



Facultad de Medicina
Escuela de Tecnología Médica

Evaluación de las condiciones lumínicas de las aulas del Campus San Felipe.

Proyecto de Seminario de Grado presentado en conformidad a los requisitos para obtener el Grado de Licenciado en Tecnología Médica con mención en Oftalmología y Optometría

Autora

Ninoska Editta Martínez Soza

Profesora Guía

Ana Zepeda Ortega

Profesor Co-guía

Romina Cortez

2020

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme finalizar este proceso.

A mis Padres, Edita y Jorge.

N.M.S

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a mi profesora Guía, La Docente Ana Zepeda por acompañarme en cada paso de este trabajo, por su gran colaboración, paciencia y dedicación, destinando su tiempo libre para llegar a los plazos acordados, por ser una profesional de excelencia dedicada, amable y responsable.

Y lo más importante por nunca dejar de creer en mí.

Al Técnico Médico Romina Cortez, por entregarme su apoyo y visión en este proyecto de manera desinteresada, compartiendo su experiencia y conocimiento.

ÍNDICE

<i>RESUMEN</i>	7
<i>INTRODUCCIÓN</i>	8
<i>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</i>	11
El sistema visual	11
Propiedades sensoriales del sistema visual.....	16
La Luz y color.....	18
Luz	19
Propiedades de la luz.....	19
El color	20
Distribución espectral.....	20
Aberración cromática	21
Magnitudes y unidades lumínicas	21
Ergonomía	22
Ergonomía cognitiva	22
Ergonomía física.....	23
Ergonomía organizacional.....	23
Ergonomía visual	24
Confort visual	33
Ergonomía en el aula.....	36
Ambiente micro climático	36
Mobiliario.....	36
Ambiente sonoro.....	38
Ambiente luminoso y cromatismo	39
Normativa sobre iluminación	42
Instalaciones del Campus San Felipe	46
<i>CAPÍTULO II: PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA</i>	48
2.1 Antecedentes	48
3 Problema de investigación	51
4 Pregunta de investigación	51
5 Hipótesis	51
6 Relevancia y justificación	51
<i>CAPÍTULO III: OBJETIVOS</i>	52

3.1. Objetivo General	52
3.2. Objetivos Específicos	52
7 CAPITULO IV: METODOLOGÍA	53
3.1 Tipo de estudio	53
3.2 Población y muestra.....	53
3.2.1 Población	53
3.2.2 Muestra	53
3.3 Criterios de selección.....	53
3.3.1 Criterios de inclusión.	53
3.3.2 Criterios de exclusión.	53
3.4 Variables	53
3.5 Fuentes y método de recolección de datos	54
3.5.1 Instrumentos de medición	55
3.6 Procedimientos y/o actividades	58
3.7 Análisis de los datos	60
3.8 Consideraciones Éticas	60
CAPITULO V: RESULTADOS.....	61
5.1 Descripción general de los datos obtenidos	61
5.2 Condiciones estructurales y de acondicionamiento de las aulas en estudio.	61
5.3 Condiciones lumínicas de las aulas.	66
5.4 Evaluación del cumplimiento como para garantizar el confort visual.	68
5.5 Evaluación de las condiciones lumínicas en relación con la normativa chilena.	68
5.6 Otras situaciones detectadas.....	73
CAPITULO VI: DISCUSIÓN	74
CAPITULO VII: CONCLUSIONES.....	76
<i>Referencias</i>	77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Rasgos funcionales de las capacidades del sistema visual humano	17
Tabla 2. Ambiente microclimático	36
Tabla 3. Iluminancia.....	41
Tabla 4. Efecto color	42
Tabla 5. Iluminancias Mínimas para locales Educaciones y Asistenciales	43
Tabla 6. Valor mínimo de la iluminación.....	45
Tabla 7. Relación entre iluminación general y localizada.....	46
Tabla 8. Características del instrumento de medición	57
Tabla 9. Ubicación, área y horario de la medición en cada sala.....	61
Tabla 10. Detalles de las características estructurales de cada sala.....	62
Tabla 11. Medición de luminosidad en los cuatro puntos de cada sala, en las tres condiciones del estudio	67
Tabla 12. Promedio de las mediciones en cada sala y valor según norma SEC, MINEDUC Y MINSAL.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: El globo ocular y sus principales partes.....	12
Figura 2: La Túnica nerviosa o retina y sus capas.....	14
Figura 3: La percepción visual en el cerebro	16
Figura 4: Sensibilidad espectral de la retina en condiciones escotópicas y fotópicas.	17
Figura 5: Imagen del Luxómetro utilizado en este estudio	56
Figura 6: Imagen del Smartphone Samsung Note 10 Life	57
Figura 7: Imagen de las aulas en estudio	63
Figura 8: Promedio de las condiciones lumínicas según la posición de las cortinas e iluminación	70
Figura 9: Promedio de las condiciones lumínicas según la posición de las cortinas e iluminación en comparación con norma SEC	71
Figura 10: Promedio de las condiciones lumínicas según la posición de las cortinas e iluminación en comparación con norma MINEDUC	71
Figura 10: Promedio de las condiciones lumínicas según la posición de las cortinas e iluminación en comparación con norma MINSAL.....	72

RESUMEN

La iluminación de los espacios dedicados a la educación es uno de los factores importantes a tener en cuenta cuando se diseña el lugar donde se realizarán las actividades de enseñanza y aprendizaje. Una mala iluminación podría traer problemas oculares, tales como malestar ocular, visión borrosa, sensación esporádica de diplopía, incapacidad para mantener constantemente una imagen nítida a la distancia programada, cefaleas y dolor retro-ocular, entre otros. Estos síntomas afectan confort visual y podrían dificultar el proceso de enseñanza y aprendizaje que debe producirse dentro del aula.

Por esta razón es de suma relevancia estudiar el ambiente físico donde se imparten clases y en particular lo referido a la iluminación de las aulas. Esto puede entregar información relevante que podría ser utilizada para perfeccionar el sistema de iluminación de estas.

En el Campus San Felipe de la Universidad de Valparaíso, hasta ahora no se ha hecho una evaluación de las condiciones lumínicas de las salas de clases desde que se inaugurara (año 2008) Edificio Principal del Campus. Por ende, el objetivo de este proyecto de investigación fue: *“Describir y evaluar las condiciones lumínicas de las aulas del campus San Felipe con el fin de contribuir a mejorar las condiciones de enseñanza y aprendizaje de las aulas del Campus”*

Los resultados arrojaron que la iluminación tiene variaciones que van de 107 a 729 lx dentro las aulas. Entre ellas, esta variación es de 42 a 809 lx. Sin embargo, el promedio de iluminación dentro de la sala muestra que solo 4 de ellas están por sobre la norma que dicta “Superintendencia de Electricidad y Combustibles”, que es 300 lx. Además, se detectaron otros problemas como: falta de luminarias y reflexión de la luz que dificultan la visualización de la pizarra o zona de proyección de imágenes.

En conclusión, se puede decir que el 57% de las aulas cumplen con la norma de iluminación y que el resto los hace parcialmente. Además, se requiere revisar la forma en que se genera la iluminación para corregir los problemas de reflexión de la luz que dificultan la visualización de la pizarra y que a la larga se puede alterar el confort visual.

Palabras claves: *Intensidad luminosa, adaptación, acomodación, nivel de iluminación, confort visual, iluminación, luxómetro, seguridad.*

LISTA DE ACRONIMOS

ACHS: Asociación Chilena de Seguridad

INSHT: El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

JUNAEB: Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas

MINEDUC: Ministerio de Educación de Chile

MINSAL: Ministerio de Salud de Chile

SEC: Superintendencia de Electricidad y Combustibles

INTRODUCCIÓN

Los espacios dedicados a las actividades de enseñanza y aprendizaje deben estar dotados de las condiciones y circunstancias físicas, humanas, sociales y culturales propicias, para generar ambiente de aprendizaje que facilite la interacción entre estudiantes y docentes (Duarte D., 2003).

La iluminación de estos espacios dedicados a la educación es uno de los factores importantes a tener en cuenta cuando se diseña el lugar donde se realizarán las actividades de enseñanza y aprendizaje. Esto no es solo cuestión de proporcionar una fuente de luz, sino que debe ser cumplir con el propósito de facilitar la atención de los estudiantes, proporcionarles un lugar de lectura-escritura adecuados y saludables. Es por lo que la evaluación de las fuentes de iluminación de las instalaciones educativas puede ser relevante en cuanto a identificar si los equipos y diseño del espacio permiten cumplir con este propósito.

Por otra parte, la ergonomía visual es la disciplina que está dedicada a analizar de qué manera el espacio y condiciones de trabajo adecúan a las necesidades de la vista humana. Además de ver cómo se optimiza su rendimiento y qué pautas hay que seguir para conseguir una eficaz prevención de riesgos oculares y visuales durante el desempeño laboral (CITEC UBB, 2012).

Una mala iluminación de los espacios educativos podría traer problemas oculares, tales como malestar ocular, visión borrosa, sensación esporádica de diplopía, incapacidad para mantener constantemente una imagen nítida a la distancia programada, cefaleas y dolor retro-ocular, entre otros. Estos síntomas afectan confort visual y podrían dificultar el proceso de enseñanza y aprendizaje que debe producirse dentro del aula.

Por esta razón es de suma relevancia estudiar el ambiente físico donde se imparten clases y en particular lo referido a la iluminación de las aulas. Esto puede entregar información relevante que podría ser utilizada como para perfeccionar el sistema de iluminación de estas.

En el Campus San Felipe de la Universidad de Valparaíso, hasta ahora no se ha hecho una evaluación de las condiciones lumínicas de las salas de clases desde que se inaugurara Edificio Principal del Campus (año 2008).

En este marco es que surge el interés de realizar una investigación donde se evalúen las características de iluminación de las aulas del Campus San Felipe de la Universidad de Valparaíso. Por tanto, este será el tema central de esta tesis, la cual está organizada en siete capítulos que son: Marco Teórico, Presentación del Problema de Investigación, Objetivos, Metodología, Resultados, Discusión y Conclusiones.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

El conocimiento del ojo y su manera de actuar son imprescindibles para poder diseñar el sistema que proporcione la luz para el desempeño de tareas visuales con un máximo de velocidad, exactitud, facilidad y comodidad y con un mínimo de esfuerzo y fatiga.

La iluminación es la cantidad y la calidad de la luz que incide sobre una superficie. Para poder iluminar adecuadamente, hay que tener en cuenta la tarea que se va a desarrollar, las particularidades del usuario y las características del local. (Mondelo, Torada, González, & Gómez, 2001).

El sistema visual

El conocimiento de las capacidades del sistema visual y cómo varían con la iluminación permitirán comprender los efectos de la iluminación, del ambiente en esté que es uno de los temas centrales de esta tesis. Por lo tanto, en los párrafos siguientes se describirán los aspectos fundamentales del sistema visual.

El sistema ocular está conformado por los globos oculares y por la vía óptica, esta última va desde la porción retro laminar hasta la corteza del lóbulo occipital. En cuanto al globo ocular y sus anexos decir, a grandes rasgos, que se encuentran ubicados en las cavidades óseas orbitarias, rodeados por tejido conectivo graso y revestido por los músculos extrínsecos. Por delante se encuentran los párpados y el sistema lagrimal, que es el encargado de la lubricación y humectación de los globos oculares (Alezzandrini, 2003).

El ojo se estructura por membranas que desde fuera hacia dentro son: la túnica fibrosa, la túnica vascular y la túnica nerviosa.

La *túnica fibrosa* se divide en dos porciones: la Esclerótica en la porción posterior y la Córnea en la porción anterior. La *túnica vascular*, también denominada úvea o tracto uveal, es una membrana ricamente vascularizada que es donde encontramos la Coroides, el Cuerpo ciliar y el Iris.

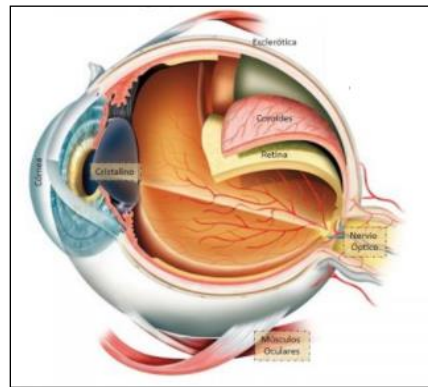
La Coroides: Ubicada desde el margen del disco óptico por posterior y la ora serrata por anterior. Se estratifica en tres capas; *interna* o coriocapilar, encargada de nutrir al epitelio

pigmentario retinal y las capas más externas de la retina neurosensorial; *media* o arterio-venosa, y *externa* o vorticosa, en la cual las venas confluyen a nivel ecuatorial para formar las venas vorticosas. (Espech, 2010)

El Cuerpo Ciliar, el cual está comprendido entre la ora serrata por posterior y la raíz del iris por anterior, constituido por el músculo ciliar, los procesos y las zónulas ciliares. Parte del reflejo de acomodación es la contracción, el cuál abomba al cristalino en su eje anteroposterior aumentando su poder refractivo para la visión de cerca. Los procesos ciliares se encuentran por la cara interna del cuerpo ciliar, son las responsables de sintetizar el humor acuoso a través de un proceso de ultrafiltración (Espech, 2010).

La zónula ciliar está compuesta por el conjunto de ligamentos suspensorios del cristalino, que se dirigen desde las cabezas de los procesos ciliares hasta la zona ecuatorial del cristalino. El Iris corresponde a un verdadero diafragma que regula el paso de la luz hacia la retina, a través de un orificio central llamado pupila. Se inserta a través de la llamada raíz del iris en el espolón escleral y el cuerpo ciliar. (Espech, 2010)

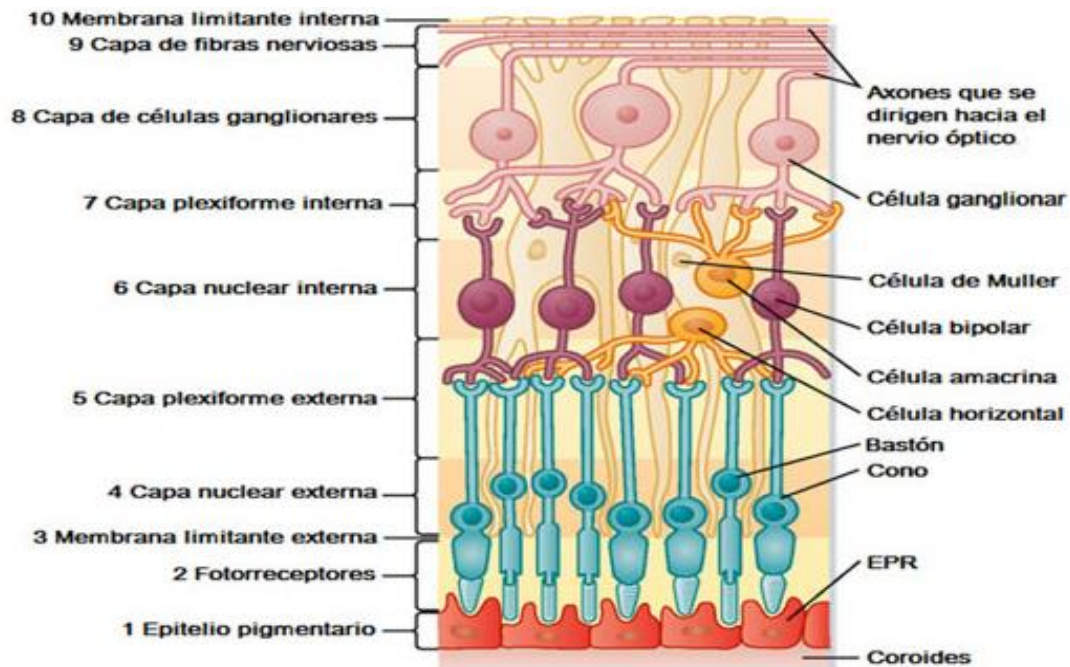
Figura 1: El globo ocular y sus principales partes



La Túnica nerviosa o retina está compuesta por diez capas que están muy bien conectadas para poder enviar los impulsos nerviosos al nervio óptico. A continuación, se enumeran y describen cada una de ellas: La capa interna/neural es conformada por la neuroretina y el epitelio pigmentario de la retina. Estas 2 estructuras conforman las 10 capas histológicas de la retina. Desde más externo a interno, encontramos:

1. Epitelio pigmentario: Es la capa más externa y está formada por células cúbicas y melanocitos que dan a la retina una pigmentación particular.
2. Capa de células fotorreceptoras: Está formada por las células conos y bastones.
3. Capa limitante externa: Es la unión celular entre las células fotorreceptoras y las de Müller.
4. Capa nuclear o granular externa: Contiene los núcleos celulares de las células fotorreceptoras.
5. Capa plexiforme externa: Es la conexión entre las células fotorreceptoras y las bipolares.
6. Capa nuclear o granular interna: Contiene los núcleos celulares de las células bipolares, horizontales y amacrinas.
7. Capa plexiforme interna: Es donde se conectan las células bipolares, amacrinas y ganglionares.
8. Capa de células ganglionares: Contiene los núcleos de las células ganglionares.
9. Capa de fibras nerviosas: Se hallan las células que forman el nervio óptico.
10. Capa limitante interna: Es la parte más interna, donde se separan la retina del humor vítreo.

Figura 2: La Túnica nerviosa o retina y sus capas.



Los Fotorreceptores son neuronas especializadas, sensibles a la luz y están localizadas en la parte más externas de la retina neural. Se relacionan con el EPR situado más externamente aún. Conducen el estímulo luminoso, ya transformado en un potencial de acción, hacia las células bipolares, situadas más internamente. Estas células corresponden a la primera neurona de la vía óptica, y sinaptan con las células ganglionares, ubicadas más internamente (Área Oftalmológica Avanzada (AOA), 2020).

La porción central de la retina es una región especializada de unos 3 a 4 mm de diámetro, de límites imprecisos, denominada mácula. El centro de la mácula corresponde a la fóvea; un área deprimida de alrededor de 1 mm de diámetro, caracterizada por presentar progresivamente hacia el centro mayor concentración de conos y la desaparición completa de bastones a nivel central. Su centro se conoce como foveola, zona de unas 200 micras de diámetro, carente de bastones y muy rica en conos, donde el resto de las capas de la retina se abren hacia los costados, permitiendo un contacto directo de la luz con sus conos. A unos 17° de la fóvea hacia nasal (medial) se encuentra el disco óptico, o papila. (Espech, 2010)

Las tnicas antes mencionadas se encuentran rodeando los Medios Intraoculares, los cuales son transparentes y forman parte del sistema óptico.

El humor acuoso

llena las dos cámaras del ojo (anterior y posterior) es un líquido fluido como agua, transparente, incoloro, sin elementos morfológicos o, a lo sumo, con algún linfocito. Las funciones del humor acuoso son: ptica, constituye una parte esencial del sistema diptico ocular; esttica, gracias a su propia presión, permite el mantenimiento de la forma y el volumen del globo ocular; trófica, interviene de modo determinante en el trofismo de las estructuras avasculares del ojo (córnea, cristalino), ya que les facilita, entre otros, oxígeno y glucosa y los libera de anhídrido carbónico y ácido láctico. Además, provee aminoácidos y glucosa al humor vítreo y la retina.

El Cristalino es una estructura avascular, suspendida por fibras que constituyen la zónula de Zinn. El cristalino está formado por una cápsula, por un epitelio sencillo dispuesto debajo de la cápsula, en la parte anterior, y por una masa principal, la sustancia del cristalino, el cristalino es transparente, incoloro y elástico.

El núcleo y la capa cortical pasan insensiblemente el uno en el otro y estn en proporción variable según los sujetos. La plasticidad del cristalino es una condición indispensable para los cambios de curvatura que tienen lugar en la acomodación (Conti, 2011).

El Humor vítreo es el órgano que ocupa el compartimiento posterior de la cavidad del globo ocular, la cual se localiza detrás del cristalino y es limitada por el cristalino mismo con su aparato suspensor y por la retina. Está constituido por una sustancia incolora, transparente, gelatinosa y viscosa. l ndice de refracción 1.338 y contiene 98.4% de agua. El canal hialoideo, un conducto cilíndrico de 2 mm de diámetro, lo recorre a lo largo de su eje principal, desde la papila del nervio óptico hasta la proximidad del centro de la fosa hialoidea. Est relleno de líquido y es un vestigio de lo que en el feto es la arteria hialoidea, que riega el cristalino. (Conti, 2011)

Propiedades sensoriales del sistema visual

La luz que llega al ojo es enfocada sobre la retina por el efecto combinado de la córnea y el cristalino. La retina, considerada por algunos autores como una extensión del cerebro, posee dos tipos diferentes de fotorreceptores y numerosas interconexiones nerviosas. En los fotorreceptores, los fotones de luz incidentes son absorbidos y convertidos en señales eléctricas. Los dos tipos de fotorreceptores, llamados bastones y conos por su apariencia anatómica, tienen diferentes sensibilidades a la longitud de onda, diferentes sensibilidades absolutas a la luz y poseen diferente distribución en la retina (Colombo & O`Donell, 2002).

Los bastones tienen mayor sensibilidad absoluta a la luz y en consecuencia son los responsables de la visión nocturna. Los conos, menos sensibles a la luz, se clasifican según su sensibilidad espectral a la longitud de onda del rojo, verde y azul, según estén asociados a longitudes de onda largas, medias o cortas. Los conos y los bastones tienen diferentes sensibilidades espectrales absolutas. El pico de sensibilidad de los conos se encuentra a unos 555nm, mientras que el de los bastones está desplazado hacia valores menores de longitudes de onda, se obtiene a los 507nm. (Colombo & O`Donell, 2002)

Figura 3: Representación de la percepción visual en el cerebro



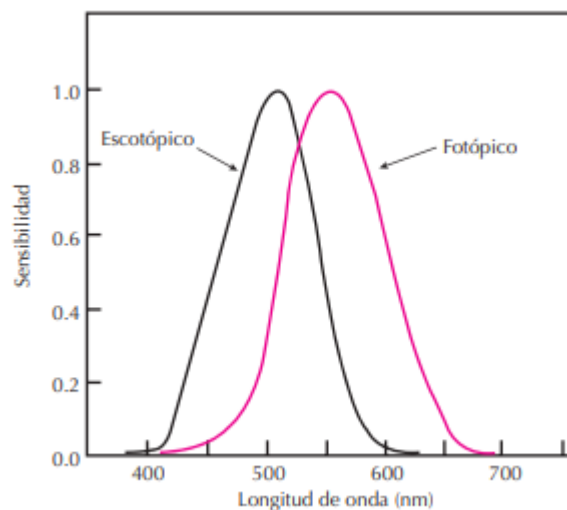
Tabla 1. Rasgos funcionales de las capacidades del sistema visual humano

NOMBRE	RANGO	CAPACIDADES	FORO RECEPTOR ACTIVO
Fotópico	>3	Visión de color Buena discriminación de detalles	Cono
Mesópico	>0,001 y <3	Visión de color disminuida Reducida discriminación de detalles Corrimiento en la Sensibilidad espectral	Conos y Bastones
Escotópico	<0,001	Sin visión de color Muy pobre discriminación de detalles	Bastones

Fuente: Colombo E, O'Donnell B. Luz, color y visión. In Iluminación eficiente. Buenos Aires: Proyecto Efficient Lighting Innovative (ELI); 2002.

Cuando el sistema visual está adaptado fotópicamente puede discriminar muchos miles de colores. Debido a que la visión de color está mediada por los fotorreceptores conos, la habilidad para discriminar colores se reduce cuando la luminancia de adaptación disminuye hacia la región mesópica y se desvanece en la visión escotópica. (Colombo & O'Donnell, 2002).

Figura 4: Sensibilidad espectral de la retina en condiciones escotópicas y fotópicas.



Nota: El desplazamiento relativo de ambas curvas se debe a la diferente sensibilidad espectral de los pigmentos de los conos y de los bastones.

La excentricidad y la sensibilidad retiniana al contraste influyen de forma importante en la capacidad de discriminación espacial. A medida que se avanza hacia la periferia de la retina la agudeza visual disminuye progresivamente. Esta disminución está relacionada con el descenso en la densidad de fotorreceptores y el aumento del número de fotorreceptores que convergen sobre cada célula ganglionar. La retina es más sensible al contraste entre estímulo y fondo que a la cantidad total de luz que llega a ella. A medida que aumenta el contraste mejora la agudeza visual, pero esta mejoría está en función de la frecuencia espacial de la variación de contraste (ciclos por grado de ángulo visual) del estímulo utilizado. El sistema visual es más sensible a frecuencias de 5 a 10 ciclos por grado y en condiciones óptimas de contraste es capaz de percibir una frecuencia espacial máxima de 60 ciclos por grado (Fig. 4). Esta frecuencia espacial equivale a un ciclo por minuto de arco, que se corresponde con la máxima agudeza visual determinada por los tests de Snellen o de Landolt.

La imagen, luego de una primera etapa de procesamiento básico realizado por las interconexiones nerviosas, es transmitida a través del nervio óptico de cada ojo al quiasma óptico donde las fibras nerviosas provenientes desde los dos ojos son combinadas y transmitidas a la parte izquierda y derecha a la corteza visual. En la corteza visual, estas señales son interpretadas en términos de la experiencia pasada. (Colombo & O`Donell, 2002)

La Luz y color

El ojo es el órgano del cuerpo humano capaz de percibir las radiaciones electromagnéticas que denominamos "colores". Para que se realice el proceso de la iluminación, como acción y efecto de iluminar y ver, se requieren tres agentes (Mondelo, Torada, González, & Gómez, 2001):

1. Fuente productora de luz o radiación luminosa.
2. Objeto a iluminar que se necesita que sea visible.
3. El ojo, quien recibe la energía luminosa y la transforma en imágenes, mismas que son enviadas al cerebro para que éste las interprete (Mondelo, Torada, González, & Gómez, 2001).

Luz

“Toda radiación electromagnética emitida o reflejada por cualquier cuerpo, cuyas longitudes de onda estén comprendidas entre 380 nm y 780 nm (nanómetros)” (Instituto de Cerámica y Vidrio, s.f.). “Es irradiada a partir de una fuente (sol, lámpara, flash, etc.). Puede desplazarse en el vacío a altísimas velocidades (casi 300.000 km/s), y atravesar sustancias transparentes, descendiendo entonces su velocidad en función de la densidad del medio” (Universidad Veracruzana, 2013).

El ojo humano solo es capaz de distinguir radiaciones entre 400 y 700 nm., por debajo de los 400 nm. entramos en la franja de las radiaciones ultravioletas, y por encima de los 700 nm., en la región del infrarrojo. Una mezcla proporcionada de todas las longitudes de onda entre 400 y 500 nm., constituye la luz blanca. El ojo humano, incapacitado para detectar emisiones por debajo de los 400 nm, no aprecia por ejemplo los excesos de ultravioleta del ambiente. (Universidad Veracruzana, 2013)

Propiedades de la luz

Cuando la luz incide sobre un cuerpo, su comportamiento varía según sea la superficie y constitución de dicho cuerpo, y la inclinación de los rayos incidentes, dando lugar a los siguientes fenómenos físicos:

- a) Absorción: Al incidir un rayo de luz visible sobre una superficie negra, mate y opaca, es absorbido prácticamente en su totalidad, transformándose en calor.
- b) Reflexión: Cuando la luz incide sobre una superficie lisa y brillante, se refleja totalmente en un ángulo igual al de incidencia.
- c) Transmisión: Es el fenómeno por el cual la luz puede atravesar objetos no opacos. La transmisión es directa cuando el haz de luz se desplaza en el nuevo medio íntegramente y de forma lineal. Es difusa, si en el interior del cuerpo el rayo se dispersa en varias direcciones.
- d) Refracción: Es un fenómeno que ocurre dentro del de transmisión. Cuando los rayos luminosos inciden oblicuamente sobre un medio transparente, o pasan de un

medio a otro de distinta densidad, experimentan un cambio de dirección que está en función del ángulo de incidencia (a mayor ángulo mayor refracción), de la longitud de onda incidente (a menor longitud de onda mayor refracción), y del índice de refracción de un medio respecto al otro.

e) Difracción: Es la desviación de los rayos luminosos cuando inciden sobre el borde de un objeto opaco (Universidad Veracruzana, 2013).

El color

Todos los fotones viajan a través del espacio a la misma velocidad (300,000 km/seg), pero el campo electromagnético de algunos fotones fluctúa más rápido que el de los otros. Cuanta más energía tiene un fotón, más rápida es su fluctuación. El ojo humano puede observar el efecto de esta diferencia en los niveles de energía del fotón, así como en el índice de fluctuación del campo. Este efecto recibe el nombre de color (Secue, Páez, & J. Fonseca, 2018).

El color es la interpretación que hace nuestro sistema visual de la composición espectral de la luz que detecta el ojo. Todo cuerpo iluminado absorbe todas o parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes. Por ejemplo, la luz a 450 nm no es azul por ninguna propiedad, sino porque ese es el efecto que provoca en nuestro sistema visual. La luz blanca puede ser descompuesta en todos los colores del espectro por medio de un prisma. El ojo humano sólo percibe el color cuando la iluminación es abundante. Con poca luz vemos en blanco y negro (Secue, Páez, & J. Fonseca, 2018).

Distribución espectral

Una emisión luminosa está compuesta por ondas de distintas longitudes de onda (una mezcla). La distribución espectral, indica las diferentes longitudes de onda en nanómetros (nm) y sus valores relativos de energía respecto a la máxima radiada que se toma como el 100%. El sentido de la vista es integrador; percibe la luz como un todo, y no puede distinguir el color puro dentro de una mezcla. La vista suma todas las longitudes de onda del espectro visible, haciéndolas indistinguibles, el color resultante de una mezcla de luces. (Secue, Páez, & J. Fonseca, 2018)

Aberración cromática

El ojo humano no es capaz de enfocar al mismo tiempo en las tres zonas del espectro en las que se hallan los picos de absorción óptima de los pigmentos fotosensibles de los tres tipos de conos, ya que la refracción en la córnea y el cristalino es mayor para las longitudes de onda corta que para las largas. El ojo humano no tiene capacidad para la corrección de las aberraciones cromáticas. Las longitudes de onda de los picos óptimos de sensibilidad de los conos medios y largos están muy próximas, por lo que el enfoque óptimo del cristalino sobre la retina se halla en los 560 nm de longitud de onda. (Imagen Digital, 2001)

Magnitudes y unidades lumínicas

Para comprender de mejor forma todas las recomendaciones alusivas a la iluminación, se definirán a continuación los principales términos empleados en luminotecnia. “Sin tratar de profundizar en los conceptos y ecuaciones físicas, serán descritos aquellos conceptos que son fundamentales para el estudio y análisis de los sistemas de iluminación” (Secue, Páez, & J. Fonseca, 2018).

Intensidad luminosa: flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Su símbolo es I y su unidad la candela (cd)

El flujo luminoso: Es la potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Es la cantidad de luz que emite una fuente luminosa por unidad de tiempo. La unidad de flujo luminoso es el lumen (lm).

Cantidad de luz (energía luminosa): La cantidad de luz o energía luminosa se representa por la letra "Q" y se determina por la potencia luminosa o flujo luminoso emitido en la unidad de tiempo. Su unidad es el lumen por segundo (lm * seg)

Iluminancia (nivel de iluminación) : Flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un lm/m². (Recursos CITCEA, s.f.)

Iluminancia media: Corresponde al promedio de valores de iluminancia medidos o calculados sobre un área determinada.

Lux (lx): El lux es la iluminancia de una superficie que recibe un flujo luminoso de un lumen, repartido sobre un metro cuadrado de superficie

Luminancia: Relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad es la cd/m². También es posible encontrar otras unidades como el stilb (1 sb = 1 cd/cm²) o el nit (1 nt = 1 cd/m²). (Recursos CITCEA, s.f.)

Luminancia media: Es la luminancia promedio, expresada en cd/m², medido en una zona comprendida entre 60 y 100 metros frente a la posición del observador.

Ergonomía

Ergonomía es una palabra derivado del griego “ergo” (trabajo) y “nomos” (ley), el concepto de ergonomía es la ciencia que se encarga de la adaptación de las máquinas, muebles y utensilios del lugar de trabajo, así como de las herramientas y las tareas relacionadas en cada una de las profesiones con el objetivo de que se adapten a las características fisiológicas, anatómicas y a las capacidades del trabajador.

La Ergonomía es la disciplina científica que se ocupa de la comprensión fundamental de las interacciones entre los seres humanos y los otros componentes de un sistema. Es la profesión que aplica principios teóricos, datos y métodos para optimizar el bienestar de las personas y el rendimiento global del sistema (SoChErgo, 2000).

Ergonomía cognitiva

La ergonomía cognitiva, surge como disciplina científica en el siglo XX, íntimamente ligada al desarrollo tecnológico e industrial. El objetivo fundamental de la ergonomía cognitiva consiste en el análisis de la interacción de las personas y los artefactos cognitivos, que se entienden como aquellos artefactos para los que se requiere fundamentalmente trabajo mental en oposición al trabajo físico, como a la hora de trabajar con un procesador de textos. La percepción misma es un proceso que se realiza en tres fases: selección, organización e interpretación. (Moreno & Jenó, 2016)

La selectiva se refiere al hecho de que el sujeto percibe aquellos mensajes a los cuales está expuesto según sus actitudes, intereses, escala de valores y necesidades. La organización implica que las personas clasifican los estímulos de modo rápido, asignándoles un significado que varía según cómo han sido clasificadas, obteniéndose distintos resultados. La interpretación es la última fase del proceso perceptual y trata de dar contenido a los estímulos previamente seleccionados y organizados. La interpretación depende de la experiencia previa del individuo, así como de sus motivaciones, intereses personales y su interacción con otras personas. (Moreno & Jenó, 2016)

El ser humano interactúa directamente con su contexto a través de los sentidos. Estos reciben estímulos aislados como la luz, las imágenes, los olores, los sonidos, los contactos corporales, los sabores. El usuario recibe el estímulo (producto) y a través de sus sentidos procesa la información, generando la percepción y permitiendo acondicionar el uso del estímulo según sus experiencias previas y sus expectativas. De este modo, si el estímulo es directo y eficiente, el usuario logrará procesar y adecuar el entendimiento del producto de buena forma. (Moreno & Jenó, 2016)

Ergonomía física

La Ergonomía física, la cual se refiere a las características anatómicas, antropométricas, fisiológicas y biomecánicas en relación con la actividad física, siendo los temas más relevantes, el manejo de materiales, movimientos repetitivos, la sobrecarga postural, los trastornos músculo esqueléticos relacionados con el trabajo, el diseño del trabajo, la seguridad y la salud en relación de la interacción con otros factores de riesgo, como los factores ambientales y organizacionales (Instituto de Salud Pública de Chile, 2020).

Ergonomía organizacional

La ergonomía organizacional se interesa por la optimización de los sistemas sociotécnicos, esto incluye su estructura organizacional, reglas y procesos. Los temas tratados comprenden la comunicación, gestión de los recursos del colectivo, concepción del trabajo, concepción de los horarios de trabajo, el trabajo en equipo, la concepción participativa, ergonomía comunitaria, el trabajo cooperativo, las nuevas formas de trabajo, la cultura organizacional,

las organizaciones virtuales, el teletrabajo y la gestión por la calidad. (Carrasquero & Seijo-Suarez, 2009)

Ergonomía visual

La ergonomía visual es la disciplina que analiza cuál es la mejor adecuación del espacio y condiciones de trabajo a las necesidades de la vista humana, cómo se optimiza su rendimiento y qué pautas hay que seguir para conseguir una eficaz prevención de riesgos oculares y visuales durante el desempeño laboral. Así es como lo explica y ejemplifica Juan José Durbán, profesor titular de Optometría y Ergonomía Visual de la Universidad de Granada:

“Buen ejemplo de ello es, por ejemplo, el Real Decreto 486/97 en el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo, y ahí se incluye la iluminación y las condiciones adecuadas de visibilidad para desempeñar cada labor”.

“En este último hay que distinguir entre la ergonomía general, cuyo objetivo es prevenir problemas lumbares, de articulaciones, etcétera, y la ergonomía visual, que tiene tres objetivos fundamentales: seguridad, eficiencia y confort visual”, asegura Durbán, quien detalla que “al hablar de seguridad visual nos referimos al hecho de prevenir lesiones y accidentes en el entorno de trabajo y también evitar la astenopia o fatiga visual; la eficiencia busca que la tarea visual se realice de modo rápido y con menos esfuerzo para el ojo y el confort es la capacidad de que los ojos trabajen de forma cómoda. Los tres objetivos están íntimamente relacionados, ya que cuando el ojo está en condiciones de confort, la visión es más eficiente y, por tanto, también hay una mayor seguridad ocular” (Visión y Vida, 2019).

Campo visual

El campo visual corresponde al área del espacio que es capaz de percibir un ojo mientras fija un punto determinado. También se denomina campo visual al examen destinado a su estudio y a la gráfica resultante. En condiciones de binocularidad normal hay una superposición de los campos visuales del ojo derecho y Izquierdo en aproximadamente sus 60° centrales.

El examen de campo visual generalmente se practica a cada ojo separado y, para facilitar la interpretación del examen, también se representan por separado, el campo visual del ojo derecho a la derecha y el campo visual del ojo izquierdo a a izquierda.

El centro del campo visual se ha establecido en el punto de fijación. Una línea horizontal imaginaria que pasa por el centro divide el campo visual en una mitad superior y una mitad inferior, y una línea vertical imaginaria (dada por la organización retinotópica de la fibras nerviosas desde la retina a la corteza cerebral) que pase por él lo divide en una mitad o hemicampo nasal (medial) y una mitad o hemicampo temporal (lateral) configurandose así cuatro cuadrantes, que se denomina :

Superotemporal

Superonasal

Inferonasal

Inferotemporal

A temporal de la fijación existe una zona de sensibilidad a la luz es cero, se le conoce como mancha ciega, y corresponde a la papila óptica.

El campo visual tiene una extensión 90° a 100° temporal, 65° a 70 °a inferior, 60°a nasal y 70° a superior. (Peña, 2008)

Requisitos Visuales para Tareas

El sentido de la visión permite al ser humano relacionarse con el mundo exterior, a través de la percepción de colores, el contraste, el brillo y el movimiento. Se basa en la capacidad del ojo para absorber la luz y transmitirla a través del nervio óptico- al cerebro, permitiendo:

1. Adquisición de información visual cualitativa y cuantitativa.
2. Apreciación de las características de los objetos.

3. Captación e interpretación de movimientos y otros cambios físicos en el ambiente que nos rodea.
4. Identificación de señales.
5. Orientación y creación de impresiones espaciales. (Instituto de Cerámica y Vidrio, s.f.)

Adaptación

Es el proceso que interviene cuando el ojo se ajusta a la luminosidad y/o al color del campo de visión. Este ajuste se lleva a cabo mediante la función pupilar, mediante su movimiento de cierre y apertura en función de la iluminación que ha de llegar al cristalino. Cuando se pasa de una zona muy iluminada a otra completamente a oscuras el ojo se ve sometido a un proceso de adaptación que dura para un ajuste total unos 30 minutos, cuando se pasa de un local oscuro a otro bien iluminado, dicho periodo es de solo unos segundos.

El ojo se adapta a los distintos niveles de iluminación a través de dos mecanismos: la modificación del diámetro de la pupila, que permite variar la cantidad de luz que entra en el ojo, y la alteración de la sensibilidad a la luz de conos y bastones gracias a cambios químicos en sus pigmentos (yodopsina y rodopsina respectivamente). El incremento de la sensibilidad de los conos, cuando disminuye la iluminación, es rápido, pero débil (máximo 70 veces), y a bajos niveles dejan de funcionar, mientras que los bastones, aunque más lentamente, logran multiplicarla por 25.000 veces y son capaces de funcionar a muy bajos niveles. (Mondelo, Torada, González, & Gómez, 2001)

El mecanismo de adaptación mediante la variación del diámetro de la pupila se va perdiendo desde edades bien tempranas. El tiempo requerido para el proceso de adaptación depende de las condiciones previas y de la magnitud del cambio. La adaptación a un nivel de iluminación superior es la más rápida, y ordinariamente se logra durante el primer minuto, mientras que la adaptación a la oscuridad avanza muy rápidamente durante los primeros treinta minutos y puede requerir una hora para ser completa.

Mecanismo de acomodación

Es el proceso por el cual se producen cambios en el poder dióptrico del cristalino, consiguiendo focalizar en la retina los objetos situados entre su punto remoto y su punto próximo. La acomodación se expresa en dioptrías (D), se necesita 1 D de acomodación para enfocar desde el infinito a 1 m, o 3 D para enfocar a 33 cm. (Solans, Solans, Torrent, Toorent, & González, 2003)

“La capacidad de acomodación del ojo disminuye con la edad a consecuencia del endurecimiento del cristalino”.

Componentes de la acomodación

Acomodación refleja.

Es el ajuste automático del estado refractivo para mantener una imagen definida, en respuesta a gradientes de contraste en la imagen retiniana. Este es un componente muy importante de la acomodación, tanto para la visión monocular como binocular

Acomodación por vergencia fusional.

La vergencia fusional es un mecanismo neurológico innato que produce movimientos oculares correctores para superar la disparidad de la imagen retiniana. Da lugar a una relación acomodación convergente/convergencia, CA/C, que determina el cambio que se produce en la acomodación cuando el paciente converge o relaja la convergencia una determinada cantidad. La relación CA/C está inversamente relacionada con la edad.

Acomodación proximal.

Es debida a la cercanía de un objeto localizado en un entorno de tres metros respecto al individuo.

Acomodación tónica.

El componente tónico no responde a estímulos de borrosidad, disparidad ni proximidad. Probablemente, se debe a una inervación neural de base, proveniente del cerebro medio. El

nivel medio tónico acomodativo en adultos jóvenes es de 1 dioptría, aproximadamente. La acomodación tónica disminuye con la edad debido a las limitaciones biomecánicas del cristalino.

Agudeza visual

La agudeza visual se refiere al grado con que percibimos los detalles y los contornos de los objetos, y se define en términos de la mínima distancia con que pueden separarse dos líneas y aún ser perceptibles como tales (Junta de Auxilio Escolar y Becas [JUNAEB], 2017).

La agudeza visual además va a estar influenciada por algunos factores:

- a. La presencia o ausencia de factores perturbadores tales como el deslumbramiento o fuertes contrastes de color en el fondo.
- b. El contraste entre el objeto percibido y el fondo, un objeto se reconoce más fácilmente cuando mas intenso es el contraste con el fondo.
- c. Las condiciones de luminancia en el campo visual, puede decirse que cuanto mayor sea la luminancia a la cual está adaptado el ojo, tanto mayor será la agudeza visual.

Es por esto que en todo proyecto de iluminación se debe tener en cuenta la agudeza visual, por sobre todas las cosas cuando el trabajo un buen contraste entre los objetos. (Caminos, 2011)

La agudeza visual depende de distintos factores, edad, color de la luz.

Brillo

El brillo es el atributo de la luz que se extiende desde la visibilidad mínima (brillo bajo) al deslumbramiento (brillo alto). Da lugar a los tonos claros y oscuros. El color puede utilizarse como elemento identificativo, orientativo y de información. Es importante como su utilización conjunta con el contraste sobre el fondo. Ninguna combinación de colores es la mejor. La sensibilidad a colores específicos varía con las condiciones del ojo. Con un buen

contraste aumentamos la potencia de la iluminación de un 15% a un 20%. (Portal Ciudadano, s.f.)

Contraste

“La sensibilidad al contraste es la capacidad de percibir las pequeñas diferencias de luminancia; es muy importante para la percepción de las formas, contornos y relieves”.

Cuando se mide la agudeza de un observador sea para aplicaciones clínicas o de otro tipo, se utilizan optotipos de trazos negros sobre fondo blanco, de modo que presentan un contraste alrededor de 0.95. La iluminación ambiente puede actuar de velo reduciendo el contraste. El problema es mucho más complejo cuando se trata de las tareas de resolución y de reconocimiento. No obstante, puede afirmarse que en general la agudeza visual disminuye con el contraste. (Marcet, s.f.)

Iluminación

Sistemas de iluminación

Es el conjunto de luminarias de una superficie o plano de trabajo, que con su correcta distribución proporcionara un nivel de iluminación adecuada según el tipo de actividades que se realice.

Los sistemas de iluminación se clasifican según la cantidad de luz emitida, donde la incidencia del flujo luminoso puede estar por encima o por debajo de la horizontal identificando la cantidad del flujo proyectada directamente a la superficie iluminada.

Iluminación artificial

Proviene de fuentes luminosas manufacturadas, cómo lámparas de incandescencia o de descarga, entre muchas otras. En lo posible, la iluminación artificial debe utilizarse como complemento de la luz natural para equilibrar y proporcionar una iluminación suficiente y confortable en un recinto. Como recomendación de base, en el caso de iluminación artificial exclusiva, se usará preferentemente la iluminación general, complementada con una localizada en aquellas áreas que requieran altos niveles de iluminación. (Mancera, Mancera, Mancera, & Ruíz, 2012)

Tipos de Iluminación

Iluminación directa: Con este tipo de iluminación todo el flujo luminoso se dirige directamente a la zona que se desea iluminar.

Iluminación semi-directa: En este caso la mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia la zona que se desea iluminar, pero una pequeña parte se envía hacia el techo o las paredes con el fin de obtener una cierta componente de iluminación indirecta.

Iluminación uniforme: Con este sistema de iluminación el flujo luminoso se distribuye en todas las direcciones de manera que una parte de él llega directamente a la tarea mientras el resto se refleja en el techo y las paredes.

Iluminación semi-indirecta: En este caso solo una pequeña parte del flujo luminoso se dirige directamente hacia abajo, en tanto que la mayor parte de este sufre varias reflexiones en el techo y las paredes antes de iluminar cualquier zona.

Iluminación indirecta: En este tipo de iluminación todo el flujo luminoso se dirige hacia el techo, quedando las luminarias totalmente ocultas. El observador no ve ningún objeto luminoso, únicamente aprecia las áreas iluminadas. Las sombras desaparecen casi por completo y también todo riesgo de deslumbramiento. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) , 2015)

Deslumbramiento

El deslumbramiento es una condición de la visión que, a consecuencia de que las luminancias de áreas situadas dentro del campo visual superan determinados valores, produce molestias o reduce la visibilidad, o ambas cosas.

El deslumbramiento es molesto cuando produce molestias sin reducir implícitamente la visibilidad ni la percepción de los objetos observados; es perturbador cuando reduce parcialmente la capacidad perceptiva, sin causar molestias; y es incapacitante cuando queda anulada la capacidad perceptiva, temporal o permanentemente.

El ojo necesita de un tiempo de adaptación al pasar de un espacio a otro con valores de iluminancia muy diferentes. Este tiempo varía si el cambio se hace de un espacio iluminado a un espacio oscuro o al revés. La adaptación se produce más rápidamente al pasar de la oscuridad a la luz que al revés.

Este aspecto es muy importante a la hora de diseñar espacios de transición, donde los cambios de iluminancias se realizan de forma gradual a lo largo de un recorrido temporal. (Folguera & Muros, 2013)

Directos: producidos por fuentes de luz brillantes a través de las lámparas o por luz natural a través de las ventanas.

Por reflexión: mediante superficies de gran reflectancia que se comportan como fuentes de luz secundarias una vez recibida la iluminación directa.

Factores que afectan la iluminación

Distribución de luminancias

Con el fin de lograr unas buenas condiciones visuales y por razones psicofisiológicas, es necesario asegurar un equilibrio adecuado de luminancias en el campo visual.

Para ello, entre los componentes de la tarea la relación de luminancias no debe ser superior a 10:1 si bien es deseable que dicha relación no sea superior a 3:1. Entre la tarea y el entorno medioambiental el límite para la relación de luminancias es menos restrictivo; se pueden presentar problemas cuando se alcanzan relaciones de luminancia del orden de 100:1. No obstante, para garantizar un buen acondicionamiento del entorno visual lo deseable es no sobrepasar la relación 10:1. (Rubio, s.f.)

Control del deslumbramiento

Control del deslumbramiento debido al contraste de luminancias.

Se aplican los requerimientos descritos anteriormente para el equilibrio de luminancias entre los distintos componentes de la tarea y respecto al entorno.

Control del deslumbramiento debido a los reflejos.

Con el fin de evitar el deslumbramiento producido por los reflejos, las superficies del mobiliario y de los elementos de trabajo deben ser de aspecto mate.

Control de la luz de las ventanas

Las ventanas que provoquen los problemas anteriormente citados pueden ser protegidas mediante persianas o cortinas que amortigüen la luz, aparte de tomar las medidas descritas para los despachos sencillos con una ventana.

En las salas de trabajo con varias ventanas, se deben combinar las medidas de control, con el fin de reducir los reflejos y los deslumbramientos. La aplicación de cobertores adecuados en las ventanas (cortinas o persianas) proporciona mayor libertad para situar las pantallas.

En las salas donde existen múltiples ventanas, potenciales fuentes de deslumbramiento, éstas pueden ser apantalladas mediante mamparas o mediante cortinas o persianas, si su localización cae dentro del campo de visión de los operadores.

El color medioambiental

Los requerimientos más importantes a este respecto son los siguientes:

- Para las paredes del entorno y las superficies amplias se recomiendan los colores claros poco saturados (tonos pastel)
- Para trabajos monótonos se recomienda introducir colores estimulantes
- El gradiente de brillo debe adecuarse al esquema humano de percepción natural
- techos claros
- paredes de tonos medios
- pisos de tonos medios u oscuros.

Espectro y rendimiento en color de las lámparas

La elección del espectro en color de las lámparas depende del nivel de luminancia, del color de la sala y mobiliario, del contenido de luz natural el blanco "luz-día" se asocia con luminancias altas, mientras el blanco "cálido" se asocia con bajas luminancias.

La elección del espectro en color y rendimiento en color de las lámparas debe hacerse asegurando el reconocimiento y distinción del color en las tareas que lo requieran y de las señales de seguridad.

Confort visual

El confort visual es un estado generado por la armonía o equilibrio de una elevada cantidad de variables. Las principales están relacionadas con la naturaleza, estabilidad y cantidad de luz, y todo ello en relación con las exigencias visuales de las tareas y en el contexto de los factores personales. (Instituto de Cerámica y Vidrio, s.f.)

El confort visual se consigue cuando se está en condiciones de realizar las tareas visuales de una manera fácil y rápida. Éste se considera una contribución al proceso productivo, aprendizaje y rendimiento en general. debe proporcionar un entorno visual apropiado que logre equilibrar la cantidad y calidad de la luz en espacios interiores. (CITEC UBB, 2012)

Factores que determinan el confort visual

Los requisitos que se deben cumplir para el confort visual son los siguientes:

1. Iluminación uniforme

Para definir si la iluminación del puesto de estudio es uniforme o no, las medidas del nivel de iluminación en cada caso (lux), realizaremos un promedio de estas medidas y si la desviación es mayor del 5%, se considerará que la iluminación del puesto de trabajo no es uniforme y, por tanto, será necesaria su adecuación.

2. Luminancia óptima

El nivel de iluminación se mide con un luxómetro que convierte la energía luminosa en una señal eléctrica, que posteriormente se amplifica y permite una fácil lectura en una escala de lux calibrada.

3. Ausencia de brillos deslumbrantes

Los brillos excesivos que pueden ocasionar molestias en la visión están motivados generalmente por:

Una visión directa de la fuente de luz.

La visión indirecta (reflejo) sobre una superficie reflectante.

4. Tiempo de exposición:

las fuentes de luz de baja luminancia pueden provocar deslumbramientos si se prolonga demasiado la exposición.

5. Condiciones de contraste adecuadas

Con el fin de producir un ambiente que proporcione satisfacción, confort y rendimiento visual, es preciso equilibrar las luminancias existentes dentro del campo de visión. Lo ideal es que las luminancias existentes alrededor de una tarea disminuyan gradualmente, evitándose así fuertes contrastes.

6. Colores correctos

Las lámparas pueden clasificarse en tres categorías, en función de la coloración de la luz que emiten:

Color cálido: para usos residenciales se recomienda una luz blanca de tono rojizo.

Color intermedio: para ambientes de trabajo se recomienda una luz blanca

Color frío: para tareas que requieren un alto nivel de iluminación o para climas calientes, se recomienda una luz blanca de tono azulado.

7. Ausencia de luces intermitentes o efectos estroboscopios

Dicho efecto consiste en que si se iluminan objetos o caracteres en movimiento, con lámparas fluorescentes, dichos objetos o caracteres pueden dar la impresión de moverse intermitentemente o de forma irregular. (M. García (Coord.), 2004)

Efectos de una deficiente iluminación

Cuando se realiza un trabajo en malas condiciones de iluminación puede aparecer una fatiga visual y del sistema nervioso central, resultante del esfuerzo requerido para interpretar señales insuficientemente netas o equívocas y parcialmente una fatiga muscular por mantener una postura incómoda.

La disminución de la eficacia visual puede aumentar el número de errores y accidentes, así como la carga visual y la fatiga durante la ejecución de las tareas. (Instituto de Cerámica y Vidrio, s.f.)

La falta de una buena iluminación obliga en ocasiones a adoptar posturas inadecuadas desde el punto de vista ergonómico. La luminosidad, los deslumbramientos y las imágenes residuales afectan a la agudeza visual. El constante ir y venir por zonas sin una iluminación uniforme causa fatiga ocular y puede dar lugar a una reducción de la capacidad visual.

La distribución de luminancias en el campo visual puede afectar a la visibilidad de la tarea e influir en la fatiga ocular. Se acompaña de una reducción de la capacidad necesaria en la realización de la tarea junto a esfuerzo mental. Si este trabajo visual es efectuado con un nivel de iluminación insuficiente o excesivo podría conducir a fatiga.

En cualquier sistema de iluminación, cualitativa o cuantitativamente insuficiente o excesivo, el poder de resolución (agudeza visual) es más bajo, ocasionando y obligando a un esfuerzo inútil que acarrea la consiguiente fatiga, disminuyendo la precisión y aumentando las posibilidades de error.

Existen 3 factores que influyen en la fatiga visual

- a) Factores personales (edad, horas de sueño, etc.)
- b) Factores intrínsecos (miopía, presbicia, otros)
- c) Factores en el puesto de trabajo (iluminancia, luminancia, contrastes, etc)

en su naturaleza, la fatiga visual se puede caracterizar en 3 grupos, a saber:

- a) Ocular: sensación de sequedad en ojos, pesadez de párpados, ardor, picazón, lagrimeo, etc.
- b) Visual: visión borrosa, menor agudeza visual, deslumbramientos, fotofobia, dificultades de fijación.
- c) General: cefaleas, náuseas, vómitos, somnolencia, fatiga. (Superintendencia de Pensiones, 2010)

Ergonomía en el aula

Ambiente micro climático

Un ambiente de oficina térmicamente confortable se define como aquel donde a lo menos el 80% de los ocupantes se encuentran en una condición térmica neutra, sin molestias o sensación de frío o calor. La sensación térmica en un ambiente de oficina depende de diversas variables, entre las que se encuentran la temperatura, humedad, velocidad del aire, tipo de vestimenta y actividad de las personas. Algunas recomendaciones generales en relación con este punto son las siguientes: (Asociación Chilena de Seguridad (ACHS), s.f.)

Tabla 2. Ambiente microclimático

CONDICIÓN	RANGO DE TEMPERATURA
Temperatura ambiental promedio invierno	20°C – 23°C
Temperatura ambiental promedio verano	23°C - 26°C
Diferencia temperatura piso-cabeza	menor que 5°C
Humedad relativa	40% - 60%
Velocidad del aire	baja (menor que 0.25m/s)

Fuente: Asociación Chilena de Seguridad (ACHS). Ergonomía de oficinas. Manual de conceptos fundamentales y recomendaciones prácticas: ACHS; s.f.

Mobiliario

El uso de un mobiliario inadecuado puede traer repercusiones importantes en la salud de los niños y adolescentes. Se recomienda:

Las sillas cómodas, estables y bien ajustadas, de manera que los educandos no adopten posturas viciosas mientras trabajan.

Sus dimensiones deben estar de acuerdo con la talla promedio de los niños, de modo que permitan que los pies estén bien apoyados en el suelo (se usará un banquito para apoyar los pies en el caso de que los alumnos lo necesiten); que las pantorrillas no estén presionadas por el borde del asiento y que la espalda esté claramente apoyada y toda cubierta en el respaldo.

La profundidad del asiento debe permitir apoyar la zona lumbar en el respaldo, que los muslos permanezcan horizontales para evitar la presión en su parte posterior, para no afectar la circulación sanguínea. Tanto el asiento como el respaldo tendrán una inclinación hacia atrás no muy marcada y su forma será ligeramente cóncava. El respaldo debe formar un ángulo de entre 90 y 100° con respecto al asiento.

- Los asientos y los respaldos no deben tener tablillas separadas.
- La mesa estable, con dimensiones suficientes para colocar el material de trabajo, que soporte el peso del equipo y de cualquier persona que se apoye por alguno de sus bordes.
- Las medidas mínimas recomendadas son las siguientes:
 - Largo: 120 cm.
 - Ancho: 90 cm.
 - Altura 65-75 cm.
 - Espacio interior de la mesa:
 - Ancho: 60 cm.
 - Profundidad: 65-70 cm.
- Las mesas y sillas de colores claros con acabado de la pintura mate en buen estado de conservación y limpieza. (Cumbá, y otros, 2013)

Ambiente sonoro

El sonido es un fenómeno físico que se transmite a través de ondas, invisibles para el ser humano, pero que se puede oír y se pueden medir.

El sonido consta de dos parámetros: la presión acústica o sonora y la frecuencia. La presión acústica es la intensidad del sonido (agudo, grave), mientras que la frecuencia puede ser alta, media, baja. La unidad de medida de las frecuencias es el Hertz (Hz). No todas las personas pueden oír los mismos sonidos, dependerá de su sensibilidad, características personales, edad, el ruido se define como el sonido no deseado y molesto. La unidad de medida de la presión acústica son los decibelios (dB), concretamente se utilizan los dB (A) para unificar los tipos de ruido que entrañan riesgo a la salud. Los decibelios (A) son los niveles de presión sonora con independencia de la frecuencia en la que se encuentren.

Para los trabajos en oficinas se exige una concentración y una comunicación verbal frecuente, llegando a ser el ruido un verdadero problema. Los ruidos en las oficinas suelen ser generados por las impresoras, máquinas de escribir, los teléfonos y principalmente las conversaciones telefónicas, por lo que se prefieren los espacios de trabajo más bien reducidos o separados por pantallas. Las interferencias o ruidos en las oficinas provocan un discomfort que debe controlarse, por este motivo, el nivel de ruido que puede provocar una situación molesta se sitúa entre los 55 y los 65 dB (A).

El principal riesgo de la exposición al ruido es la pérdida irrecuperable de audición. Otros efectos del ruido que se han comprobado en algunos individuos es la aceleración del ritmo cardíaco, alteraciones nerviosas, respiratorias, digestivas, visuales, etc. Igualmente, elevados niveles de ruido pueden provocar trastornos del sueño, irritabilidad, cansancio, disminución de la atención, de la capacidad de trabajo, en definitiva, aumento del tiempo de reacción del individuo y del número de errores, así como, la posibilidad de sufrir accidentes. (Moreno, Pañacoba, & González, s.f.)

Ambiente luminoso y cromatismo

Ambiente luminoso es el término que se emplea para la iluminación uniforme (uniformidad) del diseño de un interior, con el fin de crear condiciones homogéneas de visión en todo el interior. Generalmente se consigue con una configuración regular de luminarias.

Para muchas aplicaciones, el nivel requerido de iluminancia está definido en las normativas relativas al plano de trabajo.

Para que la actividad laboral se pueda llevar a cabo de manera correcta es necesario que la visión e iluminación se complementen. Esa adecuación implica unas condiciones óptimas para ejecutar eficazmente el trabajo, sin fatiga.

La iluminación del puesto de trabajo tiene por objeto:

- favorecer al máximo la percepción de la información visual utilizada en el trabajo
- asegurar un nivel adecuado para la buena ejecución de la tarea
- procurar el mayor confort visual posible. Esto implica la existencia de un contraste adecuado en el entorno de la tarea a realizar, la ausencia de deslumbramientos tanto de las propias fuentes luminosas como de las superficies del entorno de trabajo y que el color de la fuente de luz sea adecuado a la tarea.

Un buen sistema de iluminación de los puestos de trabajo, para conseguir un cierto confort visual y una buena percepción visual precisa del estudio de los siguientes puntos:

Nivel de iluminación del punto de trabajo.

Tipo de tarea a realizar (objetos a manipular).

El contraste entre los objetos a manipular y el entorno.

La edad del trabajador.

Disposición de las luminarias” (Chavarría, s.f.).

“Una distribución equilibrada de la luminancia sobre diferentes superficies hace que un interior sea visualmente interesante. Sin embargo, un contraste inadecuado o descomedido provoca estrés visual y fatiga”.

Ambiente Cromático:

Los colores de los ambientes de trabajo de oficina deben mejorar el rendimiento luminoso y evitar deslumbramientos. Se recomienda el uso de acabado mate en pisos y mobiliario. Aunque el color tiene connotaciones culturales o corporativas, se recomienda la utilización de colores claros, combinando tonos pastel (verdes, ocre y grises).

Las calidades cromáticas de una lámpara se caracterizan por dos atributos diferentes:

- Su apariencia de color, que puede estar dada por su temperatura de color
- Su capacidad de rendimiento de color, que afecta al aspecto cromático de los objetos iluminados por la lámpara

Fuentes de luz de igual apariencia de color pueden tener una composición espectral completamente distinta y, por consiguiente, presentar grandes diferencias de discriminación cromática. Por eso es imposible sacar ninguna conclusión en relación con las propiedades de rendimiento de color que tiene una lámpara conociendo solo su apariencia de color. Así es posible que dos lámparas tengan el mismo índice de reproducción cromática y sus distribuciones espectrales sean distintas, de ahí que para determinar las propiedades cromáticas de una lámpara sea necesario conocer los dos factores siguientes:

- La temperatura de color es el factor que permite conocer la luz de una fuente luminosa. Se expresa en la escala Kelvin (+ 273 ° C) y corresponde al color que se alcanza calentando un cuerpo negro, (un radiador ideal que teóricamente radia toda la energía que recibe, cambiando de color al variar la temperatura absoluta). La radiación visible es función de la temperatura absoluta.

- Índice de reproducción cromática de una fuente luminosa (IRC), se refiere al aspecto cromático que presentan los cuerpos iluminados por esta en comparación con el que presentan bajo una luz de referencia, que puede ser el cuerpo negro o una luz día homologada.
- El índice de reproducción cromática puede ser general (Rg) como promedio del desplazamiento para un conjunto de 8 colores de muestra o específico (Re) para un solo color.
- Las fuentes de luz blanca pueden subdividirse en tres grupos según su apariencia de color.
- Temperatura de color Apariencia de color
- blanco cálido (ww): < 3300° K Cálida (blanca rojiza)
- blanco neutro (nw): 3300 - 5000 °K Intermedia blanca) luz día (tw): > 5000 ° K Fría (blanca azulada)

Para que el alumbrado sea de buena calidad ha de existir una relación entre la temperatura de color de las fuentes de luz utilizadas y el nivel de iluminación de la instalación. (Falagán, Canga, Ferrer, & Fernández, 2000)

Tabla 3. Iluminancia

ILUMINANCIA (LUX)	APARIENCIA DEL COLOR DE LUZ		
	Cálida	Intermedia	Fría
<500	Agradable	Neutro	Fría
500-1000			
1000-2000	Estimulante	Agradable	Neutra
2000-3000			
>3000	No natural	Estimulante	Agradable

Tabla 4. Efecto color

EFEECTO COLOR	EFEECTO DISTANCIA	EFEECTO TEMPERATURA	EFEECTO PSICOLÓGICO
Azul	Alejamiento	Frío	Tranquilizador
Verde	Alejamiento	Muy Frío	Muy Tranquilizador
Rojo	Proximidad	Calor	Excitante
Naranja	Muy Próximo	Muy caliente	Estimulante
Amarillo	Proximidad	Muy caliente	Estimulante
Pardo	Muy Próximo	Neutral	Estimulante
Violeta	Muy Próximo	Frío	Agresivo /Descorazonador

Fuente: Falagán M, Canga A, Ferrer P, Fernández J. Manual básico de prevención de riesgos laborales: higiene industrial, seguridad y ergonomía: Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo y Fundación Médicos Asturias; 2000.

Las deficientes condiciones de calidad y cantidad de la iluminación disponible en una estación de trabajo podrían generar fatiga, que se asocia a las siguientes situaciones: Fatiga del sistema nervioso central, como resultado del esfuerzo requerido para interpretar señales poco claras o ambiguas.

Fatiga muscular corporal, debido a la necesidad de mantener una postura sostenida no natural (incómoda). En el caso particular del trabajo frente a un computador, esto es causado por la necesidad de adoptar posturas forzadas para evadir reflejos sobre el monitor o teclado, evitar el deslumbramiento causado por una luminaria ubicada en el campo visual, etc. (Asociación Chilena de Seguridad (ACHS), s.f.)

Normativa sobre iluminación

A continuación se hará mención valores mínimos exigidos o necesarios de iluminación, establecidos por parte de los principales estamentos gubernamentales a nivel nacional.

Superintendencia de Electricidad y Combustibles

Según se indica en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, (SEC) Institución dependiente del gobierno de Chile, por medio del ministerio de energía, en su normativa

chilena NCH/2003 artículos (11.3.1) (11.3.2), relativa a alumbrado en Recintos Asistenciales y Educativos, señala lo siguiente:

Para determinar la potencia eléctrica necesaria a instalar para alumbrado de recintos asistenciales y educativos, se deberá tener en cuenta el nivel de iluminación requerido, el tipo de fuente luminosa y el área del recinto por iluminar.

El nivel de iluminación mínimo según el tipo de local y tarea que en él se desarrolle, se determinará de acuerdo a lo señalado en la tabla 5. (Superintendencia de Electricidad y Combustibles, s.f.)

Tabla 5. Iluminancias Mínimas para locales Educativos y Asistenciales

TIPO DE RECINTO	ILUMINANCIA [LUX]
Atención administrativa	300
Bibliotecas	400
Cocinas	300
Gimnasios	200
Oficinas	400
Pasillos	100
Policlínicos	300
Salas de cirugía menor	500
Salas de cirugía mayor, quirófanos	500
Salas de clases, educación párvulos	150
Salas de clases, educación básica	200
Salas de clases, educación media	250
Salas de clases, educación superior	300
Salas de Dibujo	600
Salas de Espera	150
Salas de Pacientes	100
Salas de Profesores	400

Fuente: Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Instalaciones de alumbrado. [Online].; s.f.
Disponibel en: https://www.sec.cl/sitioweb/electricidad_norma4/alumbrado.pdf.

Ministerio de Educación

En el año 1989, El Ministerio de educación Pública promulga el decreto N° 548, que se titula como *“Normas para la plata física de los locales educativos que establecen las exigencias mínimas que deben cumplir los establecimientos reconocidos como cooperadores*

de la función educacional del estado, según el nivel y modalidad de enseñanza que impartan”
(Última modificación 10/07/ 2018)

En el se señalan las exigencias mínimas que deben cumplir los establecimiento educacionales en sus planta físicas, de acuerdo a la modalidad y nivel de enseñanza que estos impartan. Los artículos que hacen mención a las condiciones de iluminancia son los siguientes:

Artículo 7º.-

Cuando se trate de locales para establecimientos educacionales de Formación Diferenciada, Técnico-Profesional y/o Artística, de Centros de Educación Integral de Adultos, de locales correspondientes a establecimientos educacionales de carácter singular o que correspondan a una necesidad de innovación curricular, se establecerán, en cada caso, los recintos arquitectónico-pedagógicos requeridos para el desarrollo del proyecto educativo, con la aprobación del Secretario Regional Ministerial de Educación que corresponda

Artículo 9º.-

La infraestructura de los establecimientos educacionales deberá cumplir con las siguientes exigencias:

Inciso 10. En los locales educacionales los recintos que se indican, de uso de párvulos y alumnos, deberán cumplir siguientes requisitos de luminosidad y ventilación:

10. a La cantidad mínima de luz deberá ser equivalente a 180 lux, medida en la cubierta de la mesa de trabajo ubicada en el sector menos iluminado del recinto, con excepción de los recintos destinados a servicios higiénicos, comedor o dormitorio. Si la cantidad de luz indicada no se puede lograr por medio de la luz natural, se deberá cumplir el mínimo establecido complementándola con luz artificial. (Ministerio de Educación Pública, 1989)

Ministerio de Salud

Según el Decreto Supremo N°594, esta normativa fue publicada el 29 de abril del año 2000 (última modificación 20 junio de 2019) con el Título “*Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales basicas en los lugares de trabajo*”.

En cuanto a la evaluación de los niveles de iluminación, señala que:

Artículo N° 103: Todo lugar de trabajo, con excepción de faenas mineras subterráneas o similares, deberá estar iluminado con luz natural o artificial que dependerá de la faena o actividad que en él se realice. El valor mínimo de la iluminación promedio será la que se indica a continuación: (Sigweb, s.f.)

Tabla 6. Valor mínimo de la iluminación

LUGAR O FAENA	ILUMINACIÓN EXPRESADA EN LUX (LX)
Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicios higiénicos, salas de trabajo con iluminación suplementaria sobre cada máquina o faena, salas donde se efectúen trabajos que no exigen discriminación de detalles finos o donde hay suficiente contraste	150
Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión, trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles moldes en fundiciones y trabajos similares	300
Trabajo con poco contraste, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas, cajista de imprenta, monotipias y trabajos similares	500
Laboratorios, salas de consulta y de procedimientos de diagnóstico y salas de esterilización	500 a 700
Costura y trabajo de aguja, revisión prolija de artículos, corte y trazado	1.000
Trabajo prologado con discriminación de detalles finos, montaje y revisión de artículos con detalles pequeños y poco contraste, relojería, operaciones textiles sobre género oscuro y trabajo similares	1.500 a 2.000
Sillas dentales y mesas de autopsias	5.000
Mesa quirúrgica	20.000

Fuente: Sigweb. Decreto Supremo N.º 594. Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. [Online].; s.f.. Available from: <http://www.sigweb.cl/wp-content/uploads/biblioteca/IluminacionDS594.pdf>.

Los valores indicados en la tabla se entenderán medidos sobre el plano de trabajo o a una altura de 80 centímetros sobre el suelo del local en el caso de iluminación general. Cuando se requiera una iluminación superior a 1.000Lux, la iluminación general deberá complementarse con luz localizada. Quedan excluidos de estas disposiciones aquellos locales que debido al proceso industrial que allí se efectúe deben permanecer oscurecidos.

Artículo 104: La relación entre iluminación general y localizada deberá mantenerse dentro de los siguientes valores:

Tabla 7. Relación entre iluminación general y localizada

Iluminación General (lux)	Iluminación Localizada (lux)
150	250
250	500
300	100
500	2.000
600	5.000
700	10.000

Fuente: Sigweb. Decreto Supremo N.º 594. Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. [Online].; s.f.. Available from: <http://www.sigweb.cl/wp-content/uploads/biblioteca/IluminacionDS594.pdf>.

Instalaciones del Campus San Felipe

La Facultad de Medicina de la Universidad de Valparaíso en el Valle de Aconcagua se remonta a más de 40 años; un vínculo que nace con la firma del Convenio Docente Asistencial que permitió la coordinación de actividades de estudiantes de pregrado de la Facultad de Medicina. Un proyecto que seguía dos grandes lineamientos institucionales, modernización de la Educación Superior, conjunto a políticas pública de descentralización y al fomento del desarrollo regional (Universidad Valparaíso de Chile, 2020).

La Facultad de Medicina, Campus San Felipe en primera instancia da comienzos a sus funciones en las instalaciones del Liceo Roberto Humeres en la ciudad de San Felipe, las primeras carreras que albergo dicho lugar corresponden a Tecnología Médica y

Fonoaudiología, las cuales albergaron a un total de 88 alumnos. En año 2003 el Campus cambia su ubicación y hace su Traslado al sector de “La Troya” en un conjunto casa habitación denominado “la Casona”, esta propiedad se encuentra aledaña a terrenos que fueron adquiridos por la Universidad.

La construcción de la primera etapa del nuevo Campus inicia el año 2005, se espera que este proyecto educativo albergue en primera instancia a un total de 1.200 alumnos, a las carreras de Tecnología Médica, Fonoaudiología, Educación Parvularia ,se unen Medicina y Enfermería. Un año después se realiza la inauguración de las nuevas instalaciones, se agregan más salas de clases conjunto con espacios equipados para el desarrollo de actividades de secretaría de docencia y bienestar, laboratorios, biblioteca y auditorio. En el año 2007 se imparte la carrera de Obstetricia y Puericultura.

A inicios del año 2020, el Campus San Felipe cuenta con 5 carreras del área de la salud: Medicina, Obstetricia y Puericultura, Tecnología Médica, Enfermería y Fonoaudiología.

Infraestructura del Edificio Principal

- Dimensiones: 2.705 m²
- Salas de clases: 8
- Laboratorios: 2
- Biblioteca: 1
- Auditorio: 1

CAPÍTULO II: PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Antecedentes

El ministerio de educación en el año 2014 publicó un documento titulado “*nuevos espacios educativos 2010-2013*” (Ministerio de Educación, 2014) bajo la dirección de la ministra Carolina Schmidt Zaldívar titular de la época, donde destaca la importancia del confort visual en el diseño del espacio educativo mencionado lo siguiente:

“Todos los recintos educativos deben tener un buen nivel de iluminación, tanto natural como artificial, en especial los recintos docentes, aulas, talleres y laboratorios. Por lo tanto, el diseño de los vanos de ventanas es fundamental para que ingrese la cantidad de luz necesaria, evitando los rayos solares directos en las áreas de trabajo, siendo la luz pareja y de un color que no dé brillo la condición para una buena calidad de iluminación. Esto permite que los alumnos no se distraigan con brillos intensos o producto de esfuerzos innecesarios para un trabajo constante”.

La iluminación artificial durante el día se entiende como un apoyo a la luz natural y permite alcanzar el índice adecuado de luxes (unidad de medida de iluminación), necesario para el trabajo educativo. En el caso de los locales de uso nocturno, la iluminación artificial debe llegar constante y pareja a cada lugar de trabajo, evitando los reflejos).

En Colombia, específicamente Bogotá, se realizó un estudio denominado “Niveles de iluminación y su relación con los posibles efectos visuales de los empleados de una ISP de Bogotá” (Beltrán & Merchán, 2013) publicado el año 2013. Este estudio fue de tipo descriptivo, donde se tomaron en consideración 3 factores: el primero consistía en una evaluación a través de una encuesta propuesta por el Instituto Nacional de Seguridad y Higiene en el Trabajo (INSHT) para conocer la percepción del trabajador, también se realizó un chequeo optométrico para definir el estado visual de los trabajadores y finalmente una medición objetiva de los ambientes de trabajo para medir el nivel de iluminación de cada área. Los resultados no fueron alentadores, pues el 50% de las áreas no cumplía con los requisitos mínimos de iluminación, según el reglamento de instalaciones Eléctricas (RETIE).

En conjunto con esto los trabajadores señalan molestias visuales como visión borrosa, enrojecimiento y cansancio. Al cruzar la información los datos son evidente, existe una relación entre la salud visual y los niveles de iluminancia en esta investigación.

En otra investigación denominada: “*Estudio del desempeño atencional en niños en aulas con diferentes acondicionamientos lumínicos*” (Monteoliva, Korzeniowski, Ison, Santillán, & Pattini, 2016), los autores tomaron una muestra de 34 niños entre 8 y 9 años, los que fueron sometidos a diferentes condiciones de iluminación, contemplando la variante de temperatura del color (TCC: 6500 °K - 4000 °K) e iluminancia horizontal (Eh: 300 lx – 500 lx). El principal Instrumentos de medición que se utilizó fue el Test de Percepción de Semejanzas y Diferencias (TPSD), también denominado “CARAS-R”. Para determinar eficacia (EA), eficiencia (FA) y rendimiento atencional (RA). En el transcurso de esta investigación se pudo evidenciar los múltiples beneficios que se pueden lograr al diseñar espacios con eficiencia lumínica, por lo que se menciona la importancia de su control y las problemáticas que puede traer una iluminación deficiente.

En esta línea de estudio, el aporte de este trabajo fue ejemplificar la importancia de una buena iluminación del lugar donde se realizan las actividades educativas de los niños, puesto que a la hora del diseño de espacios es importante que cuente con un adecuado entorno lumínico, que contribuya el aprendizaje y educación de estos.

Rubén Corvalán (Argentino, Corvalán, & Amarilla, 2015), director del departamento de ingeniería, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, perteneciente a la Universidad Nacional del Nordeste, encabezo un estudio titulado “*Iluminación y confort en aulas y laboratorios de carreras técnicas de grado universitario*”. Este trabajo científico realiza una medición lumínica, bajo el protocolo publicado por la Superintendencia de riesgos de trabajo y consiste en una la técnica de relevamiento, la cual se fundamenta en una cuadrícula de puntos de medición que cubre toda la zona analizada. Incluye un método de cálculo para estimar la cantidad de puntos de medición en base a dimensiones geométricas del local. Se considera variantes externas como variaciones de temperatura y de viento. El trabajo de campo se realizó en distintas circunstancias, con cortinas corridas, luz natural y artificial, en días nublado, con ventanas cerradas sin ventilador ni aire acondicionado. Los instrumentos

empleados en esta medición fueron los siguientes: Luxómetro Extech Modelo 401027, Termómetro digital Extech Modelo EA10 y, Anemómetro Extech Modelo 45118.

Se tomo como altura de medición de 0,75 metros por el plano de trabajo, tomando con referencia pupitres de los alumnos y profesores. Se adapto a las condiciones habituales de las distintas alturas de trabajo. Luego se ejecutó una medición dentro la cuadrícula establecida, donde se ubicaban las principales fuentes de luminaria. Finalmente, se realizó una medición extra en denominadas zonas testigo, las cuales están fuera de la zona del cono de iluminación.

Como resultado de esta medición se constató que el grado de iluminación cumple con los estándares adecuados para realizar una clase en condiciones óptimas, en días soleado y nublados. Sin embargo, se considera importante la ubicación de las ventanas (orientación) como es la vista al exterior, y si existe presencia de sombras.

En el año 2018 la Universidad Federico Santa María, publicó un estudio que muestra las diferencias de luminancias en un taller de mecánica industrial, los autores de dicha publicación toman como referencia, una medición objetiva, por medio del instrumento de medición luxómetro y una subjetiva donde realizan una encuesta a los alumnos que utilizan ese recinto para ejercer sus actividades prácticas (Fuentes, 2018).

Como conclusión se menciona que el nivel de luminancia está acorde con el marco legal chileno, que mencionado taller cumple con lo estándares que exige la norma, no obstante, las percepciones del alumnado son distinta, pues manifiestan molestias por el exceso de luz en cierta zonas y déficit en otras lo que provoca ciertas molestias visuales.

Problema de investigación

El edificio central es una edificación nueva que cuenta con 2.705 m², el cual se construyó para fines docentes y en sus instalaciones alberga, laboratorios, salas de clases, auditorio biblioteca, oficinas administrativas y portería. Por otra parte, la en cambio el inmueble llamado “La Casona” es un recinto casa-habitación ubicado al frente del edificio central, que posteriormente fue adaptada para fines educativos. Hasta inicios del 2020, cobija salas de clases, oficinas y laboratorios. Pero, debido a la construcción de la segunda etapa del edificio central, las aulas de “La Casona” serán destinadas exclusivamente a laboratorios y oficinas.

El vacío de conocimiento es que hasta ahora es que no se ha realizado ningún estudio que contenga información acerca de las condiciones lumínicas que poseen las salas clases en el campus San Felipe.

Pregunta de investigación

¿Cuáles son las condiciones lumínicas de las aulas del Campus San Felipe?

Hipótesis

Dada las características de esta investigación no requiere hipótesis puesto que se plantea como un estudio de tipo descriptivo.

Relevancia y justificación

Este trabajo se considera relevante porque brinda información que puede ser de utilidad para mejorar el ambiente de enseñanza y aprendizaje, puesto que mejorar la iluminación de las salas de clases puede brindar un mayor confort visual en los estudiantes.

Además, este estudio tiene una relevancia de tipo Social, puesto que, la información entregada por esta investigación podría contribuir a entregar evidencia científica sobre las condiciones de iluminación en que se encuentran las aulas del Campus San Felipe, con lo cual se podrían establecer mejoras y acciones correctivas.

CAPÍTULO III: OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Describir y evaluar las condiciones lumínicas de las aulas del campus San Felipe con el fin de contribuir a mejorar las condiciones de enseñanza y aprendizaje de las aulas del Campus.

3.2. Objetivos Específicos

1. Describir las condiciones estructurales y de acondicionamiento de las aulas en estudio.
2. Determinar las condiciones lumínicas de las aulas de cada sala perteneciente al Edificio Central.
3. Evaluar si las condiciones lumínicas cumplen con los requerimientos mínimos para garantizar el confort visual.
4. Evaluar si las condiciones lumínicas se ajustan a la normativa legal chilena.

CAPITULO IV: METODOLOGÍA

3.1 Tipo de estudio

Este estudio es de tipo exploratorio, descriptivo, observacional y de corte transversal. Exploratorio porque no se tienen investigaciones previas en que se haya hecho un estudio similar. Por lo tanto, este estudio brindará las bases para que se pueda hacer en el futuro un estudio con mayor nivel de alcance. Es de tipo descriptivo porque se pretendió describir, el comportamiento de las variables sujetas a medición. Por otra parte, es observacional debido a que el investigador no hace ninguna intervención de las variables, solo la mide. Finalmente es de corte transversal porque se hizo una sola observación.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población son las salas de clases del campus San Felipe.

3.2.2 Muestra

La muestra es de tipo censal porque se estudiaron todas las aulas del Edificio Central del campus San Felipe donde se realizan habitualmente las clases.

3.3 Criterios de selección

3.3.1 Criterios de inclusión.

El criterio de inclusión será: sala de clases donde se realiza la docencia.

3.3.2 Criterios de exclusión.

Los criterios de exclusión fueron: salas de clases donde se realizan actividades prácticas, tales como: laboratorios y sala de simulación clínica box de atención clínica.

3.4 Variables

Las variables contempladas fueron:

Illuminancia:

Definición conceptual: La iluminancia o iluminación de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su extensión. La iluminancia se representa por la letra E, siendo su unidad el lux.

Definición operacional: Se realizó una medición cuantitativa de la salas del campus San Felipe, utilizando un Luxómetro, ubicándolo en el plano de trabajo correspondiente, según un esquema diseñado especialmente para este estudio (Malla de puntos).

Tipo de iluminación artificial:

Definición conceptual: Luz provista por una fuente artificial que tiene una distribución espectral que se aproxima a la luz natural.

Definición operacional: Inspección visual y registro fotográfico

Punto de medición dentro del aula:

Definición conceptual: Lugar determinado por el diagrama de esta, donde se realizaron las mediciones.

Definición operacional: Registro de la medición en el diagrama y en la hoja de registro

3.5 Fuentes y método de recolección de datos

La principal fuente de datos se obtuvo por medio de una hoja de registro diseñada especialmente para este estudio. Que consistió en un esquema que determina los puntos a evaluar en cada aula y un registro en la hoja de registro. Las mediciones fueron complementadas con registros audiovisuales, los cuales sirvieron para la descripción de las condiciones físicas en que se encontraban las aulas.

3.5.1 Instrumentos de medición

Luxómetro

La evaluación de las condiciones lumínicas de las salas de clases del campus, se hicieron con un instrumento especializado en la medición de la iluminación. Este aparato se denomina luxómetro, el cual permite medir de forma sencilla y rápida la cantidad de flujo luminoso por unidad de área. Por su gran versatilidad es utilizado en distintas áreas, como son: el sector industrial, área comercial, cine y televisión. Los luxómetros, además, son útiles para medir la contaminación lumínica por parte de organizaciones ecologistas.

Principio de funcionamiento

El luxómetro funciona según el principio de una celda célula o fotovoltaica; un circuito integrado que recibe una cierta cantidad de luz (fotones) que constituyen la "señal", una energía de brillo y la transforma en una señal eléctrica (analógica). Esta señal es visible por el desplazamiento de una aguja, el encendido de diodo o la fijación de una cifra.

Además, un filtro de corrección de espectro permite evitar que las diferencias de espectro falseen la medida. Los luxómetros pueden tener varias escalas para adaptarse a las luminosidades débiles o las fuertes. Algunos luxómetros contienen memoria o logger (datalogger) para la grabación de datos. (EcuRed, 2020)

Actualmente en el mercado existe una gran variedad de estos tipos de equipos, con distintas funciones y características, para esta investigación se optó por adquirir el siguiente modelo:

Mini luxómetro UT383

Mini medidor de luz equipado con tecnología de detección fotoeléctrica, que puede representar efectivamente la intensidad de la luz con señales eléctricas, luego procesa los datos y muestra el resultado en la pantalla LCD (DMU Energy, 2017).

Características

- Apagado automático (cancelable).

- 2044 sets de almacenamiento de datos.
- Muestra el tiempo y los intervalos de registro ajustables (0.5 ~ 255s).
- Restaurar a modo predeterminado.
- La unidad de medida es conmutable: Lux o FC.
- Incluye el almacenamiento de datos y la función de transmisión de datos.
- Con medición de valor máximo y mínimo.
- Indicación de batería baja, función de apagado automático manual.
- Compacto y ligero, conveniente para sostener y llevar.

Figura 5: Imagen del Luxómetro utilizado en este estudio



Tabla 8. Características del instrumento de medición

FUNCIONES	DISTANCIAS	RESOLUCIÓN	EXACTITUD
Rango de medición	0 ~ 200, 000	Lux	
Frecuencia de muestreo	0 ~ 9999Fc	1Fc	0.5s
Indicación de sobrecarga			OL
máximo mínimo			máximo minino
Retención de datos			Sostener
LCD luz de fondo			Sí
Apagado automático			5 minutos
Indicación de batería baja			3.0 ~ 3.5V
Batería			4.5V
Consumo actual	Trabajando Apagado	uA	≤30mA ≤10uA
Ambiente de trabajo	Temperatura Humedad		0 ~ 40 °C ≤80% RH
Entorno de almacenamiento	Temperatura Humedad		-20 ~ 60 °C ≤75% de HR

Registro audiovisual

El registro audiovisual que hizo con un Smartphone, Samsung Note 10 Life, que cámara frontal de 32MP y de 12MP.

Figura 6: Imagen del Smartphone Samsung Note 10 Life



3.6 Procedimientos y/o actividades

El primer paso fue solicitar los planos de las aulas, con los cual se determinaron los lugares que serían medidos dentro de cada aula (diagrama de la sala).

En este diagrama se ubicaron 4 sectores específicos donde se realizaron las mediciones. Estos valores numéricos que, están basado en la unidad de medida de fotometría del sistema internacional: lux (lm/m^2) fueron plasmados en una hoja de registro, elaborada para este proyecto.

Luego se solicitaron los permisos correspondientes para realizar las mediciones, los cuales fueron otorgados por la directora del Campus, Sra. Soledad Narea. Estas fueron hechas en 2 días diferentes. La primera se hizo el día 7 de octubre y fue considerada como de prueba para evaluar las condiciones logísticas de las mediciones, tales como: evaluar las condiciones del trabajo de campo, a la vez para comprobar la efectividad del instrumento y realizar una evaluación general de los espacios estudiar. Todo esto sirvió de base para ajustar la medición final cuyos resultados se presentan en esta investigación.

La actividad final de medición se llevó a cabo sólo en la mañana, el día 30 de octubre del presente año, debido a que la logística para realizar mediciones en la tarde resultó muy complicada debido a las restricciones sanitarias, producto de la pandemia por COVID-19.

Además, sobre la base de los resultados realizado en la medición de prueba, se decidió hacer 3 mediciones en cada uno de los cuatro puntos determinados para medir en la sala, los cuales fueron promediadas, el cual se constituyó en la medición del punto en particular. Esto se hizo debido a que el instrumento presenta ligeras diferencias entre una medición y otras.

El instrumento se utilizó a una altura de un metro sobre el suelo con la puerta cerrada. Las mediciones de los 4 puntos fueron hechas en tres condiciones de iluminación:

1. Cortina a medio cerrar
2. Cortinas cerradas
3. Cortinas cerradas con luz artificial

El trabajo de campo se inició en la plata baja de la edificación para posteriormente continuar con el segundo piso. Las condiciones climáticas fueron de un día soleado con una temperatura que oscilaba los 25° en promedio, durante toda la jornada. El inicio de la actividad comenzó a las 9:45 y terminó fue a 12:00. Este fue realizado el día 30 de octubre de 2020, por lo cual corresponde a un día de la estación de Primavera (21-22 de septiembre hasta 21-22 diciembre), cuyas condiciones de luz natural son distintas a las del resto de año, donde en el Valle de Aconcagua, en la ciudad de San Felipe se caracteriza por una escasa humedad atmosférica con cielos despejados y una luminosidad alta.

Es importante señalar que para obtener la medición de la iluminancia, en las salas de clases del Campus San Felipe, se uso como guía el *“protocolo para la evaluación de la luminancia e iluminancia en los lugares de trabajo”*, documento elaborado por el Instituto de Salud Pública (ISP) perteneciente al gobierno de Chile, qué data de marzo del año 2015, en su versión N°1.

Durante la medición se siguieron los siguientes pasos:

- a) Registra hora de inicio
- b) Realizar la medición para verificar las dimensiones la superficie del aula
- c) Registrar las condiciones del aula mediante imágenes y videos.
- d) Identificar los puntos para realizar la medición
- e) Verificar la lectura de “cero lux” en el instrumento, en forma previa al inicio de las mediciones. Esto se logra tapando el sensor (fotocélula sensible a la luz) del luxómetro con la tapa original disponible para tal fin.
- f) Medir la iluminancia (lux) en cada punto señalado en 3 oportunidades y registrar los 3 datos.
- g) Obtener el promedio en lux de todos los valores obtenidos en los puntos de medición considerando y compararlo con el criterio explicitado para la actividad evaluada. (Instituto de Salud Pública, 2015).
- h) Registrar hora de término

3.7 Análisis de los datos

Los datos fueron organizados en tablas y gráficos, haciendo uso de una planilla Excel.

3.8 Consideraciones Éticas

Este estudio no requiere consideraciones éticas. Esto porque el objeto de estudio no son personas, puesto que se evaluarán espacios físicos, sin la participación de terceros. No obstante, cumple con los principios de no maleficencia y beneficencia, dado que al no expone a personas a ningún daño. Por otra parte, la información recabada servirá para mejorar las condiciones lumínicas de las aulas del campus San Felipe.

CAPITULO V: RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de esta investigación acorde con los objetivos propuestos.

5.1 Descripción general de los datos obtenidos

Las salas que cumplieron con los criterios de selección fueron siete, cuatro en la planta baja y 3 en el segundo piso. En la tabla siguiente se detallan el área y los horarios en que se hizo la medición en cada sala. Tal como se puede apreciar en la tabla, el tiempo que duró la medición fluctuó entre 13 y 25 minutos. El área de las salas va de 40,9 a 81,2 metros cuadrados.

Tabla 9. Ubicación, área y horario de la medición en cada sala

N DE SALA	UBICACIÓN	DIMENSIONES (M2)	HORA INICIO	HORA DE TÉRMINO	DURACIÓN DE LA MEDICIÓN
1	Primer piso	76,1	10:35	10:50	0:15
2	Primer piso	71,3	10:55	11:10	0:15
4	Primer piso	81,2	10:15	10:30	0:15
5	Primer piso	70,8	9:45	10:10	0:25
6	Segundo piso	40,9	11:27	11:40	0:13
7	Segundo piso	78,5	11:15	11:25	0:10
8	Segundo piso	41,1	11:45	12:00	0:15

5.2 Condiciones estructurales y de acondicionamiento de las aulas en estudio.

En general, la edificación consta de paredes y techo de construcción sólida, con textura lisa y patrón rectangular. El piso está cubierto por baldosas de 30x30 de color amarillo opaco, con intensidad variable. Las ventanas son de tipo ventanal que ocupan aproximadamente 2 tercios de la pared, desde el techo hacia el piso. Estas están cubiertas por cortinas de tipo roller “black out” blanco.

La iluminación artificial instalada es de tipo Fluorescente, de 2 y de 4 tubos por equipo a una distancia aproximada de 1 a 1,5 metros entre cada uno. En este punto es importante destacar que en todas las salas se detectó al menos un equipo con la mitad o con la totalidad de los tubos sin funcionamiento, lo que se puede evidenciar claramente en las dos fotografías de la sala 1, 6 y 7 (Figura 7).

El detalle de cada sala y las fotografías de presentan a continuación.

Tabla 10. Detalles de las características estructurales de cada sala

N° DE SALA	N° DE VENTANA	AREA	LUMINARIAS	PAREDES	PISOS
1	5	76,1	Equipo Fluorescente (2 y de 4X36W)*	Sólido color Blancas y una con revestimiento de madera	Baldosa Amarillo opaco
2	3	71,3	Equipo Fluorescente (2 y de 4X36W)*	Sólido color Blancas y una con revestimiento de madera	Baldosa Amarillo opaco
4	4	81,2	Equipo Fluorescente (2X36W)*	Sólido color Blancas	Baldosa Amarillo opaco
5	4	70,8	Equipo Fluorescente (2X36W)*	Sólido color Blancas	Baldosa Amarillo opaco
6	4	40,9	Equipo Fluorescente (2X36W)*	Sólido color Blancas	Baldosa Amarillo opaco
7	3	78,5	Equipo Fluorescente (2 y de 4X36W)*	Sólido color Blancas	Baldosa Amarillo opaco
8	2	41,1	Equipo Fluorescente (2X36W)*	Sólido color Blancas	Baldosa Amarillo opaco

* Por la inspección visual se presume esta potencia

Figura 7: Imagen de las aulas en estudio

Sala: 1



Ubicación: Primer piso



Sala: 2



Ubicación: Primer piso



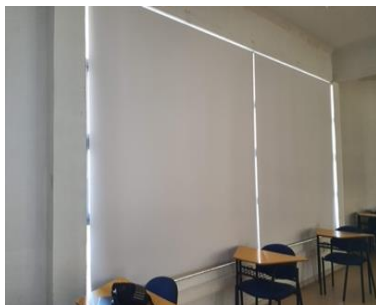
Sala: 4

Ubicación: Primer piso



Sala: 5

Ubicación: Primer piso



Sala: 6



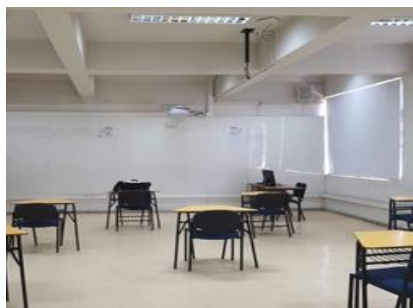
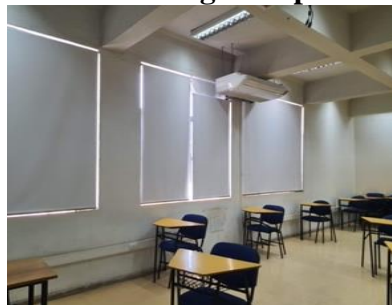
Ubicación: Segundo piso



Sala: 7

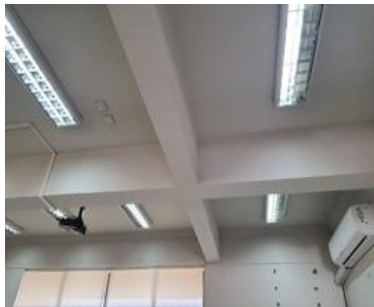


Ubicación: Segundo piso



Sala: 8

Ubicación: Segundo piso



5.3 Condiciones lumínicas de las aulas.

Las mediciones muestran que, en las salas del primer piso se observan las mayores variaciones entre los puntos de medición dentro del aula, alcanzándose hasta un rango de 729 lx en la sala 1. Estos se presentan cuando la medición se hace con luz natural (cortina a mitad del ventanal). Es importante destacar que, si bien la iluminación solar no iluminaba de manera directa dentro de las salas, las zonas cercanas al patio soleado mostraban los mayores valores (P1 y P2 en sala 4 y P3 y P4 en sala 5). El rango de valores con iluminación natural estuvo entre 42 y 846 lx, en cambio, en iluminación artificial fue de 120 a 396 lx. Como se puede apreciar en esta última condición se disminuyeron estas fluctuaciones, pero también el nivel de luminosidad (Tabla 10). Finalmente, el cierre de cortinas, sin iluminación, reduce la luminosidad a cero o a un máximo de 60,5 lx.

Tabla 11. Medición de luminosidad en los cuatro puntos de cada sala, en las tres condiciones del estudio

N° DE SALA	PUNTO DE MEDICIÓN	POSICIÓN DE LAS CORTINAS E ILUMINACIÓN		
		A LA MITAD	CERRADAS SIN LUZ	CERRADAS CON LUZ ARTIFICIAL
1	P1	774	25	183
	P2	846	20	315
	P3	117	6	308
	P4	162	5	169
2	P1	113,5	0	120
	P2	139,5	2	126,5
	P3	780,5	47,5	236,5
	P4	558,5	22	204,5
4	P1	809	34	159
	P2	383	9	227
	P3	189	4	189
	P4	236	7	174
5	P1	210	4	284
	P2	231	3	248
	P3	602	25	396
	P4	475	15	389
6	P1	512,5	9,5	164
	P2	170	0	280
	P3	169	0	187,5
	P4	165,5	0	137,5
7	P1	45	0	235,5
	P2	42	0	165,5
	P3	218,5	1	293,5
	P4	251,5	1,5	277,5
8	P1	105	28	263
	P2	175,5	60,5	230,5
	P3	88,5	46	127,7
	P4	68,5	44,5	232,5

5.4 Evaluación del cumplimiento como para garantizar el confort visual.

Según la normativa SEC, el estándar mínimo para garantizar confort visual corresponde a 300(lx) si los regismos por esta normativa chilena solo 4 salas cumplen con el requisito establecido por la autoridad nacional, Sin embargo, esto no garantiza que se cumple el estado de confort visual, puesto que, cada persona es diferente por lo que posee características distintas tales como: el estado visual del individuo, si este posee una condicionante óptica de base, si ha estado en un estado de vigilia, o al contrario en un estado permanente de hipersomnia. Por este motivo es importante destacar que el confort visual no puede ser visualizado de forma general, está influenciado en gran parte por los factores antes mencionados, conjunto con el sistema de iluminación.

Hay que señalar que sería de utilidad para futuras investigaciones conocer la percepción individual del alumnado, docentes y académicos, donde estos señalen si se encuentran conforme con la calidad de la iluminaria de cada aula, y si esta se adecua en términos generales a sus necesidades personales.

5.5 Evaluación de las condiciones lumínicas en relación con la normativa chilena.

Para este análisis, se promediaron las mediciones de los 4 puntos de cada aula, los cuales fueron comparados con: Norma SEC, MINEDUC Y MINSAL.

En la tabla 12 se presentan estos valores.

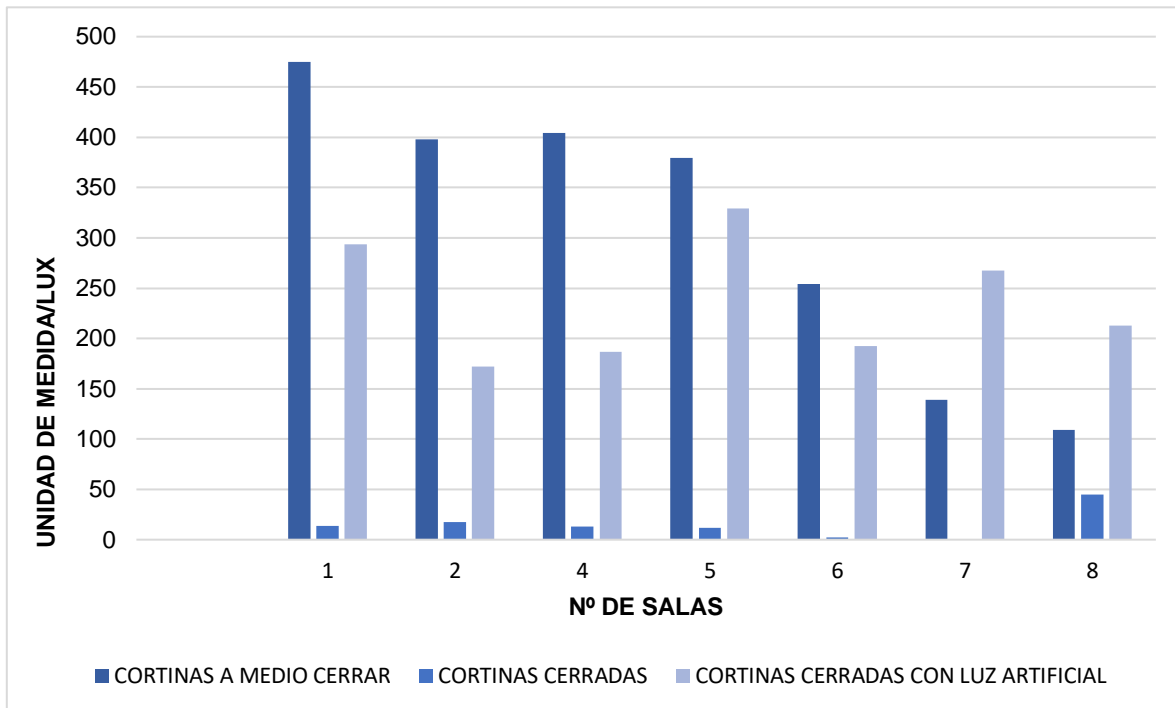
Tabla 12. Promedio de las mediciones en cada sala y valor según norma SEC, MINEDUC Y MINSAL.

N° DE SALA	POSICIÓN DE LAS CORTINAS E ILUMINACIÓN			NORMA		
	A LA MITAD	CERRADAS SIN LUZ	CERRADAS CON LUZ ARTIFICIAL	SEC	MIN. EDUC.	MIN. SAL
1	475	14	244	300	180	150
2	398	18	172	300	180	150
4	404	14	187	300	180	150
5	380	12	329	300	180	150
6	254	2	192	300	180	150
7	139	1	243	300	180	150
8	109	45	213	300	180	150

Los datos representados en la tabla y el gráfico, demuestra que las salas número 1, 2, 4, 5 representan mejores condiciones de iluminación, de acuerdo con el promedio de los cuatros puntos medidos, principalmente bajo la condición de luz natural, muestra mediciones, que sobrepasa los 350 (lx), adecuándose a la normativa chilena. Por otro lado, salas número 6,7, 8 no alcanza valores mayores a 300 (lx) lo que estaría a límite de lo que señala la “*Superintendencia de Electricidad y Combustibles*”.

Por otra parte, cuando se realizó la medición con cortinas cerrada, se registraron los valores más bajos de iluminancia, por lo que bajo esta circunstancia es imposible realizar cualquier actividad que requiera una función visual, incluso se registraron lecturas de valores que bordeaban los 0 (lx) en determinados puntos de la sala 7.

Figura 8: Promedio de las condiciones lumínicas según la posición de las cortinas e iluminación



Al utilizar la luz artificial los valores obtenidos no reflejaron mejoría, respecto a las demás condicionantes, solo en 1 de la 7 sala evaluadas se alcanzó un promedio mayor que fue de 329,1 (lx) perteneciente a la sala número 5.

Esto pone en evidencia que la luz artificial no genera grandes beneficios en cuanto a la luminosidad, por lo que sería ideal privilegiar la potencialidad que tiene la luz natural.

En cuanto al cumplimiento de las normativas se puede observar que solo las salas de primer piso cumplen con las 3 normas en condiciones de luz natural. En condiciones de luz artificial, de estas salas, solo tres cumplirían con la norma MINEDUC y MINSAL (salas 1, 4 y 5). Por otra parte, de las salas del segundo piso, solo la sala 6 cumple con las normas MINEDUC y MINSAL, en luz natural y artificial. En cambio, las sala 7 y 8, solo cumplirían con luz artificial.

Figura 9: Promedio de las condiciones lumínicas según la posición de las cortinas e iluminación en comparación con norma SEC

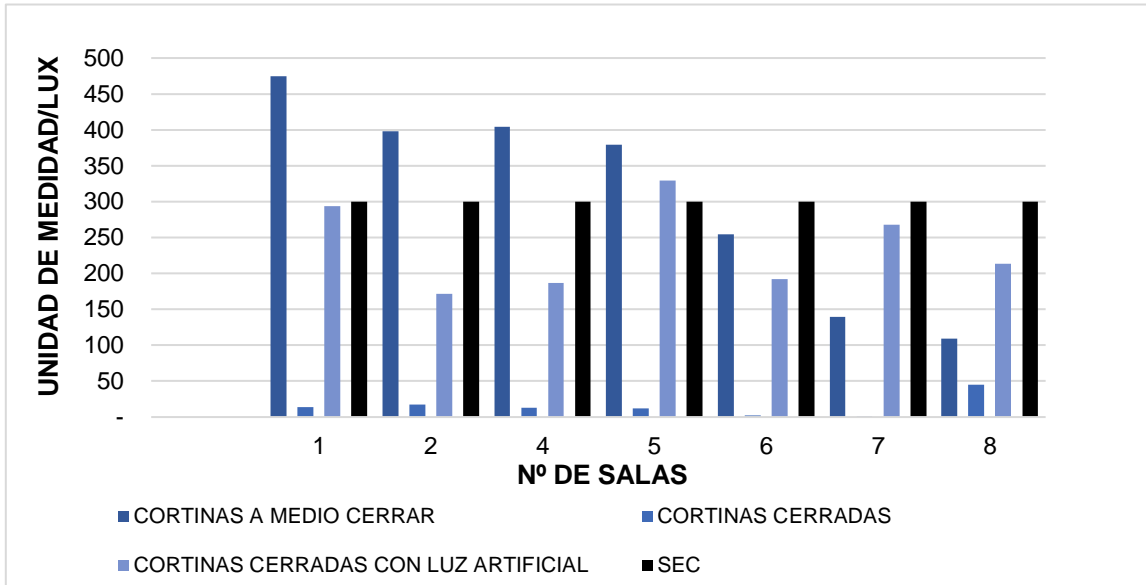


Figura 10: Promedio de las condiciones lumínicas según la posición de las cortinas e iluminación en comparación con norma MINEDUC

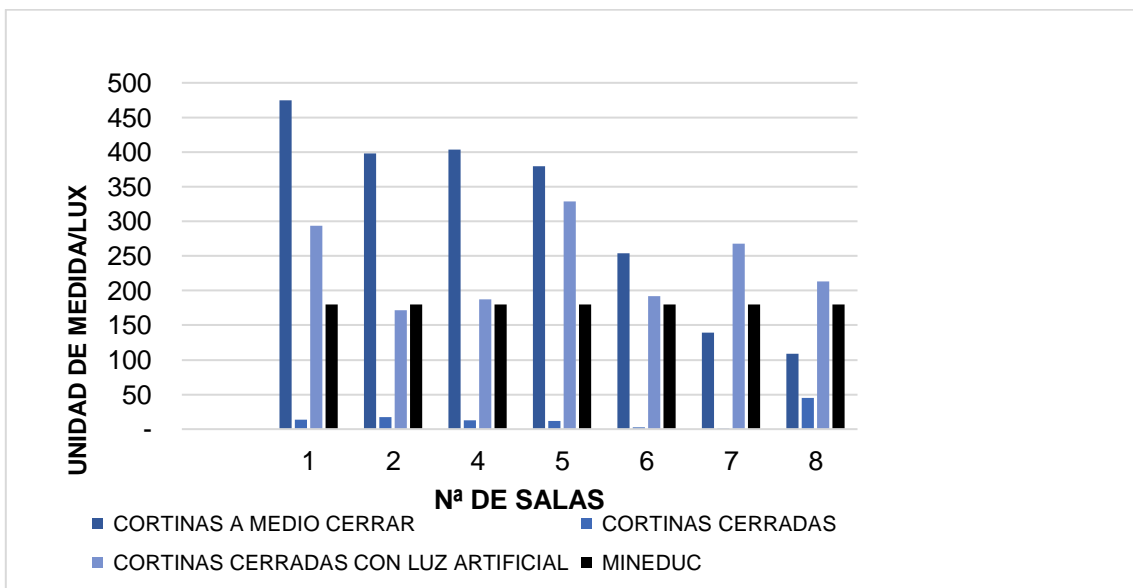
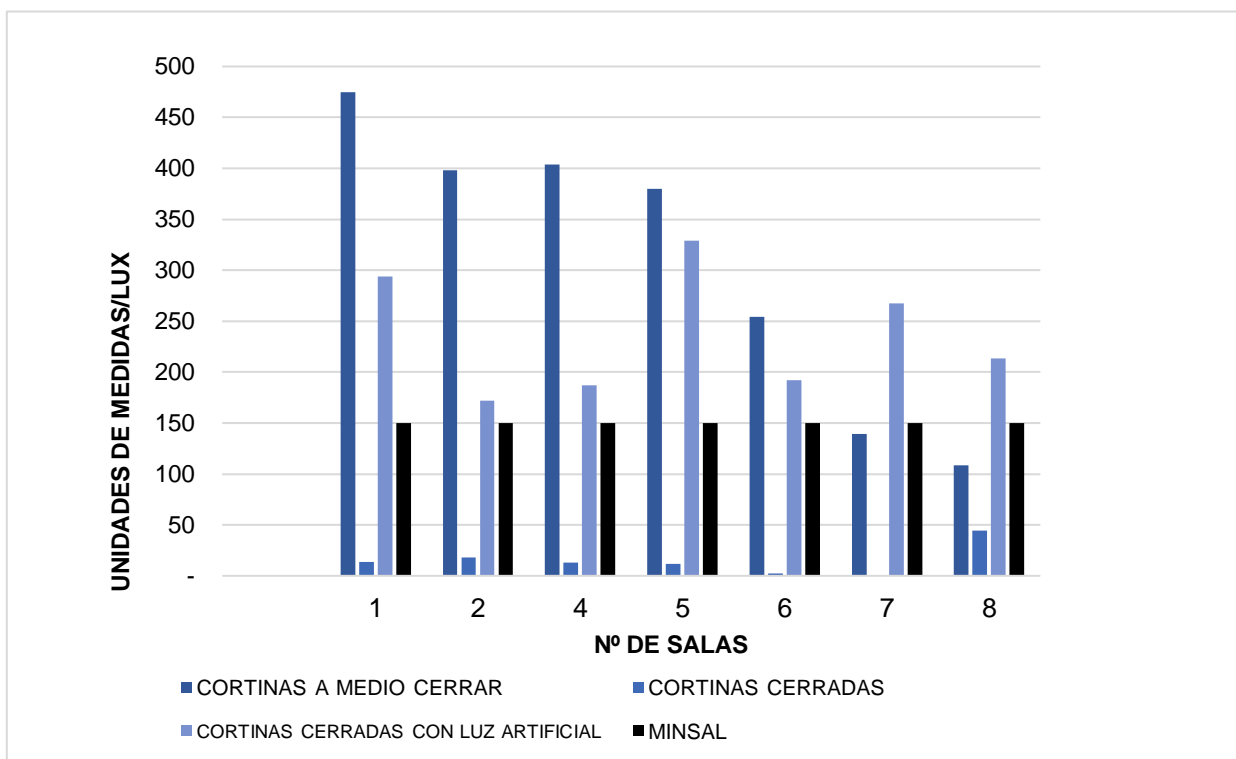


Figura 11: Promedio de las condiciones lumínicas según la posición de las cortinas e iluminación en comparación con norma MINSAL



5.6 Otras situaciones detectadas

En esta investigación se detectaron otras situaciones que podrían afectar también la luminosidad de las salas. La primera de ellas dice relación con la reflexión de la luz sobre la pizarra o el lugar donde se proyectan el apoyo visual de los docentes. Esto se puede evidenciar claramente en la foto inferior izquierda de la sala 4. La otra situación que se identificó es el deterioro de las cortinas de algunas salas y la inestabilidad de estas como para subirla y bajarla. De hecho, una de las cortinas de la sala 2 se desprendió de su soporte al intentar subirla.

Esto, junto con la presencia de tubos quemados o sin funcionamiento de los equipos de iluminación pueden afectar no solo la luminosidad de las salas, sino que también la seguridad de estas.

CAPITULO VI: DISCUSIÓN

Este trabajo, aunque haya sido planteado como exploratorio, obtuvo evidencias científicamente válidas del estado de situación de las salas del campus San Felipe en relación con su iluminación, lo cual podría representar un buen aporte como para mejorar la luminosidad de las aulas sobre la base de información objetiva. Además, como estudio pionero en el Campus San Felipe, podría marcar un precedente para futuras investigaciones, pues puede constituir crear estrategias de mejora en cuando al control lumínico de las aulas. Por lo tanto, puede contribuir a la calidad visual de estudiantes y docente en el desempeño de la labor pedagógica.

Por otra parte, aunque este estudio no requería una hipótesis, existía el supuesta y la percepción subjetiva de que las aulas podrían tener algún problema de luminosidad. Esto se cumple, aunque no para todas las salas. Así es como las salas del primer piso estarían cumpliendo con todas las normas con las cuales se trabajó en este estudio y las del segundo piso solo las cumplen parcialmente y, en algunos casos están totalmente fuera de norma.

Por otro lado, es importante tener presente que el MINSAL no tienen una clasificación que indique una normativa específica que tenga relación con establecimiento educacionales. No obstante, en la descripción general que menciona en su reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicos en lugares de trabajo, en unos de sus fragmentos se mencionan la características que se ajustan a las condiciones de aprendizaje que requiere el alumnado para ejercer las actividades académicas. Así es como en este segmento las condiciones mínimas de iluminancia que exige es de 150 lx. (Sigweb, s.f.)

Los resultados de esta investigación se ajustan parcialmente a lo observado en los estudios mencionados en los antecedentes, puesto que tanto el estudio argentino como el realizado en la Universidad Federico Santa María de Chile, obtuvieron resultados positivos en la mediciones, es decir adecuados para la actividad docente (Argentino, Corvalán, & Amarilla, 2015), lo que en este estudio esto se observó parcialmente dado que en todas las aulas se detectaron situaciones que podrían influir en la calidad de iluminación y por ende afectar el confort visual de los estudiantes (Fuentes, 2018). Además, en este último trabajo se consultó

la precepción de los estudiantes, lo cual podría haber entregado resultados interesantes en la presente tesis.

En cuanto a las limitaciones de este estudio se puede mencionar el hecho que no se pudieron hacer mediciones en diferentes horarios y en diferentes estaciones del año, por lo que los resultados están acotados a la época estival de primavera, quedando afuera otras condicionantes de luz, compuesta por las demás estaciones (otoño, invierno y verano).

Otro aspecto para considerar es que el instrumento utilizado para medir la luminosidad pertenece a la gama más básica de su línea, por lo que para futuros estudios sería deseable contar con un instrumento más profesional, los cuales permiten almacenar lecturas para posteriormente ingresarla de manera digital a un computador por medio de cable USB, entre otras funciones.

Finalmente, es importante destacar que los resultados de este estudio pueden dar paso a otras investigaciones como, por ejemplo: la generación de un protocolo de evaluación lumínica estandarizado, con el cual se podría repetir esta investigación y además se podrían medir otras dependencias que no fueron incluidas en este estudio como son: oficinas, laboratorios, auditorio, entre otros.

CAPITULO VII: CONCLUSIONES

A modo de conclusión se puede decir que:

- Las condiciones estructurales y de acondicionamiento de las aulas en estudio es adecuada en cuanto a la iluminación en un 57% de ellas, básicamente en lo que se refiere a iluminación natural, aunque con algunas otras falencias que podrían afectar la buena iluminación de estas.
- Las salas que cumplen con los requerimientos mínimos para garantizar el confort visual son las que están ubicadas en la planta baja y que además poseen iluminación por dos costados.
- Las salas del segundo piso cumplirían parcialmente con la normativa legal chilena y solo una de ellas estaría bajo la norma de las tres fuentes utilizadas en este estudio.

Referencias

- Alezzandrini, A. (2003). *Fundamentos de oftalmología*. (3.º, Ed.) Editorial Atenea.
- Área Oftalmológica Avanzada (AOA). (2020). Obtenido de Retina: <https://areaoftalmologica.com/retina/>
- Argentino, N., Corvalán, R., & Amarilla, A. (2015). Iluminación y confort en aulas y laboratorios de carreras técnicas de grado universitario. *Aplicación de criterios de optimización energética y seguridad, en la resolución de problemas de diseño en las construcciones Ingenieriles- tecnológicas inteligentes en la región*.
- Asociación Chilena de Seguridad (ACHS). (s.f.). *Ergonomía de oficinas. Manual de conceptos fundamentales y recomendaciones prácticas*. ACHS.
- Beltrán, J., & Merchán, C. (2013). Niveles de iluminación y su relación con los posibles efectos visuales en los empleados de una IPS de Bogotá. *Movimiento Científico*, 7(1), 31-37.
- Caminos, J. (2011). *Criterios de diseño en iluminación y color*. Universidad Tecnológica Nacional. Obtenido de Criterios de diseño en iluminación y color Buenos Aires Universidad Tecnológica Nacional.
- Carrasquero, E., & Seijo-Suarez, C. (2009). La ergonomía organizacional y la responsabilidad social inclusiva y preactiva: un compromiso dentro de los objetivos de la organización. *Clío América*, 3(6), 183-192.
- Chavarría, R. (s.f.). Obtenido de NTP 242: Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas: https://www.cnae.com/ficheros/files/prl/ntp_242.pdf
- CITEC UBB. (2012). *Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos*. Obtenido de Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos : https://issuu.com/citecubb/docs/manual_de_diseno_pasivo_y_eficiencia_energetica_en/132
- Colombo, E., & O'Donell, B. (2002). Luz, color y visión . En *Iluminación eficiente*. Buenos Aires: Proyecto Efficient Lighting Innovative (ELI).
- Conti, F. (2011). Fisiología de la visión. En *Fisiología médica*. México: McGraw Hill. Obtenido de Fisiología de la visión, capítulo 18 sección de libro .
- Cumbá, C., Aguilar, J., Pérez, D., Acosta, L., Mezquía, A., & López, J. (2013). Recomendaciones ergonómicas para las aulas y laboratorios de computación de las instituciones educacionales. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 51(3), 338-347.
- DMU Energy. (2017). Obtenido de Luxómetro hasta 10.000 Lux (Medidor iluminancia real) UT383 UNI-T: <http://dmu.cl/luxometro-ut383-unit>

- Duarte D., J. (2003). AMBIENTES DE APRENDIZAJE: UNA APROXIMACION CONCEPTUAL. *Estudios pedagógicos*, 29, 97-113. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052003000100007>
- EcuRed. (2020). Obtenido de Luxómetro: <https://www.ecured.cu/Lux%C3%B3metro>
- Espech, C. (2010). *Fundación Oftalmológica Los Andes*. Recuperado el 26 de 12 de 2020, de Morfología general del sistema visual: <https://oftalandes.cl/educacion-medica/material-academico/>
- Falagán, M., Canga, A., Ferrer, P., & Fernández, J. (2000). *Manual básico de prevención de riesgos laborales: higiene industrial, seguridad y ergonomía*. Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo y Fundación Médicos Asturias. Obtenido de Man.
- Folguera, E., & Muros, A. (2013). *La iluminación artificial es arquitectura*. Barcelona: Iniciativa Digital Politécnica.
- Fuentes, K. (2018). *EVALUACIÓN DE LA ILUMINACIÓN EN EL TALLER DE MECÁNICA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA*. Valparaíso: Universidad Federico Santa María.
- Imagen Digital. (2001). Obtenido de Qué es una aberración cromática: http://www.gusgsm.com/que_es_una_aberracion_cromatica#:~:text=El%20ojo%20humano%20no%20es,corta%20que%20para%20las%20largas.
- Instituto de Cerámica y Vidrio. (s.f.). Obtenido de Iluminación: <https://www.icv.csic.es/prevencion/Documentos/breves/FREMAP/iluminacion.pdf>
- Instituto de Salud Pública. (2015). *Protocolo para la evaluación de la luminancia e iluminancia en los lugares de trabajo*. Santiago de Chile: Instituto de Salud Pública.
- Instituto de Salud Pública de Chile. (2020). Obtenido de Ergonomía: <http://www.ispch.cl/ergonomia>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) . (2015). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo* . INSHT, Madrid.
- Junta de Auxilio Escolar y Becas [JUNAEB]. (2017). *Normas de control de patologías de otorrinolaringología 2017*. Obtenido de Normas de Control de Patologías de Otorrinolaringología : <https://www.junaeb.cl/wp-content/uploads/2018/09/Normas-de-Control-de-Patolog%C3%ADas-Otorrinol%C3%B3gicas-ilovepdf-compressed-1.pdf>
- Léxico. (2020). Obtenido de Edificación: <https://www.lexico.com/es/definicion/edificacion>
- M. García (Coord.). (2004). *Manual de procedimientos. Protocolos de intervención de riesgos laborales*. Generalitat Valenciana.

- Mancera, M., Mancera, M., Mancera, M., & Ruíz, J. M. (2012). *Seguridad e higiene industrial. Gestión de riesgos*. Alfaomega. Obtenido de „Seguridad e Higiene Industrial, Gestión de Riesgos. México. Alfaomega .
- Marcet, A. (s.f.). Obtenido de Óptica Fisiológica. Tema III: La calidad de la imagen: agudeza visual : <https://www.uv.es/afelipe/Temasof/tema3.pdf>
- Ministerio de Educación. (2014). *Nuevos espacios educativos 2010-2013*. Ministerio de Educación.
- Ministerio de Educación Pública. (1989). *Decreto 548. [Aprueba normas para la planta física de los locales educacionales que establecen las exigencias mínimas que deben cumplir los establecimientos reconocidos como cooperadores de la función educacional del Estado, según el nivel...]*. Santiago de Chile. Obtenido de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=14166&idParte=>
- Mondelo, P., Torada, E., González, Ó., & Gómez, M. (2001). *Ergonomía 4. El trabajo en oficinas*. Barcelona: Mutua Universal.
- Monteoliva, J., Korzeniowski, C., Ison, M., Santillán, J., & Pattini, A. (2016). Estudio del desempeño atencional en niños en aulas con diferentes acondicionamientos lumínicos. *Rev. CES Psicol.*, 9(2), 68-79.
- Moreno, B., Pañacoba, C., & González, V. (s.f.). Obtenido de Programa técnico en intervención de riesgos laborales. Módulos 10 y 11: <https://docplayer.es/amp/5577334-Modulo-10-ergonomia-y-psicosociologia-i.html>
- Moreno, C., & Jenó, F. (2016). El aporte de la ergonomía cognitiva perceptual en la comunicación de los productos. *Publicitas*, 4(1).
- Peña, L. (2008). *Manual Interpretacion Campo visual computarizado*. Santiago de Chile.
- Portal Ciudadano. (s.f.). Obtenido de Iluminación, contraste, tamaño y color en el medio ambiente: <https://ciudadano.gobex.es/documents/9274982/9276064/CapituloII.pdf/6ac8fa64-24d2-4e05-a1da-acfd61a2f6e5>
- Recursos CITCEA. (s.f.). Obtenido de Magnitudes y unidades de medida: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/magnitud.html>
- Rubio, Á. (s.f.). *Manual de normas técnicas para el diseño ergonómico de puestos con pantallas de visualización* (2.º ed.). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Secue, J., Páez, O., & J. Fonseca, E. M. (2018). *Análisis de tecnologías y normatividad de iluminación eficiente en alumbrado público*. Organización Latinoamericana de Energía [OLADE].

- Sigweb. (s.f.). Obtenido de Decreto Supremo N.º 594. Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo: <http://www.sigweb.cl/wp-content/uploads/biblioteca/IluminacionDS594.pdf>
- SoChErgo. (2000). Obtenido de ¿Qué es Ergonomía?: <https://www.sochergo.cl/que-es-ergonomia/>
- Solans, T., Solans, J., Torrent, T., Toorent, A., & González, E. (2003). Refracción manual. En T. Solans, *Refracción ocular y baja visión*. Sociedad Española de Oftalmología.
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles. (s.f.). Obtenido de Instalaciones de alumbrado: https://www.sec.cl/sitioweb/electricidad_norma4/alumbrado.pdf
- Superintendencia de Pensiones. (2010). *Guía técnica para la evaluación del trabajo pesado*. Ministerio del Trabajo y Previsión Social.
- Universidad Valparaíso de Chile. (2020). Obtenido de Campus San Felipe: <https://sanfelipe.uv.cl/>
- Universidad Veracruzana. (2013). Obtenido de Nociones básicas de la luz: <https://www.uv.mx/personal/lenunez/files/2013/06/luz.pdf>
- Visión y Vida. (2019). *Libro blanco de la salud visual en España 2013*. Grupo ICM Comunicación.