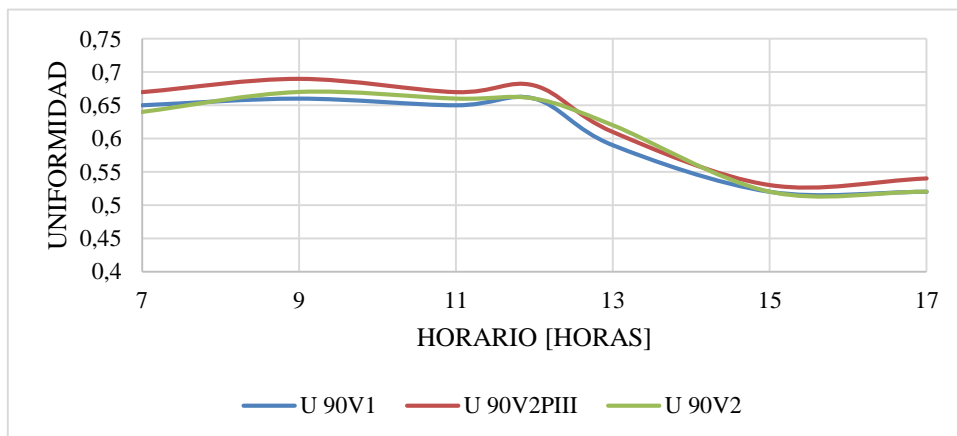


Figura 40. Uniformidad de la iluminación en la pizarra para diferentes tipos de ventanas. *90 v1*, corresponde a ventanas de 1.35 x 3.45 (4.65 m²) y una altura de parapeto de 1.2 metros con cristal simple; *90 v2*, ventanas de 2.4 x 3.45 (8.28 m²) con una altura de parapeto de 0.3 metros con cristal simple; *90 V2 PIII*, ventanas de 2.4 x 3.45 (8.28 m²) con una altura de parapeto de 0.3 metros con cristal triple de protección solar III.

Tabla 27. *Proyección de sombras para distintos ángulos de orientación.*














	HORARIO				
	7:00	9:00	12:00	15:00	17:00
15 V1					
90 V1					
135 V1					

Tabla 27. *Proyección de sombras para distintos ángulos de orientación (continuación).*

	HORARIO				
	7:00	9:00	12:00	15:00	17:00
90V2PII					

Nota. Proyección de sombras para distintos grados de orientación y tipos de ventanas. *15 VI*, orientación de 15 grados respecto al norte con ventanas de 1.35 x 3.45 (4.65 m²) y una altura de parapeto de 1.2 metros con cristal simple; *90 VI*, orientación de 90 grados respecto al norte con ventana de 1.35 x 3.45 (4.65 m²) y una altura de parapeto de 1.2 metros con cristal simple; *135 VI*, orientación de 135 grados respecto al norte con ventanas de 1.35 x 3.45 (4.65 m²) y una altura de parapeto de 1.2 metros con cristal simple; *90 V2 PIII*, orientación de 90 grados respecto al norte con ventanas de 2.4 x 3.45 (8.28 m²) con una altura de parapeto de 0.3 metros con cristal triple de protección solar III.

Iluminación de espacios interiores con luz artificial

Además de los criterios de nivel de iluminación y uniformidad empleados en la iluminación con luz natural, se debe considerar el valor de eficiencia energética instalada. Garantizando una buena iluminación con un bajo consumo energético. Para nuestra aula modelo se recomienda la siguiente configuración:

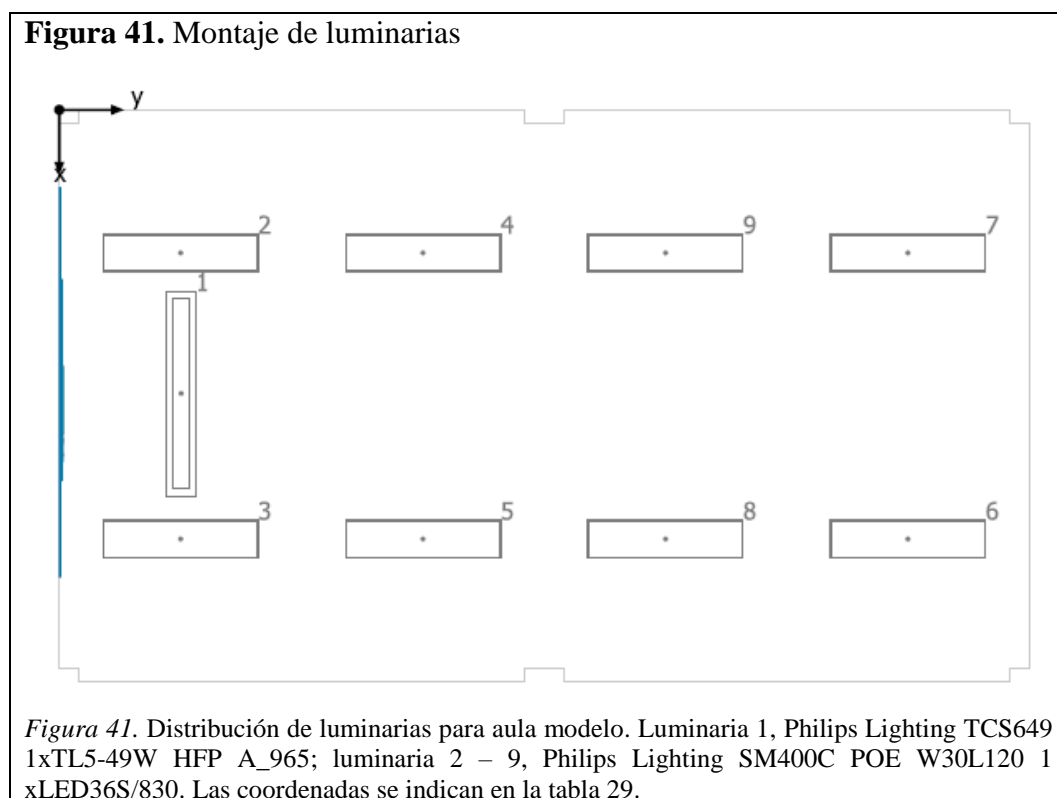
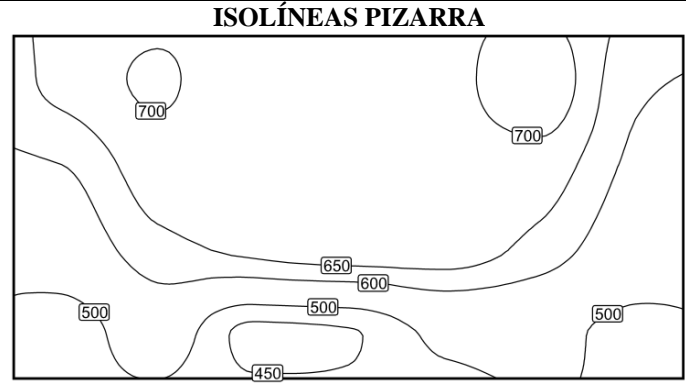
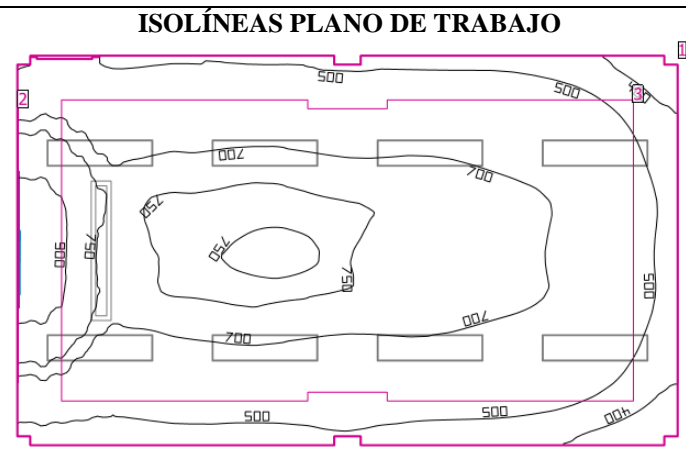


Tabla 28. *Coordenadas para montaje de luminarias*

#	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]
1	2.186	0.940	2.800
2	1.103	0.935	2.800
3	3.308	0.935	2.800
4	1.103	2.805	2.800
5	3.308	2.805	2.800
6	3.308	6.545	2.800
7	1.103	6.545	2.800
8	3.308	4.675	2.800
9	1.103	4.675	2.800

Tabla 29. Propuesta, incluye iluminación vertical para pizarra.

LUZ DIURNA				ISOLÍNEAS PLANO DE TRABAJO
Sin aporte de luz natural				
LUZ ARTIFICIAL				
8 luminarias Philips Lighting - SM400C POE W30L120 1 xLE36S/830 1 Philips Lighting - TCS649 1xTL5-49W HFP A_965				
RESULTADOS PLANO DE TRABAJO				
Parámetro	Valores límite	Valor calculado	Cumplimiento	
E_p (Lux)	500	643	Cumple	
E_{min} / E_p	0,5	0.5	Cumple	
Ugr	19	N/A		
RESULTADOS PIZARRA				
Parámetro	Valores límite	Valor calculado	Cumplimiento	
E_p (lux)	500	609	Cumple	
E_{min} / E_p	0,7	0.71	Cumple	
UGR	19	N/A		
VALORES DE LA INSTALACIÓN				
Parámetro	Valores límite	Valor calculado	Cumplimiento	
PI (W/m ²)	15	9.43	Cumple	
Consumo (kWh/a)	1200	850	Cumple	
CONCLUSIONES				
La instalación planteada permite el cumplimiento de los estándares de la EN12464-1:2011, para más detalles ver apéndice 9				
ISOLÍNEAS PIZARRA				



Conclusiones

- Los laboratorios que tienen fachadas con orientación diferente a 90° Norte, tienen un aporte poca uniformidad en el aporte de luz natural durante el día.
- Es diseño de las ventanas, área y tipo de cristal, condicionan la cantidad y calidad de luz natural que ingresan a los laboratorios.
- El uso de luminarias LED, facilitan cumplir con los valores límites de eficiencia energética instalada.
- Es necesario el uso de lámparas cuyo flujo luminoso sea orientado hacia la pizarra, para poder alcanzar los valores de iluminación vertical requeridos en esta.

Recomendaciones

- Las nuevas edificaciones en su posibilidad deben ser edificadas, asegurando que las superficies acristaladas de mayor área queden con una orientación de 90° Norte. Esto permitirá una mayor uniformidad, en la aportación de luz natural durante el día.
- Las nuevas instalaciones deben tener mayores superficies acristaladas, que permitan un mayor ingreso de iluminación natural.
- Instalar luminarias para iluminación vertical, para alcázar niveles de iluminación de 500 luxes y uniformidades superiores a 0.70 requerido en la EN12464-1:2011.
- Se deben instalar controles de encendido de luminarias que permitan encender luminarias por grupos, divididos en cuatro cuadrantes. Esto permitirá utilizar solo las luminarias alejadas a las ventanas durante el día. Permitiendo un ahorro energético.
- Las luminarias deben ser instaladas de manera longitudinal, para disminuir el riesgo de deslumbramientos.



**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DEL SISTEMA DE
ILUMINACIÓN EN ESPACIOS
INTERIORES**

Contenido

1. Objetivo
2. Alcance
3. Definiciones
4. Responsabilidades
5. Procedimiento
 - 5.1. Instrucciones de seguridad
 - 5.2. Instrucciones de seguridad para mantenimiento del sistema de iluminación en altura.
 - 5.3. Instrucciones de limpieza
 - 5.4. Instrucciones para el mantenimiento y limpieza cortinas y persianas
 - 5.5. Mantenimiento de paredes, ventanas y claraboyas.
 - 5.6. Manejo de residuos peligrosos (tubos fluorescentes)
6. Elementos de protección personal
7. Referencias
8. Documentación
9. Anexos



1 Objetivo

Establecer lineamientos generales para la ejecución segura del mantenimiento del sistema de laminación. Garantizando la salud e integridad física de trabajadores, así como la protección del ambiente, propiedades de la Universidad y de la comunidad en general.

2 Alcance

Este programa debe ser aplicado en todas las instalaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

3 Definiciones

Almacenamiento. Depósito temporal de residuos o desechos en un espacio físico definido, por un tiempo determinado con carácter previo a su aprovechamiento, valoración y disposición final.

Disposición final. Proceso de aislar y confinar los residuos o desechos, en forma definitiva, en lugares diseñados y autorizados para evitar su contaminación, daños a la salud humana y medio ambiente.

Generador. Cualquier persona cuya actividad produzca residuos o desechos. Si se desconoce quién produce los residuos, se considerara generador a la persona que esté en posesión de ellos.

Luminaria fluorescente o tubo fluorescente. Luminaria que cuenta con una lámpara de vapor de mercurio a baja presión y que es utilizada normalmente para la iluminación domestica e industrial.

Residuo peligroso. Residuo que, en función de sus características Corrosivas, Reactivas, Explosivas, Tóxicas, Inflamables, Volátiles y Patógenas (CRETIVP),



Programa de mantenimiento y conservación del sistema de iluminación en espacios interiores.

Rev. 00

Páginas: 10


puede presentar riesgo a la salud pública o causar efectos adversos al medio ambiente.

Trabajo en altura. Aquellos trabajos que son realizados a una altura superior a 1,8 metros sobre el nivel del suelo.

4 Responsabilidades

Las responsabilidades en el Programa de Mantenimiento y Conservación del Sistema de Iluminación en Espacios Interiores se asignan de la siguiente manera:

DEPARTAMENTO O CARGO	RESPONSABILIDAD
Técnico de seguridad	<ul style="list-style-type: none">• Asegurar que se mantenga una adecuada comunicación de peligros relacionado con la manipulación de instalaciones eléctricas.• Preparar una capacitación sobre el manejo seguro de los residuos peligrosos, trabajos en altura y riesgo eléctrico.• Auditar el cumplimiento del presente programa y actualizarlo cuando sea necesario.
Dirección de bienes	<ul style="list-style-type: none">• Disponer de escaleras tipo tijera, telescópicas y andamios cuando sea necesario.• Dotar de equipos de protección contra caídas y contra riesgos eléctricos.• Disponer de un espacio adecuado para el almacenamiento temporal de los residuos peligrosos hasta su disposición final.
Médico	<ul style="list-style-type: none">• Capacitar al personal de mantenimiento en primeros auxilios, haciendo énfasis en caída de alturas y electrocución.• Evaluar la aptitud médica del trabajador antes de realizar trabajos en altura.
Persona expuesto	<ul style="list-style-type: none">• Asistir a los entrenamientos programados para la ejecución segura del mantenimiento de las instalaciones de iluminación.• Utilizar los equipos de protección requeridos.• Informar al equipo de seguridad y salud cuando se vayan a ejecutar trabajos de alto riesgo.

	Programa de mantenimiento y conservación del sistema de iluminación en espacios interiores.	
	Rev. 00	Páginas: 10

5 Procedimiento


El mantenimiento de las instalaciones de iluminación requiere tener en cuenta los siguientes puntos, para un óptimo desempeño en condiciones seguras.

5.1 Instrucciones de seguridad

- Cortar la alimentación eléctrica antes de limpiar las luminarias. De ser posible realice un bloqueo.
- Cortar la alimentación eléctrica antes de realizar el recambio de las luminarias. Las luminarias LED, podrían dañarse.
- Comprobar que la fuente de alimentación y las luminarias se hayan enfriado antes de iniciar la limpieza.
- Retirar las baterías de las luminarias de emergencia, antes de realizar la limpieza.
- Evitar el uso de detergentes que contengan COV (compuestos orgánicos volátiles) para limpiar las luminarias LED.
- Consultar el manual de la luminaria en caso de dudas sobre su manipulación.
- Utilizar siempre guantes para evitar dejar huellas dactilares en las superficies de las luminarias.

5.2 Instrucciones de seguridad para mantenimiento del sistema de iluminación en altura.

Áreas como los laboratorios de Hidráulica, Suelos, Energías, Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica requieren especial atención por la altura a la que se encuentran sus instalaciones (luminarias, ventas, claraboyas, cortinas). Cuando sea el caso, se deben seguir las siguientes instrucciones:

	Programa de mantenimiento y conservación del sistema de iluminación en espacios interiores.	
	Rev. 00	Páginas: 10

Trabajos con escaleras portátiles

- Inspeccionar periódicamente las escaleras y sacar de uso las defectuosas.
- Se deben utilizar escaleras telescópicas o tipo tijera que cumplan normativa. Se recomienda escaleras para trabajo pesado con protección eléctrica que cumplan con la ANSI A 14.5, o ANSI A 14.2 para escaleras metálicas.
- Las escaleras deben contar con patas antideslizantes en las bases y en los peldaños. Deben estar asentadas en lugares firmes.
- Las escaleras tipo tijera no deben exceder los 20 pies de altura y las telescópicas no deben pasar los 44 pies extendidas.
- Las escaleras deben amarrarse, se las coloca con una inclinación de 75° o aproximadamente a 1 pie fuera de la pared por cada 4 pies de elevación.
- Se prohíbe trabajar sobre los últimos tres peldaños desde arriba, a menos que la estructura permita un agarre adecuado para el trabajador.
- Los trabajadores deben utilizar la escalera uno a la vez, al subir o bajar de la escalera deben dar la cara a la escalera.
- Los trabajadores deben tener las manos libres durante el ascenso o descenso de la escalera.

Para información más detallada, consultar en: OSHA 3124-12R 2003, Stairways and Ladders A Guide to OSHA Rules; y la DSST-NT-01 Nota técnica, Trabajos en alturas, protección.

En la limpieza de ventanas y claraboyas puede ser necesario el uso de andamios, cuando sea el caso se recomienda seguir las especificaciones de OSHA 1926 apartado L, Andamios; y la DSST-NT-01 Nota técnica, Trabajos en alturas, protección. Siempre que la actividad se considere un trabajo en altura (mayor a 1.8 metros sobre el nivel del piso), es obligatorio el uso de equipo de protección anticaída. Si este es su caso recurra a la siguiente literatura para más información: OSHA 29 CFR 1926.501 protección de caídas; DSST-NT-01 Nota técnica, Trabajos en alturas, protección.



Programa de mantenimiento y conservación del sistema de iluminación en espacios interiores.


Rev. 00

Páginas: 10

5.3 Instrucciones de limpieza

Instrucciones de limpieza de componentes asociados a la iluminación (reflectores y difusores). Se deben mantener registros en una bitácora, sobre los detalles y fechas de mantenimiento.

COMPONENTES	INSTRUCCIONES DE LIMPIEZA	COMENTARIOS
Plástico Vidrio Carcasas	<ul style="list-style-type: none">• Pase un paño suave y húmedo	<ul style="list-style-type: none">• No utilice detergentes (fuertes).• Para los componentes de plástico, utilice únicamente detergentes antiestáticos sin alcohol.• No utilice productos de pulido o abrasivos para limpiar componentes de plástico.• No utilice un paño seco para limpiar componentes de plástico. Podría acumular electricidad estática y atraer el polvo.
Plástico con estructura	<ul style="list-style-type: none">• Pase un paño suave y húmedo a lo largo de la luminaria, describiendo ángulos rectos.• Efectúe la limpieza con un cepillo suave	<ul style="list-style-type: none">• Resise los comentarios anteriores.
Reflectores de aluminio	<ul style="list-style-type: none">• Pase un paño suave. <p>Si existe suciedad difícil de eliminar: siga los siguientes pasos:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Lavar el reflector con un detergente suave.2. Eliminar el jabón y la suciedad con un equipo de vapor (aprox. 150 °C).3. Repetir el paso 1 y 24. Esperar que el reflector se seque.5. Comprobar que no queden gotas, para evitar marcas visibles después del secado.	<ul style="list-style-type: none">• Empapar un paño suave con alcohol isopropílico (inflamable)• Utilice un paño suave y seco para eliminar la suciedad.

	Programa de mantenimiento y conservación del sistema de iluminación en espacios interiores.	
	Rev. 00	Páginas: 10

5.4 Instrucciones para el mantenimiento y limpieza cortinas y persianas

Las cortinas y persianas son elementos que no se deben descuidar en el sistema de iluminación, estos permiten regular y controlar la cantidad de luz natural que ingresa a un espacio. Sus óptimas condiciones permitirán un mejor aprovechamiento de la luz del sol. Se deben mantener registros del mantenimiento realizado.

Persianas:

- Las persianas tiene una garantía de 3 años, se debe planificar y presupuestar su recambio en el tiempo.
- Se debe procurar mantener las laminillas inclinadas. En posición horizontal, puede producirse un pandeo de las mismas.
- Evite limpiar con jabones fuertes, blanqueadores, soluciones químicas, solventes o abrasivos que puedan causar daños al producto.
- Al limpiar los vidrios, recoja completamente las persianas, evite que estas entren en contacto con productos químicos.
- Realice la limpieza una vez por semana. Cierre totalmente las láminas de la persiana. Retire el polvo con ayuda de un plumero en sentido de arriba hacia abajo. Luego gire las láminas hacia el exterior y repita el procedimiento.
- Lubrique las laminillas con productos especializados.
- No haga presión en las láminas y evite doblar los bordes de las mismas.

Cortinas:

- Retire el polvo de la cortina con ayuda de un plumero, paño blanco limpio o una aspiradora de boquilla suave.
- Limpiar los soportes, cabezales y rieles con ayuda de un compresor o una aspiradora.
- Evite mojar las telas, por su nivel de exposición solar, la tela puede presentar cristalización, decoloración, manchas o encogimiento.



Programa de mantenimiento y conservación del sistema de iluminación en espacios interiores.

Rev. 00

Páginas: 10

- No utilice lavadora convencional ni secadora, contacte personas especializadas.

5.5 Mantenimiento de paredes, ventanas y claraboyas.

Paredes, pisos y techos. Estas superficies deben estar libres de polvo y suciedad que limiten la reflectancia de la luz. Se debe seleccionar materiales y acabados que proporcionen una reflectancia no especular de entre el: 40-60% en paredes, 70-90% en el techo y el 30-50% en pisos.

Ventanas y claraboyas. Deben estar libres de polvo, adhesivos, papeles, pintura y otros objetos que impidan que la luz del sol ingrese al interior. Se recomienda limpiar una vez al año por dentro y por fuera. Si el acceso a las ventanas está situadas a más 1,8 metros sobre el nivel del suelo, seguir las recomendaciones del apartado 5.2 de este documento.

5.6 Manejo de residuos peligros (tubos fluorescentes)

- Designar una zona de almacenamiento temporal para residuos peligrosos, este debe contar con cubierta, debe ser hermético, con protección de ingresos de extraños y cartel de identificación.
- Una vez desmontada la lámpara, llevarla hasta la zona de almacenamiento. Se debe conservar un MSDS, en la zona de almacenamiento, de los tubos fluorescentes y capacitar al personal sobre su uso.
- Los tubos fluorescentes obsoletos deben embalarse como vienen de fábrica, de forma individual con el protector de cartón y posteriormente en una caja de cartón de mayor tamaño de forma que puedan ser transportados sin riesgo de rotura. Esta caja irá rotulada como “Tubos fluorescente usados” y se cerrará con cinta adhesiva. A falta de cajas para el embalaje, los tubos se puede sujetar con cinta adhesiva en grupos pequeños, para evitar su caída y rotura. Estos deben ser apilados de manera segura.



Programa de mantenimiento y conservación del sistema de iluminación en espacios interiores.

Rev. 00

Páginas: 10

- Una vez lleno el depósito, se debe gestionar la entrega, en coordinación con el área de medio ambiente, a un gestor ambiental calificado por el MAE (Ministerio de Ambiente del Ecuador). Para él envío se deben empacar en un solo recipiente e identificarlo con la etiqueta mostrada en el anexo 1 de este procedimiento.
- Se debe mantener registros de los residuos generados y de su disposición final.

6 Elementos de protección personal

- **Protección respiratoria.** En situaciones de tubos rotos, utilizar mascarillas con filtro de partículas. En situación de incendio utilizar equipos SCBA.
- **Protección de las manos.** En caso de manipulación de tubos fluorescentes rotos, utilizar guantes resistentes (de carnaza) de manga larga. Manipulación en condiciones normales, guantes de nitrilo o caucho natural.
- **Protección de la vista:** Se recomienda el uso de gafas de seguridad durante la manipulación de tubos fluorescentes.
- **Protección de la piel y cuerpo.** Empleo de ropa de trabajo cubriendo extremidades, use zapatos de seguridad, de preferencia con protección eléctrica.

7 Referencias

- OSHA 3124-12R 2003, Stairways and Ladders A Guide to OSHA Rules.
- DSST-NT-01 Nota técnica, Trabajos en alturas, protección.
- OSHA 29 CFR 1926.501 Protección de caídas.
- OSHA 1926 apartado L, Andamios

8 Documentación

Se debe generar registros que evidencien la gestión:



Programa de mantenimiento y conservación del sistema de iluminación en espacios interiores.	
Rev. 00	Páginas: 10

- Bitácora de mantenimiento
- Registro de generación de desechos
- Evaluación de aptitud médica para trabajos en altura



Programa de mantenimiento y conservación del sistema de iluminación en espacios interiores.

Rev. 00

Páginas: 10

9. Anexo 1: Etiqueta de identificación de residuos peligrosos.

 TÓXICO 6.1	NOMBRE DEL DESECHO PELIGROSO Y/O ESPECIALES: Luminarias, lámparas, tubos fluorescentes, focos ahorradores usados que contengan mercurio.	
Clave: NE - 40		
DATOS DEL GENERADOR: Nombre: _____ Dirección: _____ Teléfono: _____	MEDIDAS DE PRECAUCIÓN: Uso de EPP adecuado como: guates, gafas, zapatos de seguridad, mascarilla, ropa adecuada.	
NATURALEZA DE LOS RIESGOS: TOXICO Inflamabilidad: No combustible	INSTRUCCIONES EN CASO DE CONTACTO O EXPOSICIÓN: <ul style="list-style-type: none"> • Corte con vidrio: Realizar procedimientos de primeros auxilios normales y busque asistencia médica. • Ojos: Lavar inmediatamente con abundante agua y consulte inmediatamente a un médico especialista. • Piel: Lave a fondo el área afectada con jabón suave o detergente y agua. Acuda al médico si se presenta irritación. • Ingestión: En caso poco probable, de ingestión de una cantidad grande de material, acuda al médico. • Inhalación: Si se presenta incomodidad, irritación o síntomas de afectación pulmonar, aléjese de la exposición y busque asistencia médica. 	
Fecha de envasado: _____		
DESCRIPCION DESECHO: Luminarias, lámparas, tubos fluorescentes, focos ahorradores usados que contengan mercurio.		
DECLARACIÓN DE RIESGOS: No existen peligros a la salud conocidos por la exposición a los tubos y focos, si estos permanecen intactos. En caso de rotura se debe tener en cuenta lo siguiente. Contacto con los ojos: Produce moderada irritación. Piel: El contacto continuo puede ocasionar dermatitis crónica. Ingestión: Es un tóxico. Inhalación: En caso de rotura, puede existir afectación pulmonar debido a la inhalación de vapor de mercurio.		
PESO KG: _____ ESTADO: Sólido		
INCOMPATIBLE: Gases inflamables		
INSTRUCCIONES EN CASO DE INCENDIOS/DERRAME/GOTEO: INCENDIOS: • Agentes extintores: Polvo Químico Seco DERRAME: En caso de rompimiento de tubos, ventilar el área afectada y evitar inhalación; si no existe ventilación disponible, use protección respiratoria. Limpiar con aspiradora de mercurio u otro medio conveniente que evite la generación de polvo y vapor de mercurio, recoger apropiadamente los residuos en una bolsa plástica gruesa, sellar y empacar en cartón para evitar la generación de polvo; si la rotura es después del empaque, no abrir dicho empaque, sellar nuevamente y almacenar.		
INSTRUCCIONES PARA ALMACENAMIENTO Y MANEJO: Local techado, ventilado, acceso restringido, piso impermeable, equipo de emergencia para derrame.		
INFORMACIÓN ADICIONAL:		

6.8. Administración

Esta propuesta queda bajo la gestión de la Unidad de Seguridad y Salud de la Universidad Técnica de Ambato para su gestión y seguimiento en coordinación con los responsables de cada Facultad.

También se debe involucrar y trabajar de manera conjunta con las autoridades responsables de la gestión ambiental, para la asignación de un área de almacenamiento para los residuos peligrosos, así como coordinar la disposición final de estos con ayuda de un gestor ambiental calificado.

Se deberá involucrar a las autoridades en el afán de que el diseño de las nuevas instalaciones considere la incorporación de sistemas de iluminación inteligente. Así como la orientación respecto al norte que debería tener las fachas de futuras construcciones, que permitan tener un mejor aprovechamiento de la luz natural.

6.9. Previsión de la evaluación

En el trabajo realizado se ha evaluado y analizado bajo qué condiciones de iluminación se encuentran los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi. Se han identificado los laboratorios que requieren atención inmediata, para los cuales se ha elaborado un programa de mantenimiento que debe ejecutarse, conforme se asignen los recursos por cada uno de los responsables pertinentes de cada Facultad.

Se ha analizado varias opciones para el recambio de luminarias, hacia tecnología LED de menor consumo energético. Queda abierta la puerta a nuevos estudios multidisciplinarios, de carácter médico-psicosocial-docente-ingenieril, que determinen con más exactitud la influencia de la iluminación en el rendimiento de las actividades académicas y que incluya a estudiantes. También se deben hacer estudios de eficiencia energética que permita tomar decisiones a favor del medio ambiente.

6.10. Bibliografía


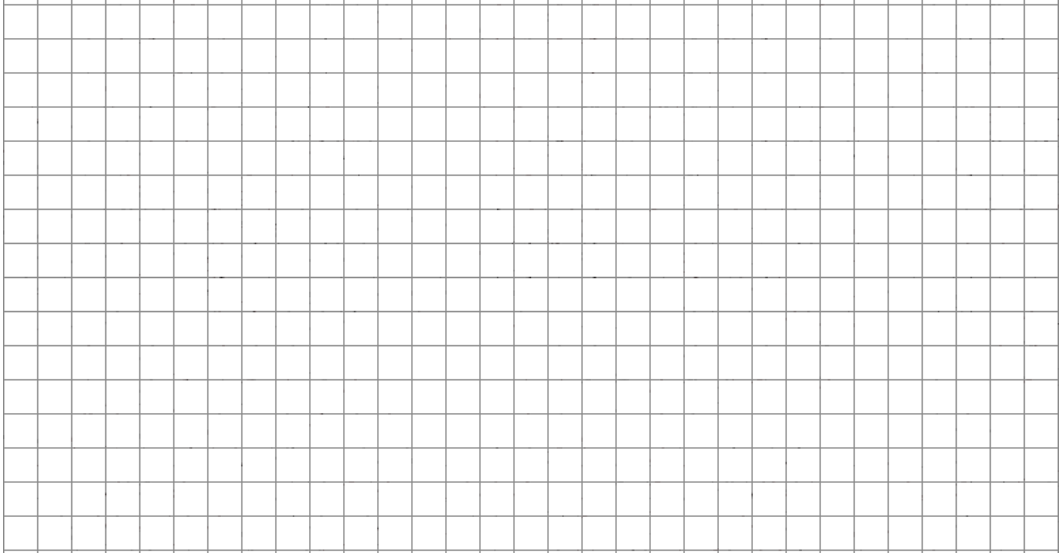
- Arentsen, J. (1985). *Luz, egos y universos*. Santiago: Mueller S.A.
- ArtEstudio*. (10 de 08 de 2017). Obtenido de <http://artesstudio.blogspot.com/p/colores-calidos-y-frios.html>
- Beltrán, J., & Merchán, C. (2013). Niveles de Iluminación y su relación con los posibles efectos visuales en los empleados de un IPS de Bogotá. *Fisioterapia Iberoamericana*, 31-37.
- Bermeo, C., & Granda, L. (2013). *Estudio técnico de iluminación en las aulas del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el período 2011-2012*. Latacunga: UTC.
- Boreman, G. (1999). *Fundamentos de Electro-Óptica para ingenieros*. SPIE Press.
- Chapa, J. (2004). *Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría*. México: LIMUSA.
- Chimborazo, J. (2015). *Identificación de riesgos del nivel de iluminación de aulas, talleres y laboratorios de la facultad de mecánica - ESPOCH bajo normas vigentes*. Riobamba: ESPOCH.
- Colombia, M. d. (2010). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público*. Bogotá.
- Comité técnico AEN/CTN 72 iluminación y color . (2012). UNE-EN 12464.1 Iluminación en los lugares de trabajo. Madrid: AENOR.
- Farrer, F., Minaya, G., Niño, J., & Ruiz, M. (1995). *Manual de Ergonomía*. Madrid: MAPFRE.
- Fernández, Gámiz, García, Moraga, & Peña. (2012). Calidad educativa y espacios de trabajo universitarios. *ReiDoCrea*, 126-131.
- Folguera, E., & Muros, A. (2013). *La iluminación artificial es arquitectura*. Barcelona.
- Gac, A. (2014). *Técnico electricista 12 - Luminotecnia*. Buenos Aires.
- Galeano, M. (2004). *Diseño de proyectos en la investigación cualitativa*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- González, D. (2007). *Ergonomía y psicología*. FC Editorial.

- González, M., Ortiz, J., Salom, J., & Higuera, J. (2013). DYNAMIC DAYLIGHT SIMULATION AND VISUAL COMFORT SURVEY IN MEDITERRANEAN CLIMATE. CASE STUDY IN OFFICE BUILDING. *13th Conference of International Building Performance Simulation Association*, 3010.
- Gracia, J. (26 de Agosto de 2014). *Iluminet*. Obtenido de <http://www.iluminet.com/patrones-consumo-energetico/>
- GreenYellow España. (07 de Julio de 2017). *Greenyellow*. Obtenido de <https://www.greenyellow.es/blog/item/62-eficiencia-energetica-para-el-medio-ambiente>
- Guasch, J. (s.f.). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*.
- Henao, F. (2014). *Riesgos Físicos II - Iluminación*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- Herrera, L., Arnaldo, M., & Naranjo, G. (2010). *Tutoría de la Investigación Científica*. Ambato.
- Jiménez, B. (2013). *Seguridad e Higiene en un obrador de panadería y bollería*. IC editorial.
- LEDBox. (25 de Agosto de 2017). *LEDBox*. Obtenido de <https://blog.ledbox.es/informacion-led/estandares-y-grados-de-proteccion-en-luminarias-led#>
- Lee, J.-H., Moon, J. W., & Kim, S. (2014). Analysis of Occupants' Visual Perception to Refine Indoor Lighting Environment for Office Tasks. *Energies*, 4117.
- Llaneza, J. (2009). *Ergonomía y psicología aplicada: Manual para la formación del especialista*. Valladolid: Lex Nova.
- Martinez, C., & Gonzalo, G. (2015). Condiciones de habitabilidad y confort en edificios escolares. Iluminación natural en aulas de escuelas de Tafi de Valle, Tucumán. *ResearchGate*, 01.25.
- Menéndez, F., Fernández, F., Llaneza, F., Vázquez, I., Rodríguez, J., & Espeso, M. (2009). *Formación superior en prevención de riesgos laborales*. Valladolid: LEX NOVA.
- Ministerio de Fomento de España. (12 de Septiembre de 2013). BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. *Documento Básico HE*. Madrid, España.
- Moreno, J., & Romero, M. (2010). *Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior*. Madrid: Paraninfo.

- Moro, M. (2011). *Instalaciones domóticas*. Madrid: Paraninfo.
- Myers, D. (2008). *Psicología*. Querétaro: Editorial Médica Panamericana.
- Philips. (2016). *Philips Light*. Obtenido de <http://www.lighting.philips.com/main/cases/cases/education/wintelre.html>
- Ramos, C. (2015). *Los paradigmas de la investigación científica*. La Molina: Unife.
- Robles, L. (2014). *Confort visual: Estrategias para el diseño de iluminación natural en aulas del sistema de educación básica primaria en el AMM Nuevo León*. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Serra, R., & Coch, H. (2001). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Serway, R., & Faughn, J. (2001). *Física*. México: Pearson.
- The IESNA. (2000). *Lighting Handbook*. New York: IESNA.
- Valero, A. (2013). *Principios de color y holopintura*. Alicante: ECU.
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. . *Revista educación*, 159.
- Yamin, J., Colombo, E., Rodríguez, R., & Patitini, A. (2015). Evaluación de confort visual en escenas con iluminación natural directa. *Acta del I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable*, (págs. 189-197). Tucuman.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha para luxometría

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FOR. 01
	FICHA PARA LUXOMETRÍA		
Locación:		Fecha de medición:	
Responsable:		Hora:	
Descripción de actividad:			
Tipo de iluminación: Natural___ Artificial___ Mixta___		Ventana: Abierta___ Cerrada___	
Iluminación: General___ Localizada___ Mixta___		Tipo de fuente lumínica: Incand.___ Descarga___ Mixta___	
Largo (m):		Índice de local:	
Ancho (m):		Número mínimo puntos medición:	
Altura (m):			
Croquis			
			
Nota:			
_____ Asistente		_____ Técnico	

Anexo 2. Medición del nivel de iluminación en los laboratorios del campus Huachi (continuación).

LABORATORIO	FECHA	HORA	TIPO	FUENTE	VENTANA	L [M]	A [M]	Hm [M]	RI	PM	Ep	Emax	Emin	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 4		PUNTO 5		PUNTO 6		PUNTO 7		PUNTO 8		PUNTO 9	
														max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
PC2	26/5/2016	11:04	Mixta	Descarga	Cerrada	8,4	5,75	2,08	1,64	9	440,63	499,7	371,7	412	412	372	271	494	493	409	409	388	386	460	459	434	434	501	500	498	498
														412	412	371	371	492	492	409	409	386	386	461	461	433	433	496	496	500	500
														410	410	372	372	493	493	409	409	387	387	465	465	435	435	497	496	501	501
														411,3		371,7		493		409		387		462		434		498		499,7	
PC3	26/5/2016	10:46	Mixta	Descarga	Cerrada	8,2	5,7	2,08	1,62	9	417,16	534	314	441	400	396	396	314	314	465	465	534	534	412	412	360	360	490	490	357	356
														430	429	396	396	314	314	465	465	534	534	412	412	361	360	491	490	340	340
														433	432	396	396	314	314	465	465	534	534	412	412	361	360	491	490	345	344
														434,7		396		314		465		534		412		360,7		490,7		347,3	

Nota. *RI* = índice de local, *PM* = número mínimo de puntos de medición, *Ep* = nivel de iluminación promedio, *Er* = nivel de iluminación requerida, *Emáx* = iluminación máxima, *Emin* = iluminación mínima.

Los valores de iluminación requerida y uniformidad son tomados de la tabla 5.36 establecimientos educativos de la UNE-EN 12464-1 Iluminación de los lugares de trabajo.

Anexo 3. Encuesta



**ENCUESTA PARA LA DETERMINACIÓN
DEL CONFORT VISUAL**

FOR 02

Laboratorio:

Edad:

Fecha:

Sexo: Masculino..... Femenino.....

Hora:

Lentes: Si..... No.....

Califique (marcando con una X) las siguientes afirmaciones de acuerdo con la escala a continuación:

5 = Muy de acuerdo

2 = en desacuerdo

4 = De acuerdo

1 = muy en desacuerdo

3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo

	5	4	3	2	1
1. Este es un ambiente visualmente cómodo para las actividades académicas.					
2. Estoy satisfecho con el aspecto visual del laboratorio.					
3. El laboratorio está libre de superficies brillantes que causen deslumbramientos. (En caso de existir especifique.....).					
4. Estoy satisfecho con la cantidad de luz para el trabajo en la computadora.					
5. Estoy satisfecho con la cantidad de luz para lectura y trabajos en papel.					
6. La pantalla del ordenador es legible y no tiene reflejos.					
7. La iluminación se distribuye bien.					
8. Mi espacio de estudio es libre de sombras					

Valorar lo siguiente utilizando la escala de diferencial semántico proporcionado (de demasiado brillante ha demasiado opaco):

5 = demasiado brillante

2 = opaco

4 = brillante

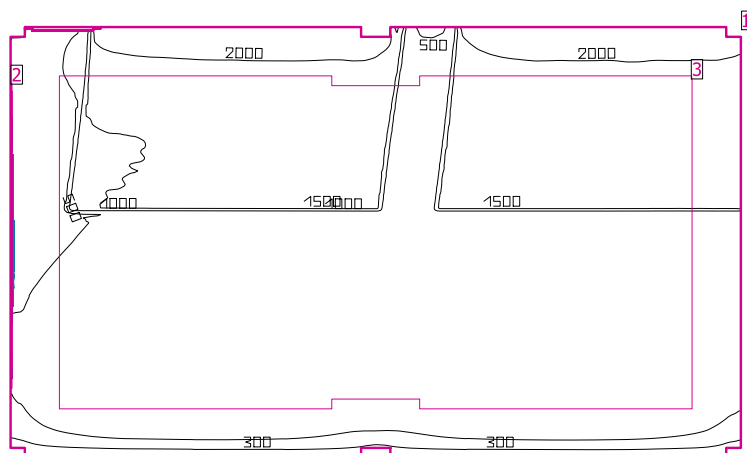
1 = demasiado opaco

3 = ni brillante ni opaco

	5	4	3	2	1
1. Cuando miro hacia el frente la escena que veo me parece.					
2. Cuando miro a mi izquierda la escena que veo parece.					
3. Cuando miro a mi derecha la escena que veo parece.					
4. Me parece que el techo a ser.					

Anexo 4. Fichas de cálculo DIALux para luz natural.

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 7:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 1090 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	1026 (≥ 500)	204	2477	0.20	0.08

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	552 (≥ 500)	424	701	0.77	0.60
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	642 (≥ 100)	440	857	0.69	0.51

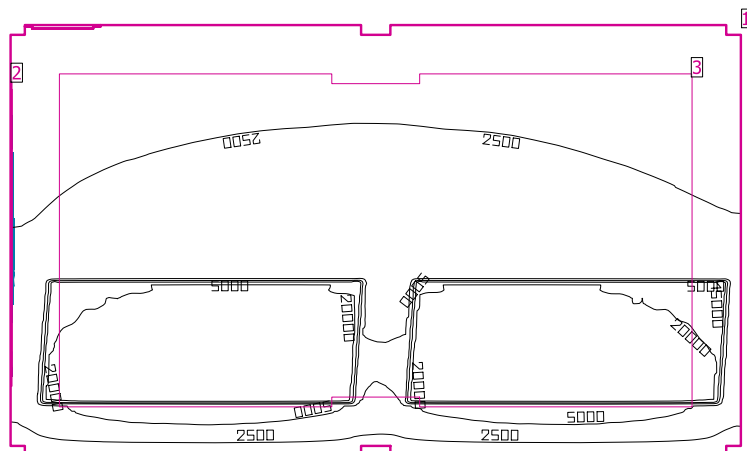
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.824	2.582	7.645	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 9:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 6756 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	7322 (≥ 500)	1001	22350	0.14	0.04

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	3016 (≥ 500)	2050	4312	0.68	0.48
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	8838 (≥ 100)	2341	19811	0.26	0.12

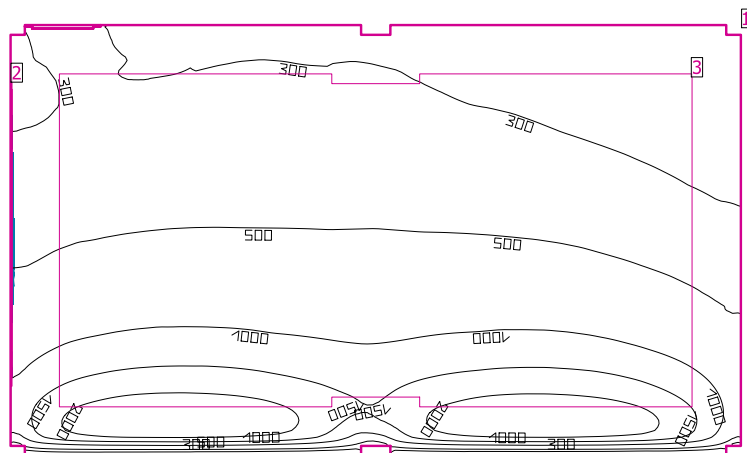
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.824	2.582	7.645	/	/
---	--	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 13:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 19237 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	726 (≥ 500)	140	2433	0.19	0.06

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	518 (≥ 500)	295	973	0.57	0.30
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	706 (≥ 100)	296	1308	0.42	0.23

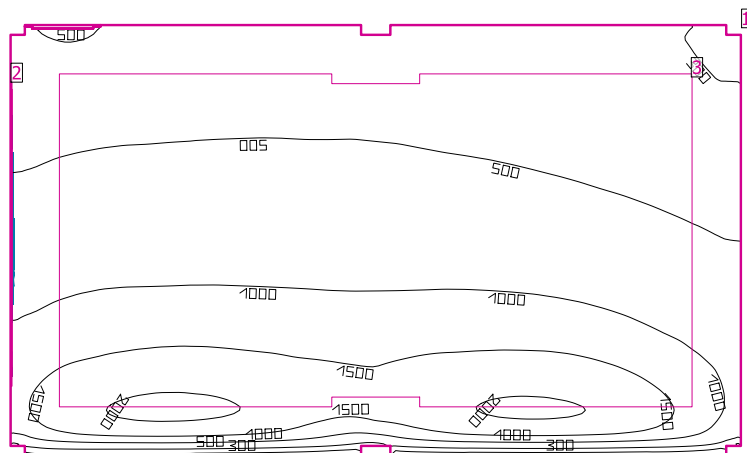
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.824	2.582	7.645	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 15:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 8403 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	855 (≥ 500)	189	2098	0.22	0.09

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	777 (≥ 500)	413	1543	0.53	0.27
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	787 (≥ 100)	415	1078	0.53	0.38

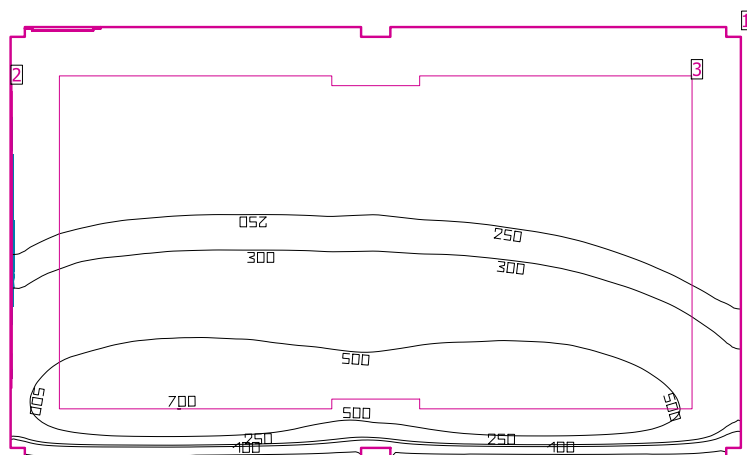
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.824	2.582	7.645	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 17:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 2098 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	304 (≥ 500)	67.5	700	0.22	0.10

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	284 (≥ 500)	151	560	0.53	0.27
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	277 (≥ 100)	154	371	0.56	0.42

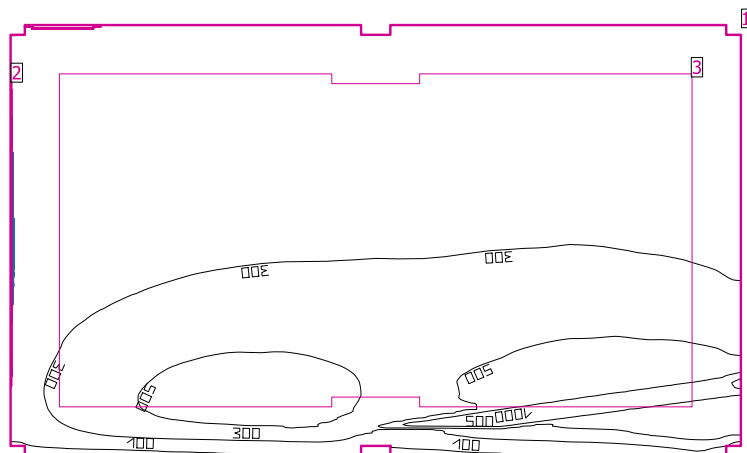
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.824	2.582	7.645	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 7:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 1090 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	304 (≥ 500)	64.1	2126	0.21	0.03

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	183 (≥ 500)	121	306	0.66	0.40
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	258 (≥ 100)	149	375	0.58	0.40

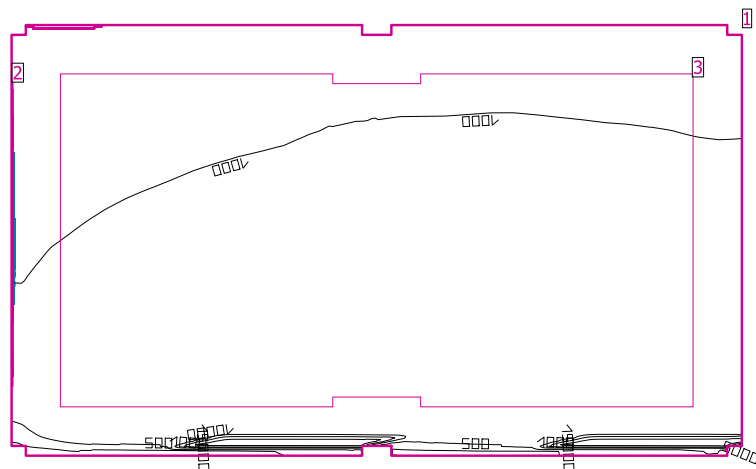
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.824	2.592	7.644	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 9:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 6756 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	1896 (≥ 500)	371	18187	0.20	0.02

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	961 (≥ 500)	627	1555	0.65	0.40
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	1569 (≥ 100)	831	2210	0.53	0.38

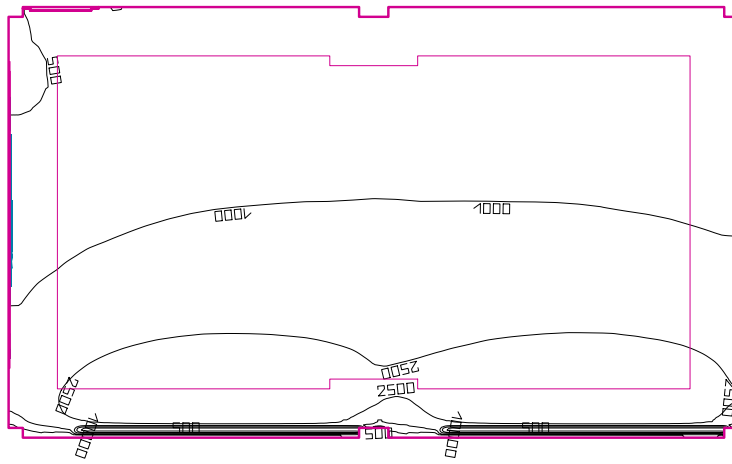
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.824	2.592	7.644	/	/
---	--	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 12:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 25930 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] * Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	1506 (≥ 500)	336	13680	0.22	0.02

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] * Área circundante: 0.100 m	777 (≥ 500)	502	1270	0.65	0.40
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] *	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] * Zona marginal: 0.500 m	1359 (≥ 100)	634	2314	0.47	0.27

Luz diurna

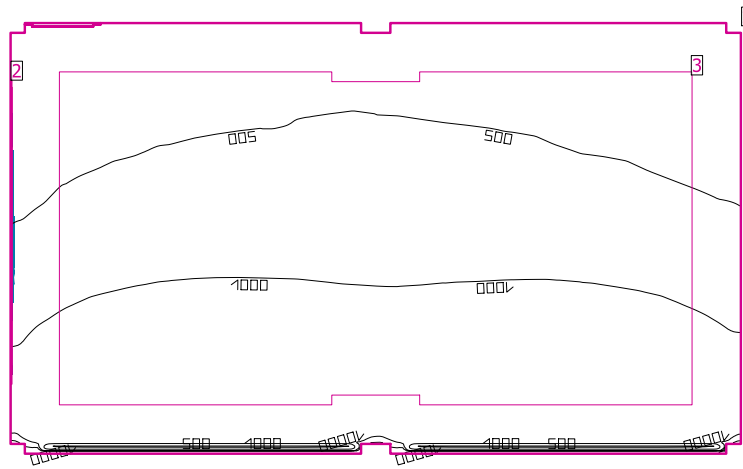
Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.824	2.592	7.644	/	/
---	--	-------	-------	-------	---	---

*¡Este resultado ya no es actual! Posiblemente se haya modificado o añadido un objeto. Para obtener resultados actuales debería calcularse el proyecto completamente.

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 12:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 25930 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	1250 (≥ 500)	291	10450	0.23	0.03

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	661 (≥ 500)	433	1085	0.66	0.40
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	1149 (≥ 100)	472	2315	0.41	0.20

Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.824	2.592	7.644	/	/
---	--	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 13:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 19237 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	1322 (≥ 500)	271	11508	0.20	0.02

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	832 (≥ 500)	493	1479	0.59	0.33
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	1200 (≥ 100)	494	2241	0.41	0.22

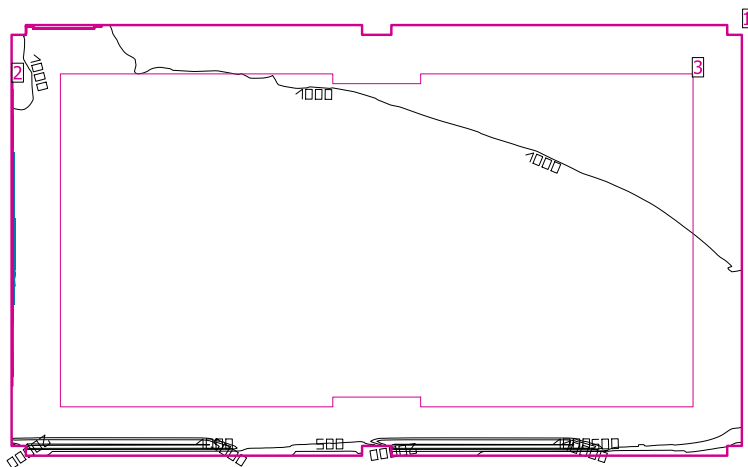
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.824	2.592	7.644	/	/
---	--	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 15:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 8403 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	2064 (≥ 500)	344	21181	0.17	0.02

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	1831 (≥ 500)	945	3694	0.52	0.26
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	1746 (≥ 100)	819	2484	0.47	0.33

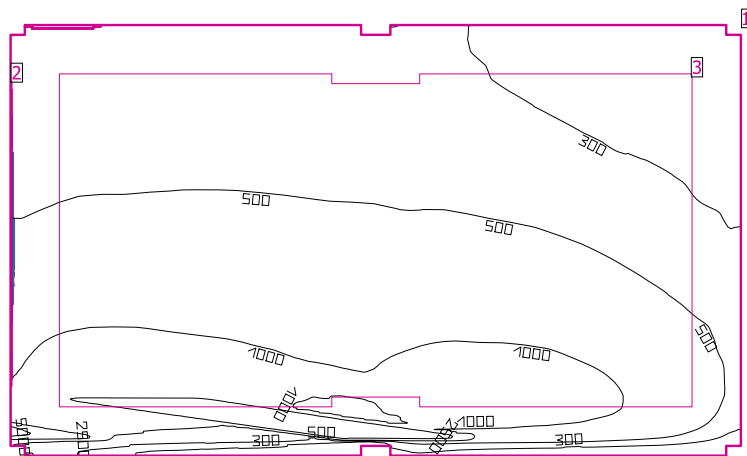
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.824	2.592	7.644	/	/
---	--	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 17:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 2098 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	672 (≥ 500)	118	5608	0.18	0.02

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	651 (≥ 500)	340	1298	0.52	0.26
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	544 (≥ 100)	287	764	0.53	0.38

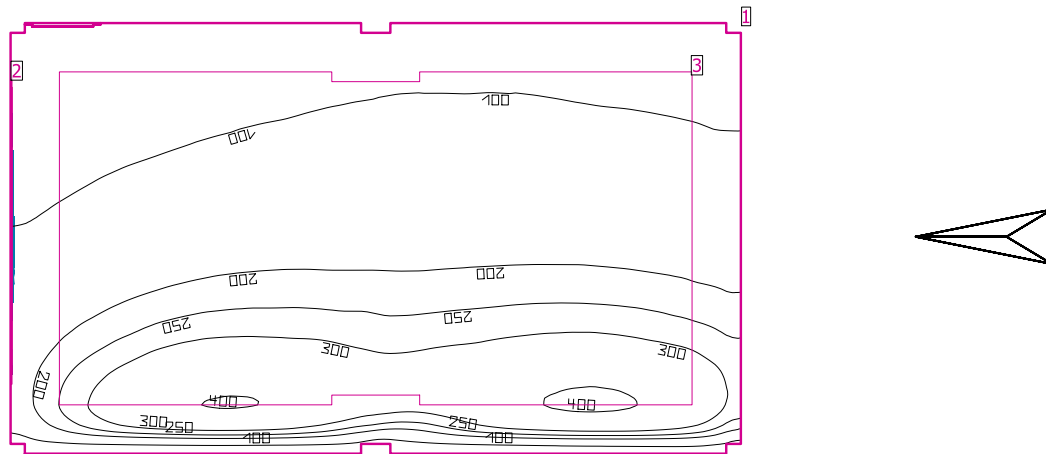
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.824	2.592	7.644	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 7:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 1090 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	181 (≥ 500)	37.0	410	0.20	0.09

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	113 (≥ 500)	68.9	199	0.61	0.35
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	164 (≥ 100)	95.3	220	0.58	0.43

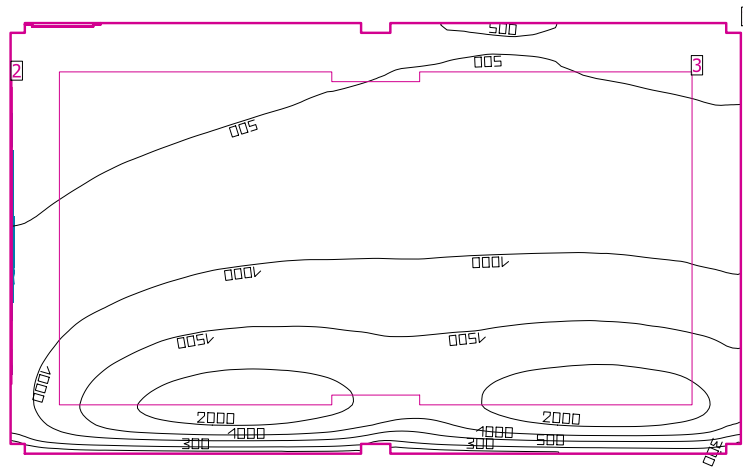
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.769	2.555	7.595	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 9:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 6756 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	975 (≥ 500)	193	2331	0.20	0.08

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	577 (≥ 500)	359	1000	0.62	0.36
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	888 (≥ 100)	481	1212	0.54	0.40

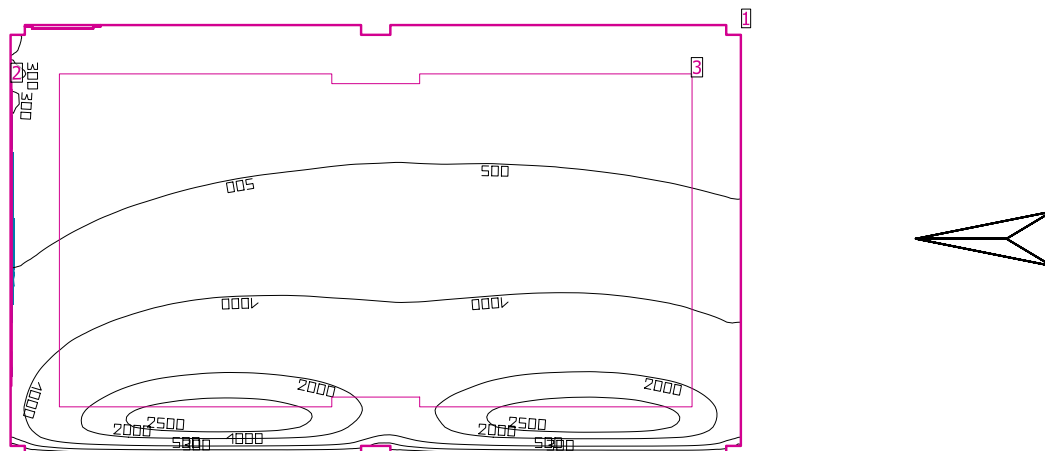
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.769	2.555	7.595	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 11:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 15436 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	909 (≥ 500)	189	2782	0.21	0.07

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	504 (≥ 500)	318	867	0.63	0.37
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	869 (≥ 100)	404	1485	0.46	0.27

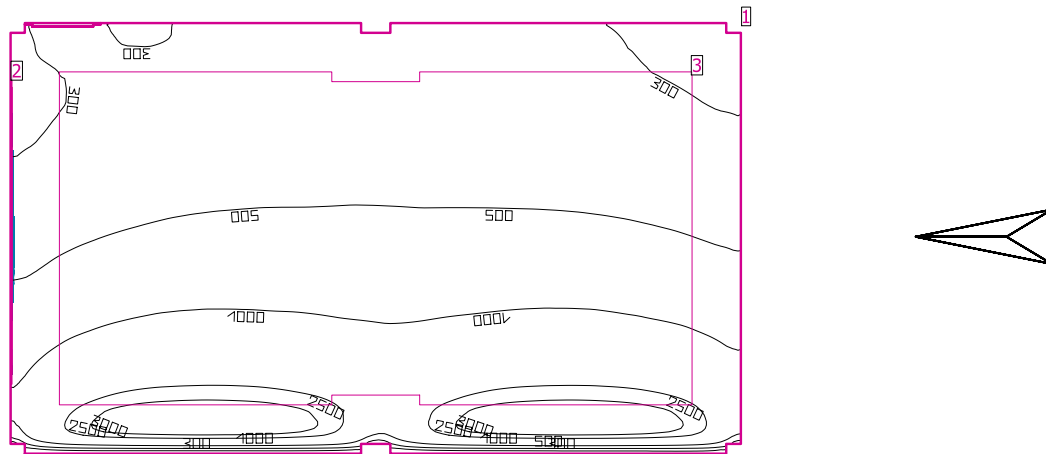
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.769	2.555	7.595	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 12:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 25930 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	913 (≥ 500)	182	3511	0.20	0.05

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	479 (≥ 500)	310	814	0.65	0.38
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	907 (≥ 100)	362	1873	0.40	0.19

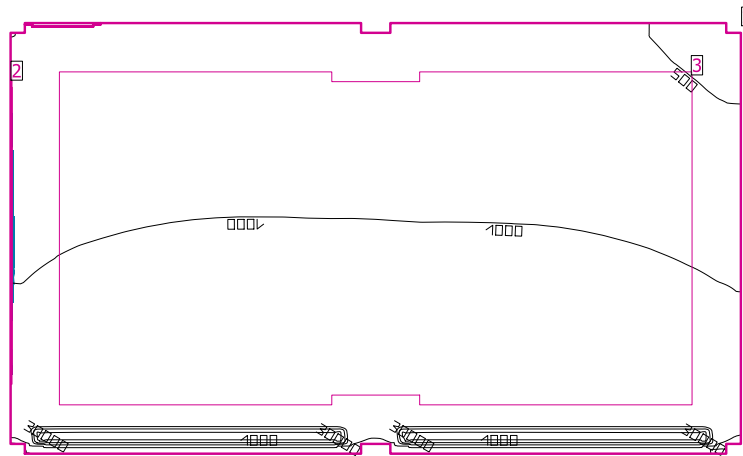
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.769	2.555	7.595	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 13:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 19237 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	2329 (≥ 500)	449	32766	0.19	0.01

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	982 (≥ 500)	618	1675	0.63	0.37
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	1467 (≥ 100)	654	2688	0.45	0.24

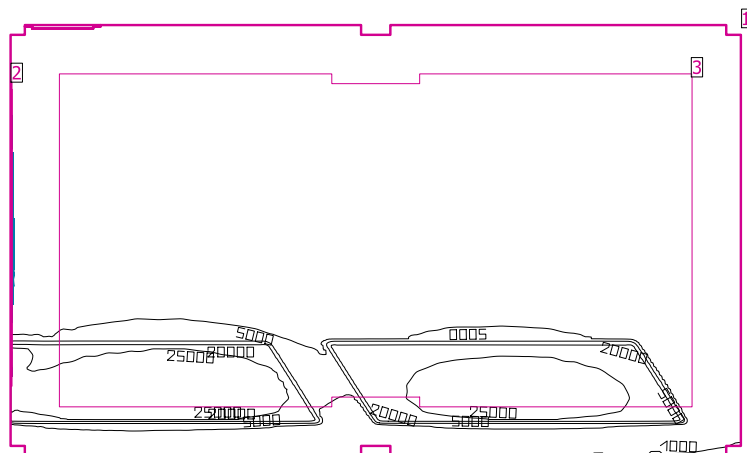
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.769	2.555	7.595	/	/
---	--	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 15:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 8403 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	6074 (≥ 500)	794	26123	0.13	0.03

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	3354 (≥ 500)	1756	13015	0.52	0.13
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	6406 (≥ 100)	1632	23308	0.25	0.07

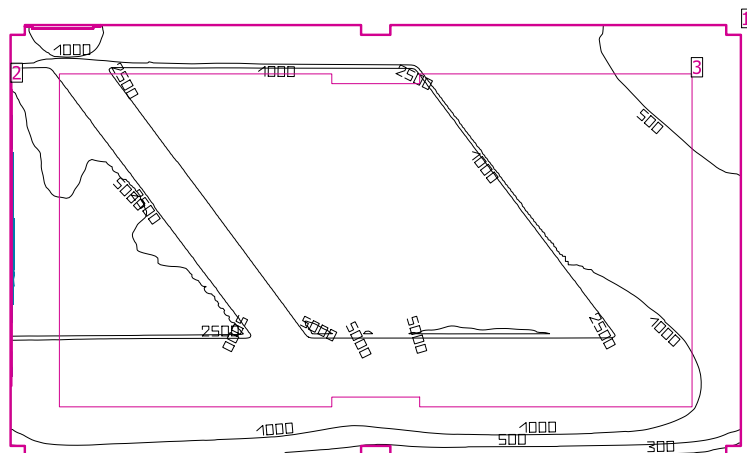
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.769	2.555	7.595	/	/
---	--	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 4/9/2017 17:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 2098 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	2508 (≥ 500)	253	6245	0.10	0.04

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	4499 (≥ 500)	946	8332	0.21	0.11
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	1439 (≥ 100)	566	5082	0.39	0.11

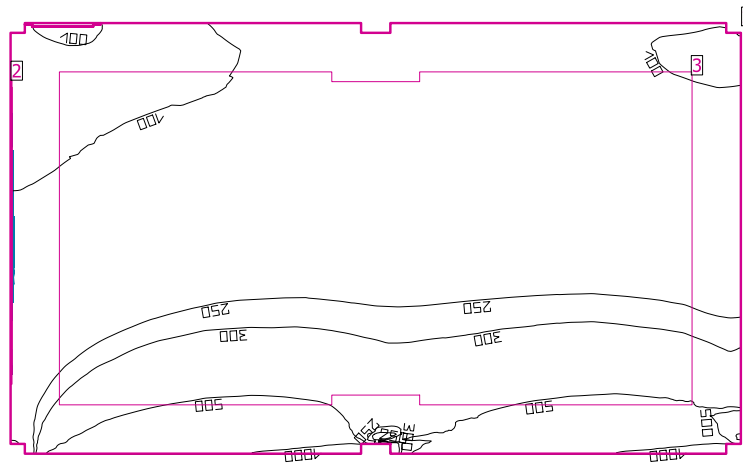
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	4.769	2.555	7.595	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 11/9/2017 7:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 1184 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	236 (≥ 500)	77.9	1452	0.33	0.05

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	138 (≥ 500)	92.5	231	0.67	0.40
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	262 (≥ 100)	124	456	0.47	0.27

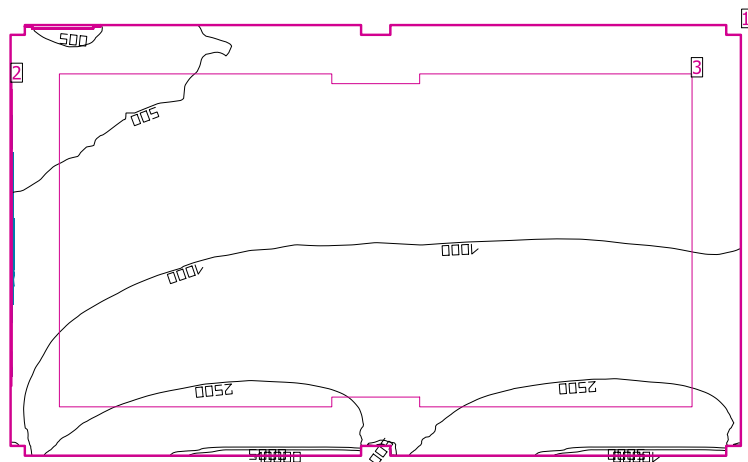
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	2.939	1.675	4.510	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 11/9/2017 9:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 6975 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	1340 (≥ 500)	389	12544	0.29	0.03

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	683 (≥ 500)	472	1111	0.69	0.42
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	1452 (≥ 100)	619	2667	0.43	0.23

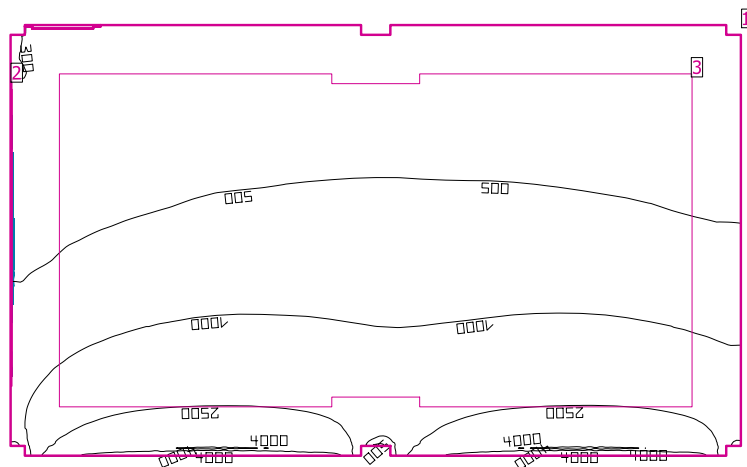
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	2.939	1.675	4.510	/	/
---	--	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 11/9/2017 11:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 16220 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	964 (≥ 500)	278	4536	0.29	0.06

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	533 (≥ 500)	357	902	0.67	0.40
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	1069 (≥ 100)	432	2248	0.40	0.19

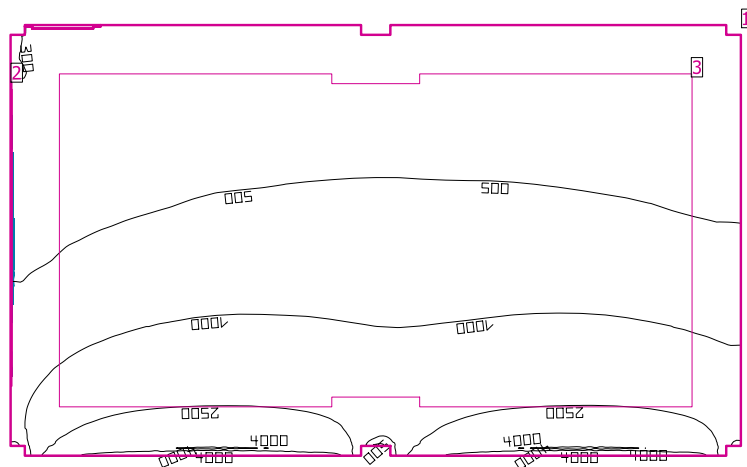
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	2.939	1.675	4.510	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 11/9/2017 12:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cenit: 33486 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	853 (≥ 500)	227	4842	0.27	0.05

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	485 (≥ 500)	329	850	0.68	0.39
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	917 (≥ 100)	348	2131	0.38	0.16

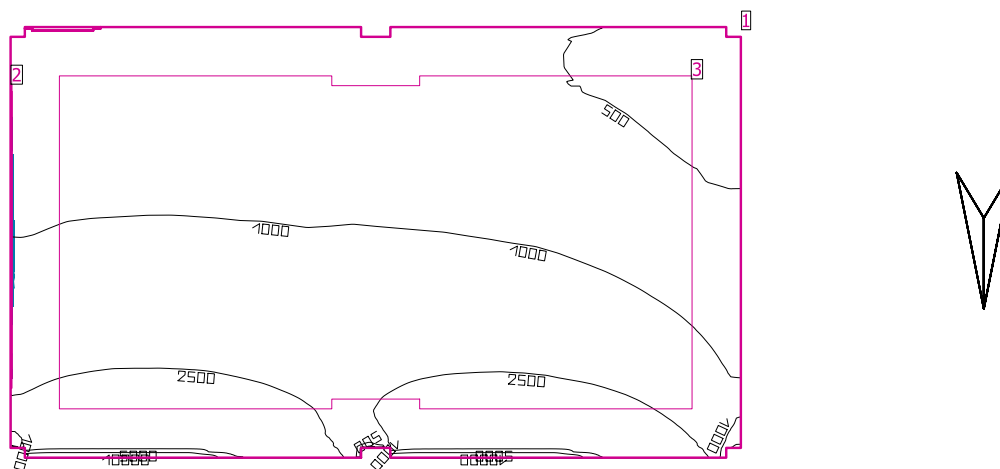
Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	2.939	1.675	4.510	/	/
---	---	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Información de luz diurna

Local: Quito (-1.26° N -78.62° E)

Modelo de cielo: Cielo medio (Luz solar directa)

Fecha y hora: 11/9/2017 15:00 (Hora est. Pacífico, Sudamérica)

Luminancia en el cénit: 8352 cd/m²

Condición ambiental: Limpio

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m³

Factor de contaminación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	1471 (≥ 500)	378	14205	0.26	0.03

EN 12464-1

2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	1200 (≥ 500)	639	2497	0.53	0.26
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	/ (≥ 300)	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	1540 (≥ 100)	612	2844	0.40	0.22

Luz diurna

Superficie útil de cociente de luz diurna 2	Cociente de luz diurna [%] Altura: 0.850 m, Altura: 0.850 m, Zona marginal: 1.000 m	3.087	1.757	4.748	/	/
---	--	-------	-------	-------	---	---

Potencia específica de conexión: 0.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Anexo 5. Fichas de cálculo DIALux para luz artificial.

Aula modelo 02

Índice

Aula modelo 02

FISEI

Edificación 2

Planta (nivel) 1

Local 2

Sinopsis de locales.....3

Plano de situación de luminarias.....4

Lista de luminarias.....5

Sistemas de redirección de luz diurna.....6

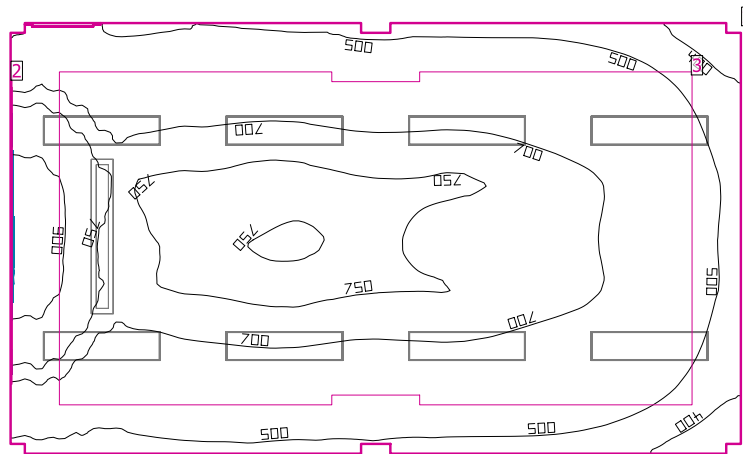
Resumen de resultados de superficies.....7

Resumen de resultados EN 12464.....8

Plano de trabajo / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....9

Pizarra / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....13

Local 2



Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano de trabajo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	651 (≥ 500)	320	999	0.49	0.32

EN 12464-1

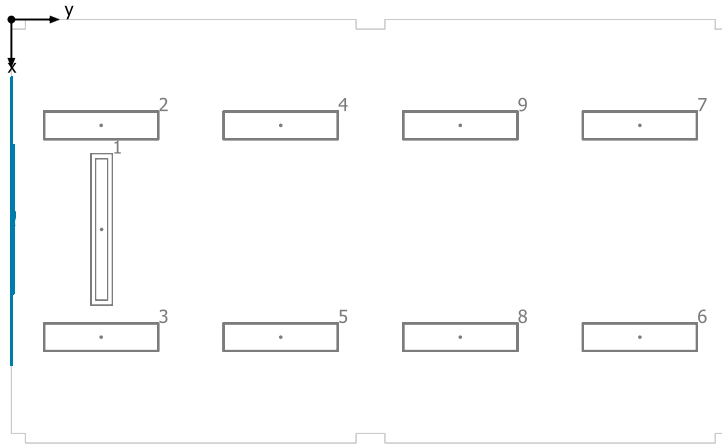
2 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	617 (≥ 500)	437	750	0.71	0.58
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	≥ 300	/	/	/	/
3 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	602 (≥ 100)	465	685	0.77	0.68

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
8 Philips Lighting - SM400C POE W30L120 1 xLED36S/830	3598	32.0	112.4
1 Philips Lighting - TCS649 1xTL5-49W HFP A_965	3092	54.0	57.3
Suma total de luminarias	31876	310.0	102.8

Potencia específica de conexión: 9.43 W/m² (Superficie de planta de la estancia 32.87 m²)

Consumo: 540 - 850 kWh/a de un máximo de 1200 kWh/a

Local 2



Philips Lighting TCS649 1xTL5-49W HFP A_965

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]
1	2.186	0.940	2.800

Philips Lighting SM400C POE W30L120 1 xLED36S/830

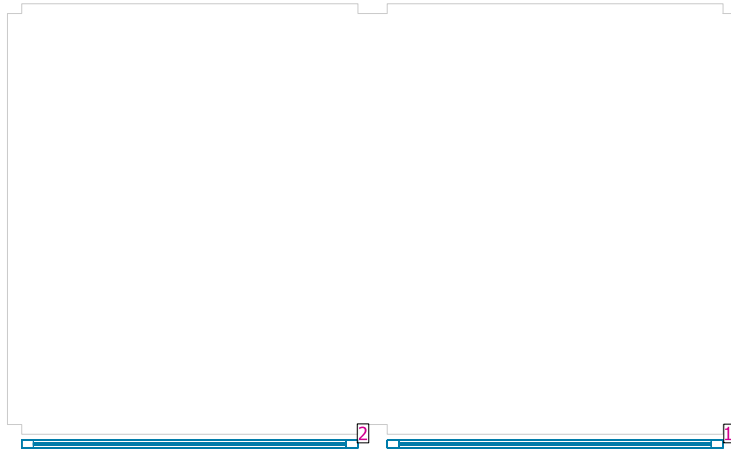
N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]
2	1.103	0.935	2.800
3	3.308	0.935	2.800
4	1.103	2.805	2.800
5	3.308	2.805	2.800
6	3.308	6.545	2.800
7	1.103	6.545	2.800
8	3.308	4.675	2.800
9	1.103	4.675	2.800

Local 2

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
8	<p>Philips Lighting - SM400C POE W30L120 1xLED36S/830 Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED36S/830/- Grado de eficacia de funcionamiento: 99.94% Flujo luminoso de lámparas: 3600 lm Flujo luminoso de las luminarias: 3598 lm Potencia: 32.0 W Rendimiento lumínico: 112.4 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas 1xLED36S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100</p>		
1	<p>Philips Lighting - TCS649 1xTL5-49W HFP A_965 Emisión de luz 1 Lámpara: 1xTL5-49W/965 Grado de eficacia de funcionamiento: 83.02% Flujo luminoso de lámparas: 3725 lm Flujo luminoso de las luminarias: 3092 lm Potencia: 54.0 W Rendimiento lumínico: 57.3 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas 1xTL5-49W/965: CCT 3000 K, CRI 100</p>		

Flujo luminoso total de lámparas: 32525 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 31876 lm, Potencia total: 310.0 W, Rendimiento lumínico: 102.8 lm/W

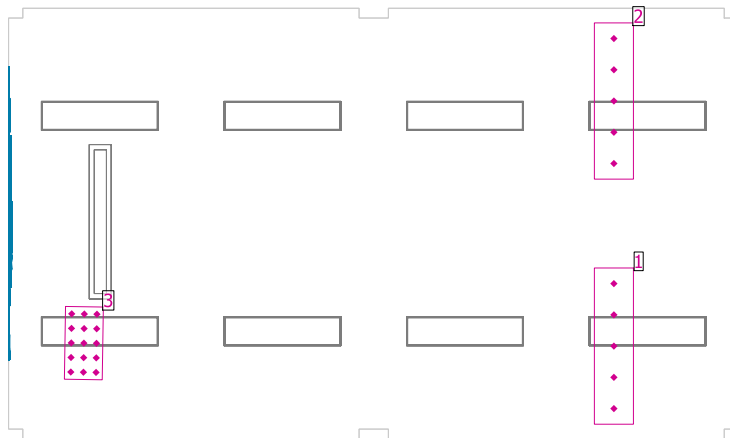
Local 2



Sistemas de fachada/Ventana para tejado

N°	Ventana	Elementos de la fachada
1	3.440 m x 2.400 m	Cristal triple de protección solar III
2	3.444 m x 2.400 m	Cristal triple de protección solar III

Local 2

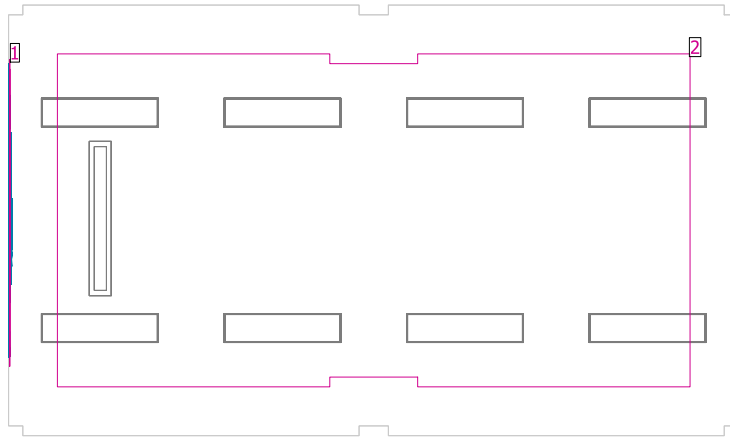


Altura del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 80.7%, Paredes 42.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Evaluación del deslumbramiento

	Superficie	Resultado	Min	Max	Valor límite
1	UGR pupitre ventana	UGR Altura: 1.200 m	<10	15.1	19.0
2	UGR pupitre fondo posterior	UGR Altura: 1.200 m	<10	15.0	19.0
3	UGR docente	UGR Altura: 1.200 m	<10	15.8	19.0

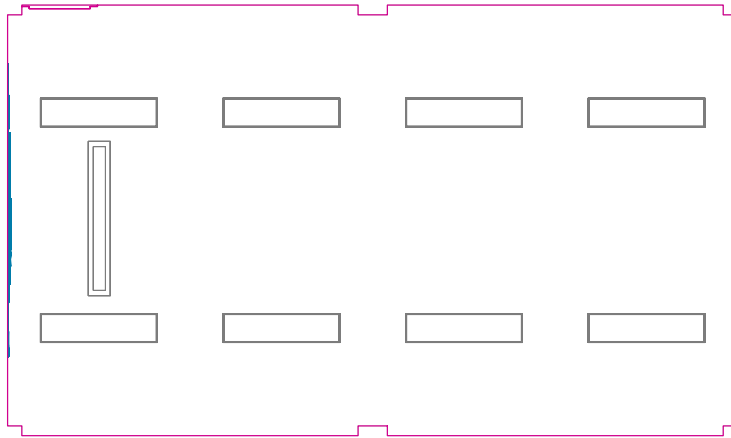
Local 2



EN 12464-1

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	617 (≥ 500)	437	750	0.71	0.58
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] / (≥ 300)	/	/	/	/	/
2 Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	602 (≥ 100)	465	685	0.77	0.68

Plano de trabajo / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



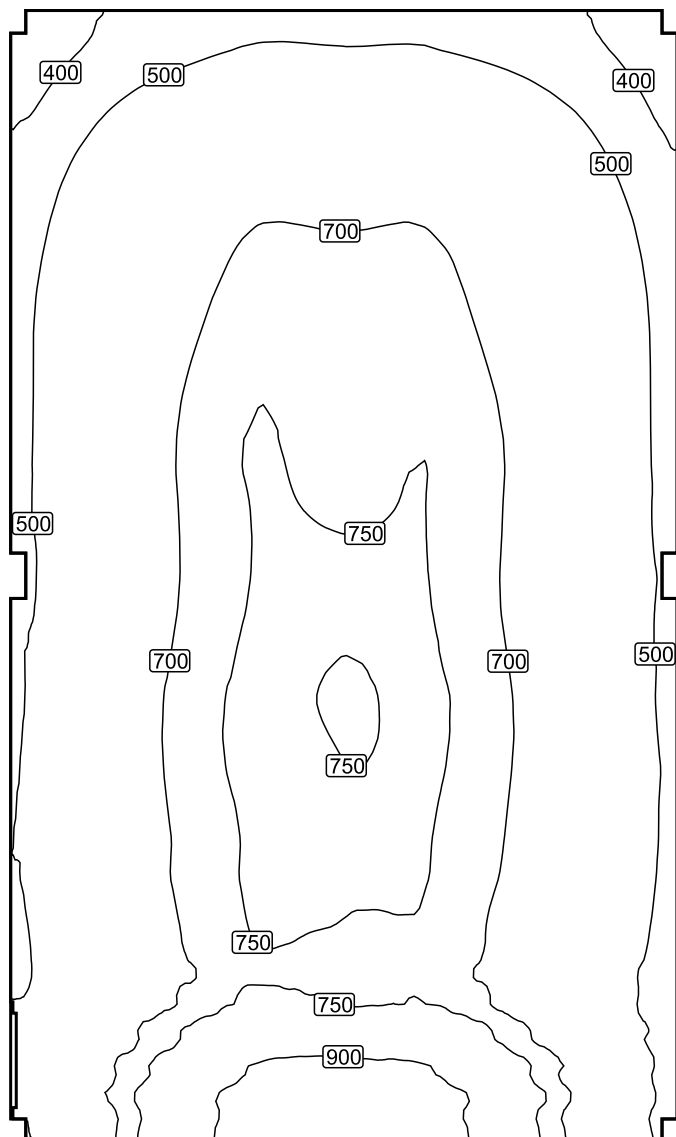
Plano de trabajo: Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 651 lx (Nominal: ≥ 500 lx), Min: 320 lx, Max: 999 lx, Mín./medio: 0.49, Mín./máx.: 0.32

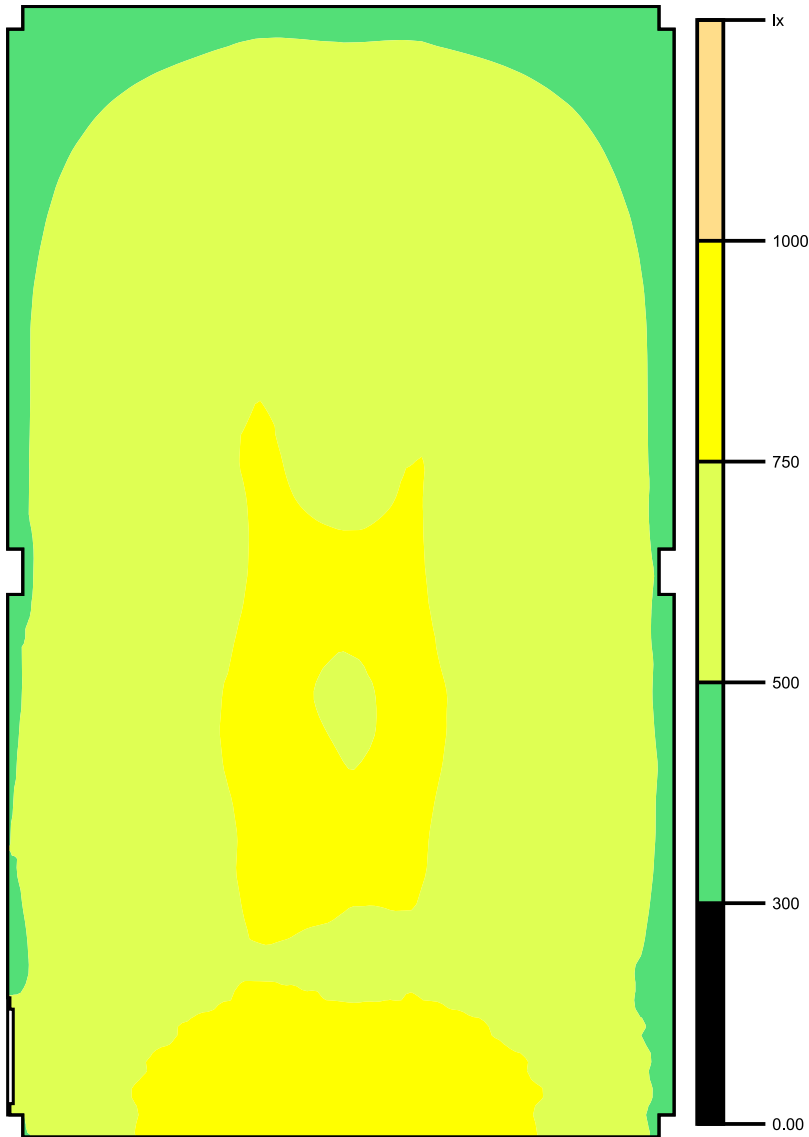
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 50

Colores falsos [lx]



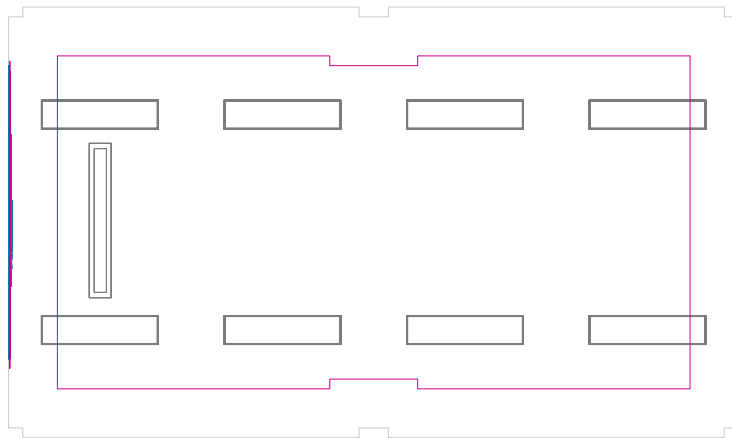
Escala: 1 : 50

Sistema de valores [lx]

+423	+522	+540	+518	+422
+534	+656	+676	+652	+522
+574	+705	+733	+697	+564
+587	+728	+734	+722	+578
+587	+723	+757	+717	+583
+597	+737	+745	+731	+586
+600	+727	+761	+720	+582
+589	+719	+736	+704	+562
+643	+848	+931	+847	+586

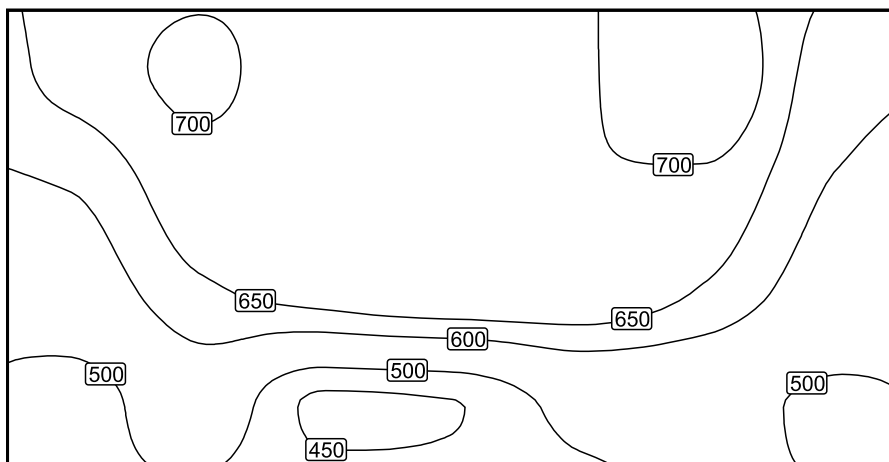
Escala: 1 : 50

Pizarra / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



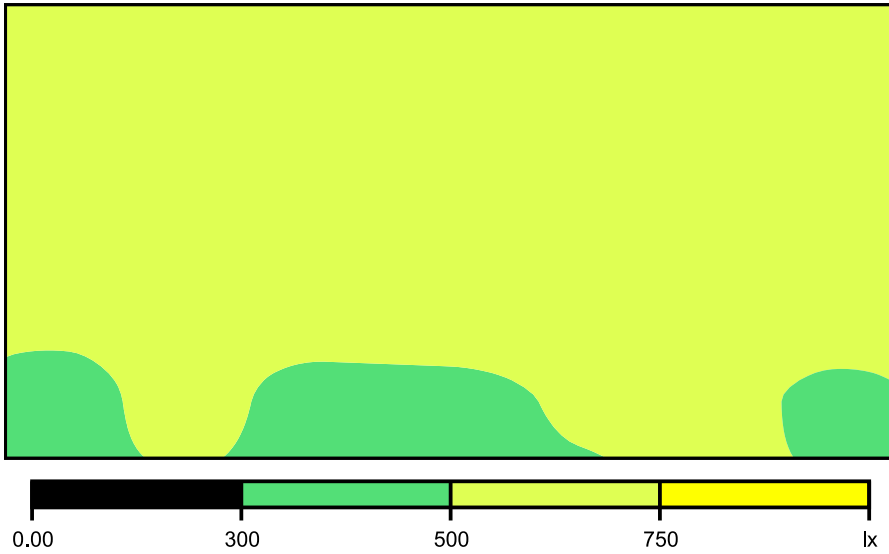
Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
Pizarra	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Área circundante: 0.100 m	617 (≥ 500)	437	750	0.71	0.58
Área circundante 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] / (≥ 300)	/	/	/	/	/
Área de fondo 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Zona marginal: 0.500 m	602 (≥ 100)	465	685	0.77	0.68

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

Sistema de valores [lx]

+668	+711	+669	+677	+694	<u>+750</u>	+620
+606	+681	+679	+672	+697	+691	+598
+554	+640	+665	+680	+682	+643	+561
+474	+542	<u>+437</u>	+447	+516	+522	+488

Escala: 1 : 25

Anexo 6. Valores límite de eficiencia energética de la instalación

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico	3,5
aulas y laboratorios	3,5
habitaciones de hospital	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes	4,0
almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos	4,0
estaciones de transporte	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas)	6,0
hostelería y restauración	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Anexo 7. IP contra objetos y suciedad

Nivel	Tamaño del objeto	Protección efectiva
0	-	Sin protección contra cuerpos extraños
1	< 50 mm diámetro	Protegido contra objetivos sólidos de más de 50mm.
2	< 12.5 mm diámetro	Protegido contra objetos sólidos de más de 12.5mm
3	< 2.5 mm diámetro	Protegido contra objetos sólidos de más de 2.5mm
4	< 1 mm diámetro	Protegido contra objetos sólidos de más de 1mm
5	Polvo	Protección completa contra contacto, sedimentaciones de polvos en el interior.
6	Polvo fuerte	Protección completa contra contacto y penetración de polvo

Nota: (LEDBox, 2017)

Anexo 8. IP contra agua y humedad

Nivel	Protección efectiva
0	Sin protección.
1	Protección contra goteo de agua (caída vertical), a razón de 3-5 mm ³ por minuto durante 10 minutos.
2	Equipo 100% protegido contra goteo de agua (15° inclinada respecto a la vertical), a razón de 3-5 mm ³ por minuto durante 10 minutos.
3	Protección contra pulverización del agua (60° respecto a la vertical), 10 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
4	Equipo 100% protegido contra agua pulverizada, 10 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
5	Protección contra chorros de agua (desde cualquier lugar), 12,5 litros por minuto y a una presión de 30 kN/m ² durante 3 minutos y a una distancia de 3 metros.
6	Equipo 100% protegido contra chorros de agua (desde cualquier ángulo), 100 litros por minuto y a una presión de 100 kN/m ² durante 3 minutos y a una distancia de 3 metros.
7	Protección contra la inmersión temporal en agua, el objeto debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.
8	Equipo 100% protegido para las inmersiones en agua, el equipamiento debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa y continuada durante el tiempo que especifique el fabricante)

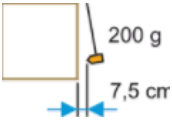
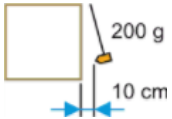
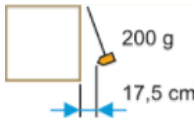
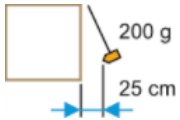
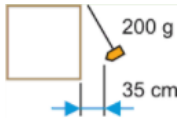
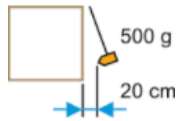
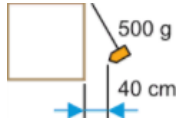
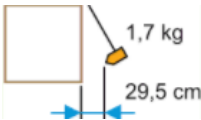
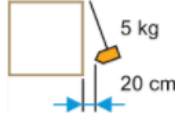

Nota: (LEDBox, 2017)

Anexo 9. IP contra golpes

Nivel de protección contra golpes	1	2	3	5	7	9
Energía del impacto en (julios)	0,225	0,375	0,500	2,0	0,6	20,0
Masa que impacta en gramos (gramos)	150	250	250	500	1500	5000
Distancia (cm)	15	15	20	40	40	40

Nota: (LEDBox, 2017)

Anexo 10. Código IK, protección contra choques mecánicos.

ÍNDICE DE PROTECCIÓN CONTRA CHOQUES MECÁNICOS		
Energía de impacto	Características del ensayo	IK
Sin protección		00
Energía de choque 0,15 julios		01
Energía de choque 0,20 julios		02
Energía de choque 0,35 julios		03
Energía de choque 0,5 julios		04
Energía de choque 0,7 julios		05
Energía de choque 1 julios		06
Energía de choque 2 julios		07
Energía de choque 5 julios		08
Energía de choque 10 julios		09
Energía de choque 20 julios		10

Nota: (Moreno & Romero, 2010)